

Napredna robotika i automatizacija: posljedice za sigurnost i zdravlje na radu

Sažetak

Autori: Patricia Helen Rosen, Savezni institut za sigurnost i zdravlje na radu (BAuA); Eva Heinold, Savezni institut za sigurnost i zdravlje na radu (BAuA); Elena Fries-Tersch, Milieu Consulting SRL; Sascha Wischniewski, Savezni institut za sigurnost i zdravlje na radu (BAuA)

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

Ovo je sažetak izvješća koji je naručila Europska agencija za sigurnost i zdravlje na radu (EU-OSHA). Njegov sadržaj, uključujući sva iznesena mišljenja i/ili zaključke, pripada samo autorima i ne odražava nužno stavove Europske agencije za sigurnost i zdravlje na radu.

Ni Europska agencija ni osobe koje djeluju u njezino ime nisu odgovorne za način upotrebe navedenih informacija.

© Europska agencija za sigurnost i zdravlje na radu, 2023

Umnožavanje je dopušteno pod uvjetom da se navede izvor.

Za svaku uporabu ili reprodukciju fotografija ili drugog materijala koji nije zaštićen autorskim pravom EU-OSHA-e potrebno je zatražiti dopuštenje izravno od nositelja autorskih prava.

Sadržaj

Sadržaj	2
1 Uvod i ciljevi	3
2 Metodologija	3
3 Napredna robotika i vrste zadataka	3
3.1 Potpuna automatizacija (zamjena) zadataka temeljena na naprednoj robotici.....	3
3.1.1 Povezana s osobama	3
3.1.2 Povezana s predmetima	4
3.2 Napredna poluautomatizacija (pomoć) zadataka temeljena na robotici	4
3.2.1 Povezana s osobama	4
3.2.2 Povezana s predmetima	4
3.2.3 Povezana s informacijama	4
3.3 Utjecaj na radna mjesta.....	5
3.4 Utjecaj na sektore	5
4 Posljedice za sigurnost i zdravlje na radu	5
4.1 Psihosocijalni učinci.....	5
4.1.1 Oblikovanje zadatka	6
4.1.2 Oblikovanje interakcije.....	6
4.1.3 Rad i nadzor	7
4.2 Fizički učinci.....	8
4.3 Organizacijski učinci	8
4.4 Norme	9
4.5 Procjena rizika	9
5 Sažetak i zaključak	10
Bibliografija	12

1 Uvod i ciljevi

Ovaj je rad dio istraživanja EU-OSHA-e: „Overview of Policies, Research and Practices in Relation to Advanced Robotics and AI-based Systems for Automation of Tasks and OSH” (Pregled politika, istraživanja i praksi u vezi s naprednom robotikom i sustavima temeljenih na umjetnoj inteligenciji za automatizaciju zadataka te sigurnost i zdravlje na radu). Cilj je ovog izvješća, slijedeći taksonomiju razvijenu u izvješću EU-OSHA-e „Napredna robotika, umjetna inteligencija i automatizacija zadataka: definicije, upotrebe, politike i strategije te sigurnost i zdravlje na radu” (EU-OSHA, 2022.), predstaviti izazove i mogućnosti povezane sa sigurnošću i zdravljem na radu u pogledu automatizacije fizičkih zadataka s pomoću robotskih sustava. Za pružanje podrške ili zamjenu fizičkih zadataka uglavnom se koriste moderne robotske tehnologije kao što su mobilni roboti, roboti za montažu i egzoskeletni roboti, a opseg fizičkih zadataka i funkcija koje mogu poduprijeti stalno se širi. U ovom izvješću dodatno se opisuje niz gospodarskih sektora i radnih mjesta u kojima su fizički zadaci potpuno automatizirani ili poluautomatizirani. Naposljetku, opisan je utjecaj njihove automatizacije s pomoću robotskih sustava na fizičke, psihosocijalne i organizacijske aspekte sigurnosti i zdravlja na radu povezane s radom, a s tim u vezi i izazovi te dosadašnje i buduće prilike kad je riječ o sigurnosti i zdravlju na radu.

2 Metodologija

Primijenjena metodologija i glavni izvori podataka korišteni za ovo izvješće uključuju sustavne preglede i metaanalize, kao i pregled sive literature i pretraživanje literature u kojoj se upućuje na određeni izvor s ciljem utvrđivanja dodatnog znanstvenog rada. Glavna područja obuhvaćena pregledima bila su umjetna inteligencija, interakcija čovjeka i robota te automatizacija zadataka i specifični niz „populacija-izloženost-ishod”. Pregledano je ukupno 4070 rezultata, od kojih je 111 sadržavalo relevantne informacije za ovaj projekt. S ciljem nadopune rezultata provedeno je dodatno istraživanje literature o različitim sektorima. Uz to, provedeni su polustrukturirani intervjui s odabranom skupinom stručnjaka iz područja napredne robotike kako bi se dobio dodatni kvalitativni uvid u automatizaciju fizičkih zadataka. Provedeno je ukupno devet intervjua.

3 Napredna robotika i vrste zadataka

Rezultati istraživanja zatim su kategorizirani u zadatke povezane s osobama, informacijama i predmetima te ovisno o tome je li predmetni zadatak potpuno automatiziran ili poluautomatiziran. Na dodatnoj razini, automatizirani zadaci podijeljeni su na rutinske i nerutinske zadatke, ako ih se moglo označiti kao takve. Rezultati pokazuju da u pregledanoj literaturi nisu zastupljene sve moguće kombinacije tih kategorija. Dostupni sustavi trenutačno uglavnom podržavaju rutinske zadatke. Međutim, kako se tehnološke sposobnosti u budućnosti budu razvijale, automatizacija više nerutinskih zadataka postat će vjerojatnija.

3.1 Potpuna automatizacija (zamjena) zadataka temeljena na naprednoj robotici

3.1.1 Povezana s osobama

U okviru zadataka povezanih s osobama postoji nekakav oblik interakcije između osobe i tehnologije. Ta interakcija nije ograničena samo na korisnika i tehnologiju, već se može proširiti i dalje od tih sudionika. Robotski sustavi koji pomažu medicinskim sestrama pri podizanju pacijenata najbolji su primjer automatizacije zadatka povezanog s osobama.

Rutinski zadatak

Da bi ga se svrstalo u rutinski zadatak, automatizirani proces u svojim koracima, koji se ne mijenjaju između provedbe, mora imati ponavljajući element. Definicija rutine iz tehnološke perspektive puno je uža od one iz ljudske perspektive. Primjeri fizičkih rutinskih zadataka povezanih s osobama prvenstveno se mogu pronaći u sektoru **zdravstva**. Robotski **asistenti za njegu** pomažu medicinskim sestrama obavljajući nekritične zadatke umjesto njih, čime utječu i na mentalno i na fizičko radno opterećenje. Jedan od njih je umetanje igle, bilo za **vađenje krvi** ili ubrizgavanje lijeka. Specijalizirani roboti za njegu sposobni su **podići pacijente** s kreveta i spustiti ih u invalidska kolica ili im pomoći da ustanu, bez pomoći medicinske sestre (Kyrarini et al., 2021). **I šetanje s pacijentima i donošenje predmeta** mogu se potpuno automatizirati. Pomoć pri **ispisanju pića i jelu** još je jedan zadatak u zdravstvenoj skrbi koji

obično oduzima puno vremena i radno je intenzivan (Kyrarini et al., 2021). Specijalizirani **kirurški roboti** pomažu i omogućuju potporu zdravstvenim radnicima u različitim zadacima. Umetanje šavova tijekom kirurškog zahvata rutinski obavljaju kirurzi i to je ključan čimbenik ukupnog uspjeha intervencije (Manolesou et al., 2021).

3.1.2 Povezana s predmetima

Zadaci povezani s fizičkim objektima vjerojatno su najpoznatiji oblik primjene robotskih sustava. Industrijski roboti koji obavljaju zadatke hvatanja i namještanja bili su jedan od prvih potpuno automatiziranih sustava uvedenih na radna mjesta.

Rutinski zadatak

Zadaci kao što su **zavarivanje, montaža, raspršivanje boje, pakiranje i slaganje, rezanje, premještanje i brušenje** kao industrijski zadaci mogu se u potpunosti automatizirati s pomoću robotskih sustava (Iqbal et al., 2016). To je u skladu sa zadacima koje su naveli stručnjaci s kojima je obavljen razgovor, a koji su dodatno naveli **podizanje teških tereta**, precizne fizičke aktivnosti kao što su zadaci **hvatanja i namještanja** te proizvodnju male količine raznolikih komponenata proizvoda / preciznih radova. **Zadaci u području logistike i transporta** uobičajeno se koriste u skladištima, bolnicama i supermarketima. Robotika se u širokom rasponu upotrebljava u **rudarstvu**, uključujući upravljanje teškim strojevima i zadatke **podizanja, pomicanja, iskapanja i prijevoza tereta** s pomoću robota, kao i **bušenje** s pomoću robota i moguće **rukovanje eksplozivima** (Plotnikov i sur., 2020).

3.2 Napredna poluautomatizacija (pomoć) zadataka temeljena na robotici

Dok su neki robotski sustavi već dovoljno tehnološki sofisticirani za potpuno autonomno obavljanje zadataka, postoji niz zadataka kojima može doprinijeti djelomična automatizacija, i u kojima je čovjek još uvijek aktivno uključen u proces, ali ne u ulozi nadzornika.

3.2.1 Povezana s osobama

Rutinski zadatak

Medicinsko radno okruženje sadržava niz malih fizičkih zadataka povezanih s pacijentima koji se obavljaju rutinski. Ostali zadaci vezani uz njegu u kojima su se koristili roboti su **odijevanje i zadaci održavanja osobne higijene** (Kyrarini i sur., 2021). Dok se sâm proces može razlikovati od pacijenta do pacijenta, ručno postupanje s pacijentom u obliku pomicanja i **podizanja** je i radno intenzivan zadatak i zadatak koji se često ponavlja. Pri korištenju robotskog sustava medicinsko osoblje može jednostavno pomoći pacijentu u slučaju opasnosti od pada ili ozljede (Hu et al., 2011). Iako se ovi zadaci mogu potpuno automatizirati, u tom području trenutačno prevladavaju poluautomatizirani sustavi.

3.2.2 Povezana s predmetima

Rutinski zadatak

Posebno se u proizvodnom okruženju neki zadaci uvođenjem robotskih sustava namjerno premještaju iz stanja bez automatizacije u poluautomatizirano stanje. Napredna robotika u industrijskim i proizvodnim okruženjima obavlja niz zadataka, od **hvatanja, pakiranja i paletiranja, zavarivanja, sastavljanja predmeta i rukovanja materijalima do inspekcije proizvoda** (Matheson et al., 2019). Trenutačno se te vrste zadataka obavljaju uz različit stupanj uključenosti ljudi ili nadzora, u rasponu od suradničke uključenosti do nadzora. Neki od tih poslova usko su povezani s područjem građevinskih radova. Primjeri takvih zadataka su automatizirano **zidanje** s pomoću robota, **pomicanje teških predmeta** s pomoću robotske ruke i hvataljke kojom upravlja građevinski radnik te pumpe za beton opremljene specijaliziranim sensorima koji omogućuju mjerenje kritičnih radnih varijabli kao što su orijentacija, kutovi, dubina i udaljenosti.

3.2.3 Povezana s informacijama

Rutinski zadatak

Kako je navedeno u slučaju potpuno automatiziranih zadataka, u pregledanoj literaturi nema istraženih slučajeva fizičkih zadataka povezanih s informacijama koje obavljaju napredni robotski sustavi.

Međutim, istraživanjem stvarnog uvođenja robotskih sustava utvrđeni su robotski sustavi koji koriste senzore za prikupljanje informacija iz okoline, a istovremeno imaju i mogućnosti obrade koje bi im mogle omogućiti da predlažu i poduzimaju radnje ili samo aktiviraju alarm. Iako postoje slučajevi korištenja za ovu vrstu upotrebe naprednih robotskih sustava povezanih s informacijama, nema dovoljno istraživanja o njihovom utjecaju na sigurnost i zdravlje na radu, i na kognitivnoj i na fizičkoj razini.

3.3 Utjecaj na radna mjesta

U razdoblju od desetljeća došlo je do rasta radnih mjesta u pogledu visokoobrazovanih skupina zanimanja s više analitičkog fokusa koje posjeduju vještine brzog učenja i prilagodbe novim tehnološkim dostignućima. Prekvalifikacija radnika smatra se i posljedicom i nužnim korakom za nastavak rasta u tom sektoru (de Vries et al., 2020). To je povezano i s pričom koja se ponavlja da će trenutačne promjene uzrokovane robotskim sustavima dovesti do ponovnog promišljanja obrazovnih ciljeva zaposlenika, poticanja ideje kontinuiranog učenja i razvoja pravih, prilagodljivih i novih vještina (Kim i Park, 2020).

Ljudi koji rade na radnim mjestima povezanim sa zdravstvom osjetit će utjecaj automatizacije fizičkih zadataka. Utvrđeno je da radna mjesta u bolnicama za koje nije potrebna najmanje diploma prvostupnika nestaju, što ukazuje na pomak prema radu koji se više temelji na znanju i kognitivnim vještinama (Terminino i Rimbau Gilabert, 2018). Očekuje se da će glavni učinak automatizacije fizičkih zadataka s pomoću robotskih sustava na medicinske sestre biti smanjenje ukupnog fizičkog napora (Denault et al., 2019). Istraživanje koje su proveli Sen i suradnici (2020) u vezi s mišićno-koštanim poremećajima povezanim s radom u sektoru **rudarstva** pokazalo je da bi radna mjesta u tom području posebno imala koristi od automatizacije jer bi se smanjili mišićno-koštani poremećaji i ukupni rizik na mjestu rada. I **skladišta** mogu biti opasna okruženja. Uobičajene sigurnosne opasnosti za zaposlenike su poskliznuće, spoticanje i pad s visine. Korištenjem robota radi smanjenja potrebe da zaposlenici rade na visini ili rukuju visokorizičnom opremom kao što su viličari, operateri bi mogli postići značajnu sigurnosnu prednost. Kad je riječ o **građevinskim** radnicima, jedna od glavnih prednosti korištenja robotike jest u potencijalu koji roboti imaju pomoći tijekom ponavljajućih ili opasnih građevinskih zadataka. Međutim, ta promjena znači i da će sve skupine radnika morati steći nove vještine u području rukovanja i nadziranja strojeva.

3.4 Utjecaj na sektore

Analizom automatiziranih fizičkih zadataka među sektorima otkriven je velik broj automatiziranih ili podržanih zadataka u sektoru **djelatnosti zdravstvene zaštite i socijalne skrbi**. Ovdje se većina zadataka odnosi na bolničke djelatnosti. Mnoštvo mogućih primjena robotskih sustava ukazuje na to da će u skoroj budućnosti ugradnja robota u to radno okruženje sve više napredovati. Na sektorskoj razini, zdravstvo i socijalna skrb vjerojatno će biti sve važniji, i postat će glavno polje u kojem se primjenjuju robotski sustavi.

Drugo, **proizvodni** sektor snažno je pogođen. Stručnjaci su se složili oko činjenice da je proizvodni sektor trenutačno predvodnik kad je riječ o uvođenju napredne robotike. Postoje brojni primjeri gotovo potpuno automatiziranih tvorničkih okruženja u područjima kao što je automobilska industrija.

I opći sektor **transporta i skladištenja** često se obrađuje u znanstvenoj literaturi, a spominju ga i stručnjaci. Posebno tržište logistike prolazi kroz brze promjene zbog porasta e-trgovine, masovne prilagodbe i filozofije „točno na vrijeme”. U modernim **rudarskim** procesima proces zamjene rada automatizacijom i robotikom u porastu je. **Građevinski sektor** i **sektori poljoprivrede, šumarstva i ribarstva** rjeđe su zapaženi u znanstvenoj literaturi, ali stručnjaci ih ističu.

4 Posljedice za sigurnost i zdravlje na radu

4.1 Psihosocijalni učinci

Raspravlja se i o mnogim psihološkim aspektima neovisno o određenoj vrsti zadatka i u određenoj ih se mjeri može primijeniti i na fizičke zadatke. Pregled opsega interakcije čovjeka i stroja i zdravlja na radu predstavlja relevantne kategorije interakcija čovjeka i stroja za analizu posljedica povezanih s automatizacijom zadataka. Relevantne kategorije su „*dodjela funkcija, dizajn sučelja i interakcije te rad i nadzor strojeva i sustava*” (Robelski i Wischniewski, 2018). Aspekt dodjele funkcija u okviru automatizacije zadataka zahtijeva da sâm radni zadatak određuje raspodjelu funkcija između ljudi i strojeva, u ovom slučaju naprednih robotskih sustava (Robelski i Wischniewski, 2018.). Uobičajena

pojava povezana s automatizacijom zadataka jest pretjerano zadovoljstvo automatizacijom. Studije pokazuju da stručnost i obuka ne ublažavaju pojavu pretjeranog zadovoljstva. Kako su saželi Parasuraman i Manzey (2010.), u znanstvenoj literaturi postoji konsenzus da postoje tri glavna čimbenika koja doprinose pojavi pristranosti automatizacije. Prvi se odnosi na sklonost ljudi ići putem koji zahtjeva najmanji kognitivni napor koja je zamijećena u procesu donošenja odluka. Drugi čimbenik opisuje tendenciju korisnika precijeniti izvedbu i autoritet sustava automatizacije. Treći čimbenik koji doprinosi pristranosti automatizacije jest pojava koju se može primijetiti i u podijeljenim ljudskim zadacima. To je raspršenje odgovornosti koje vodi do „društvenog zabušavanja”, sklonosti ljudi smanjiti vlastiti trud kada rade s drugima (Parasuraman i Manzey, 2010.).

Povjerenje

Znatan broj studija istraživao je preduvjete za povjerenje u robotske sustave. Postoji konsenzus da preduvjeti koji značajno utječu na ljudsko povjerenje prema robotskim sustavima mogu biti povezani s ljudima, robotima ili kontekstom te ih stoga treba pažljivo razmotriti pri korištenju robotskih sustava za automatizaciju zadataka (Hancock et al., 2011, Hancock et al., 2020.). U okviru preduvjeta povezanih s robotima, značajke i izvedba robota najsnažnije utječu na povjerenje. Važno je uzeti u obzir aspekte koji jačaju povjerenje, ali i imati na umu da neki aspekti mogu imati štetne učinke na dovršetak zadatka ili druge probleme (Hancock et al., 2020.). Neprimjeren antropomorfizam može dovesti do opasnih situacija kao što su neočekivana ponašanja, neprepoznavanje kvara automatizacije ili prespore reakcije na kvar automatizacije (Papadimitriou et al., 2020.).

4.1.1 Oblikovanje zadatka

Kontrola posla

Koncept kontrole posla, koji uključuje dimenzije slobode odlučivanja, vrijeme i samu kontrolu metode, ima dugu povijest u psihologiji rada. Pozitivni učinci koje kontrola posla može imati na dobrobit, motivaciju, zadovoljstvo i mentalno zdravlje radnika, posebno kad je riječ o pomaganju u prevladavanju radnih zahtjeva visoke razine, vrlo su dobro opisani u znanstvenoj literaturi (Bakker i Demerouti, 2007; Karasek, 1979., 1998.). U vezi s karakteristikama zadataka koje se mijenjaju i promijenjenim razinama kontrole posla pri korištenju napredne robotike za (polu)automatizaciju zadataka, stručnjaci s kojima je obavljen razgovor spomenuli su i rizik nedostatka samoučinkovitosti koji proizlazi iz novih ili modificiranih zadataka. Međutim, ako granice zadataka i sustava nisu jasne, pojedinac se može suočiti s rizikom dopuštanja da kontrola posla ili sloboda odlučivanja postanu prevelike, što opet može rezultirati smanjenom dobrobiti ili stresom.

Osjećaj kontrole

Ljudski radnici mogu različito percipirati karakteristike zadatka definirane razinom kontrole posla. Stoga je s konceptom kontrole posla usko povezan subjektivni osjećaj kontrole, koji je dobro utemeljen koncept i u psihologiji (Spector, 1998). Sve veća autonomija robotskih sustava mogla bi potaknuti radnike da im dodijele zadatke koje je sustav sposoban izvršiti, a da ne izgube osjećaj kontrole nad situacijom. Stručnjaci s kojima je obavljen razgovor izričito su naveli rizik od gubitka kontrole, bilo da je riječ o subjektivnom osjećaju ili objektivnoj okolnosti. Stručnjaci su nadalje naglasili da se načelo „čovjeka koji ima kontrolu” treba smatrati vodećom smjernicom tijekom oblikovanja.

Intenzitet rada i gubitak kvalifikacija

U vezi s oblikovanjem radnih zadataka, psihosocijalni radni uvjet o kojem se vrlo često raspravlja i kojega se često razmatra jest aspekt intenziteta rada, na primjer kako je opisan u vezi s kontrolom posla u modelu zahtjeva i kontrole (Karasek, 1979., 1998.) ili širem modelu radnih zahtjeva i resursa (Demerouti et al., 2001.). Smanjenje raznolikosti vještina razmatra se i u potencijalnoj polarizaciji radnih mjesta, hipotezi o kojoj se raspravlja u vezi s automatizacijom zadataka i digitalizacijom radnih sustava. Pojednostavljeno, za radna mjesta s niskom razinom vještina navodi se da će se zbog automatizacije složenih rutinskih zadataka radno mjesto usredotočiti na još jednostavnije zadatke, umjesto da omogućiti ljudima da obavljaju zadatke koji zahtijevaju višu razinu vještina.

4.1.2 Oblikovanje interakcije

U okviru znanstvene literature postoji niz aspekata oblikovanja interakcije robota o kojima se raspravlja u vezi s različitim aspektima sigurnosti i zdravlja na radu. Aspekt dizajniranja robota i oblikovanja

interakcije mogu se povezati s različitim značajkama. Mogu, na primjer, biti povezani s vanjskim izgledom i utjelovljenjem robotskog sustava, robotskim ponašanjem i kretanjem ili interakcijom, kao i komunikacijskim stilovima i kanalima. U okviru područja ponašanja robotskog kretanja, razmatraju se aspekti kao što su brzina, ubrzanje i usporavanje, putanje i strategije približavanja ili mimoilaženja. Komunikacija između ljudi i napredne robotike može se oblikovati u različitim stupnjevima. Različiti aspekti oblikovanja interakcije u različitim su opsezima povezani s rizicima i mogućnostima sigurnosti i zdravlja na radu. Opći je cilj nadalje povećati osjećaj dobrobiti, prihvaćanja, povjerenja, pozitivnih emocija i pozitivnog korisničkog iskustva ili tijeka rada (na primjer, vidi Honig et al., 2018.). Isto tako, gdje je to moguće, disfunkcionalne razine radnog opterećenja, iritacije, naprezanja ili smetnji ne smiju biti izazvane interakcijom, nego se čak trebaju i smanjiti. Međutim, aspekti dizajniranja robota nisu zasebna razmatranja i moraju uvijek u obzir uzeti kontekst na koji se odnose i radni zadatak.

Antropomorfni dizajn robota

O aspektu utjelovljenja, točnije o antropomorfnom dizajnu robota, uvelike se raspravlja u znanstvenoj literaturi. Antropomorfni dizajn robota može imati pozitivne učinke na povjerenje prema robotima. Značajke dizajna kao što su oči ili izraz lica mogu potaknuti prirodnu interakciju, prihvaćanje i dopadljivost, osobito u društvenoj robotici (Fink, 2012.). Međutim, postoje i negativne posljedice antropomorfnog dizajna. Te će značajke oblikovanja potaknuti ljudska očekivanja u pogledu robotskih sposobnosti i ponašanja (Złotowski et al., 2015.). Ako sustav ima značajke poput očiju, očekujemo da robot može obrađivati vizualne znakove. Antropomorfni dizajn može se odnositi i na robotske pokrete ili komunikacijske strategije. Neusklađenost može izazvati iritaciju ili čak značajnu percipiranu nižu pouzdanost u industrijskim okruženjima (Roesler et al., 2020.). Međutim, općenito govoreći, ako antropomorfna značajka dizajna ne služi funkcionalnoj svrsi, ne bi trebala biti uključena.

Načela dijaloga u interakciji čovjeka i robota

Jedan standard koji treba konzultirati kada se razmatra oblikovanje interakcije su načela interakcije (bivša načela dijaloga) formulirana u normi EN ISO 9241-110. Načela interakcije i opće preporuke za oblikovanje mogu usmjeravati razvoj i procjenu korisničkih sučelja, što dovodi do poboljšane upotrebljivosti. Utvrđeno je da su važni i korisni za oblikovanje interakcije sustava u kontekstu „industrije 4.0” (Fischer et al., 2017.) i pokazali su se kao odgovarajući alat za korisničku evaluaciju robotskih sustava (Rosen et al., 2018.). Konkretno, novi stupanj autonomije koji sustavi temeljeni na umjetnoj inteligenciji i napredna robotika donose na radno mjesto uvodi novu kvalitetu u interakciju, koja bi se mogla procijeniti i poboljšati primjenom načela dijaloga rano u razvojnom procesu.

Transparentnost u interakciji čovjeka i robota

Osobito s obzirom na to da su mogućnosti i autonomija robotskih sustava sve veće, programeri i zakonodavci moraju razmotriti aspekt odgovornosti u interakciji. Ljudi smatraju robote odgovornima za svoje pogreške (Kahn et al., 2012.), barem više nego druge objekte. Kada u procesu rada nastupe greške, korisnici veću krivnju prebacuju na robota, a manje na druge. Međutim, ne treba jednostavno pretpostaviti da je više informacija koje isporučuje sustav nužno bolje za korisnika. Previše informacija možda neće povećati transparentnost sustava, ali može dovesti do preopterećenja informacijama i rezultirati nemogućnošću odabira i obrade ključnih informacija (Finomore et al., 2011.). Stoga je stvaranje dovoljne transparentnosti važan, ali kompliciran pothvat.

4.1.3 Rad i nadzor

Dimenzija rada i nadzora sustava može se smatrati izravnom posljedicom koja proizlazi iz procesa dodjele funkcija i oblikovanja specifičnih interakcija (Robelski i Wischniewski, 2018.).

Odnos prema robotima i iskustvo s robotima

Zbog toga što su robotski sustav koji su u bliskoj interakciji s ljudima na radnom mjestu relativna novina, dolazi do neizbježno neiskusne i nenaviknute radne snage kada je riječ o interakciji s robotima. Taj manjak poznavanja može utjecati na njihov stav prema robotima i označiti njihovo početno iskustvo. Znamo da korištenje i iskustvo mogu promijeniti percepciju i stav radnika prema robotskim sustavima. Kako se povećava razina poznavanja, novina tih sustava smanjuje se, a unaprijed oblikovane zamisli o njihovim sposobnostima i ponašanju razvijaju se u smjeru realističnije slike (Sanders, 2019.). I povjerenje i prihvaćanje vjerojatno će se povećati kako se stavovi oblikuju zbog izloženosti sustavu

(Hancock et al., 2011.). Nomura et al. (2011.) otkrili su da se negativni stavovi prema robotima smanjuju kako se povećava iskustvo interakcije s njima.

Socijalna podrška

Smatra se da je glavni čimbenik koji utječe na dobrobit ili zadovoljstvo socijalna podrška na radnom mjestu, na primjer podrška članova tima i kolega. Istraživanje je pokazalo da socijalna podrška ima ublažavajući učinak na percipirane stresore povezane s poslom i smanjenje doživljenog stresa (Viswesvaran et al., 1999.). (Polu)automatizacija zadataka koje su prije obavljali ljudi mogla bi na kraju dovesti do novih struktura timova. Mogući rizik mogao bi biti smanjenje percipirane socijalne podrške jer bi se interakcija s ljudskim članovima tima mogla smanjiti.

Strah od gubitka posla

Neki radnici robotske sustave neće doživljavati kao korisnu tehnologiju, nego kao potencijalni rizik za svoje zaposlenje. Reichert i Tauchmann (2011.) istraživali su razine psihičke uznemirenosti radnika s nesigurnim radnim mjestom i otkrili da zaposlenici s niskom razinom sigurnosti radnog mjesta pate od lošijeg psihičkog zdravlja. Nadalje, učinci nesigurnosti radnog mjesta dodatno se pogoršavaju kad je riječ o radnicima koji već imaju problema s mentalnim zdravljem. Kozak et al. (2020.) procijenili su da nesigurnost radnog mjesta zbog automatizacije s pomoću robotskih sustava nije iracionalan strah od nepoznatog, nego racionalan odraz rizika automatizacije zadataka kojima su radnici izloženi. Naglašavaju potrebu za daljnjom provedbom politika za razvoj vještina kako bi se radna snaga borila protiv stvarnog gubitka radnog mjesta i subjektivnog straha od istoga.

4.2 Fizički učinci

Fizički učinak automatizacije zadataka putem robotskih sustava može se kategorizirati u sljedeće potencijalne i namjeravane koristi te moguće rizike. U okviru kategorije pozitivnog učinka jedno od glavnih područja je distanciranje ljudskih radnika od opasnih ili napornih okruženja (Gharbia et al., 2019., Sen et al., 2014.). Druga skupina pozitivnih učinaka proizlazi iz robotskih sustava koji fizički podupiru radnike u određenim zadacima kod kojih kontinuirano ili opetovano fizičko naprezanje predstavlja zdravstveni rizik (Kyrarini i sur., 2021). Mnogi generički zadaci automatizirani s pomoću robotskih sustava, kao što su podizanje radnog predmeta ili čak transporta predmeta po mjestu rada mogu biti obuhvaćeni ovom kategorijom. Mišićno-koštani bolovi i ozljede povezane s radom česti su među medicinskim sestrama. Stoga automatizacija posebno napornih poslova može uvelike doprinijeti njihovom zdravlju. Preporučljivo je da radne stanice omoguće smanjenje fizičkog opterećenja promjenom radnog ciklusa i radnih značajki robotskog sustava u skladu s fizičkim uvjetima operatera. To treba biti u korist fizičke dobrobiti radnika, u skladu s tumačenjem ispitanika o tome kako robot može utjecati na radnika.

Osim pozitivnih pomaka u pogledu fizičkog stanja radnika, stručnjaci ističu i da bi nova tehnologija mogla dovesti do novih vrsta fizičkih opasnosti. Budući da mnogi robotski sustavi trenutačno obavljaju zadatak koji u određenoj mjeri uključuje kretanje, već su više puta istaknuti rizici od sudara zbog mogućeg kretanja s dodatnim fizičkim opterećenjem. Iako i sâm sudar između radnika i robotskog sustava već predstavlja zdravstveni rizik, mogućnost ozljede se povećava kada robot rukuje predmetom ili ima pričvršćenu oštru ili šiljastu hvataljku. Nenamjerni pokreti mogu pogoditi ljudsko biće ili priklještitu osobu između robota i fiksnog dijela, na primjer, stiskanjem šake. Stoga je potrebno razmotriti ograničenja sile kontakta. Još su jedan čimbenik rizika mehanički kvarovi: ako održavanje nije primjereno, može doći do pogreške, što može dovesti do istih ishoda kao i pogreška upravljanja.

4.3 Organizacijski učinci

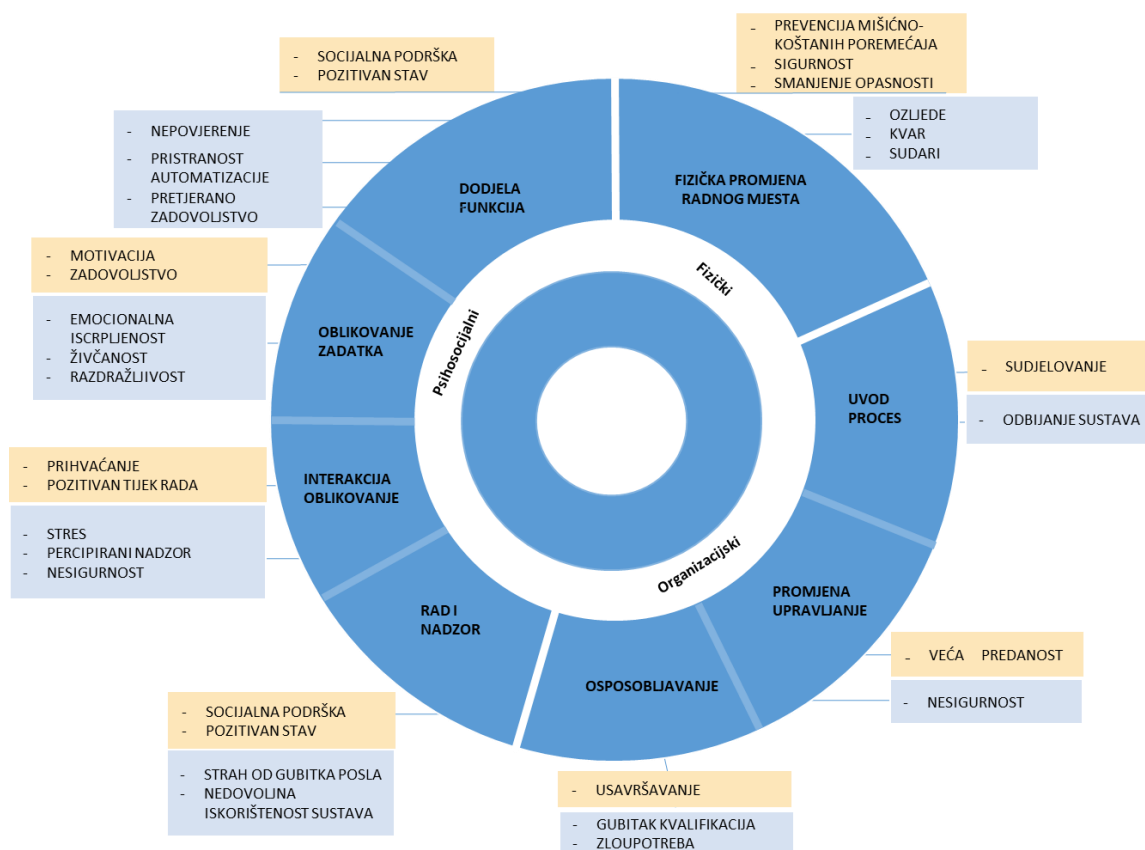
Obavještavanje zaposlenika o budućim promjenama može smanjiti osjećaj nesigurnosti u pogledu razloga zbog kojih je uvedena promjena. Nadalje, utvrđeno je da jasna i izravna komunikacija potiče promjenu i ponašanje radnika kojim se pruža podrška (Bordia et al., 2004.). Osim komunikacije prije provedbe, potrebno je preurediti radni prostor u kojem će robot raditi i iznova utvrditi zadatke radnika. Stručnjaci s kojima je obavljen razgovor ovdje su posebno naglasili aspekt procjene rizika. Nadalje, stručnjaci su kao potencijalne alate naveli obuku zaposlenika, evaluaciju i nadzor radne lokacije te postupke za dobro održavanje.

Jedna od najvećih organizacijskih promjena s kojom će se ova radna okruženja morati suočiti jest potražnja za prekvalifikacijom i usavršavanjem. To podrazumijeva obuku osoblja za rad s novom

robotskom tehnologijom, uz istovremeno gubitak kvalifikacija i drugih ključnih kompetencija. Uzimanje u obzir ovih čimbenika i pružanje potrebnih prilika zaposlenicima također bi moglo povećati njihovo sudjelovanje u organizacijskim promjenama. Utvrđeno je da sudjelovanje zaposlenika u provedbi i donošenju odluka omogućuje ponašanje zaposlenika kojim se pruža podrška (Gagne et al., 2000.).

Slika 1 predstavlja pregled relevantnih utvrđenih dimenzija u odnosu na psihosocijalne, fizičke i organizacijske aspekte i moguće povezane rizike i prednosti povezane sa sigurnosti i zdravljem na radu.

Slika 1: Pregled dimenzija i učinaka relevantnih za sigurnost i zdravlje na radu



4.4 Norme

Osim normi vrste A (osnovni sigurnosni standardi) i normi vrste B (generički sigurnosni standardi) koji se također primjenjuju ako su relevantni, za robotske sustave trenutno postoje tri norme u pogledu sigurnosti strojeva (norme vrste C). Cijeli popis nalazi se u izvješću. Kako bi se saželo mišljenja stručnjaka o normama koje se odnose na robotske sustave, potrebno je napomenuti da oni smatraju kako postoji prostor za poboljšanje postojećih normi u određenim aspektima. Međutim, stručnjaci su naveli da trenutno nema potrebe za dodatnim normama. To odražava trenutni broj potpuno integriranih aplikacija u području interakcije čovjeka i robota trenutno zabilježenih u Europi, na što, na primjer, ukazuju rezultati podataka istraživanja ESENER-3 (EU-OSHA, 2022a). U okviru istraživanja tog projekta utvrđeni su specifični rizici u pogledu sigurnosti i zdravlja na radu napredne robotike i sustava temeljenog na umjetnoj inteligenciji. Iako postoje rizici posebno povezani s upotrebom napredne robotike, alati za procjenu rizika kojima su obuhvaćeni i identifikacija rizika i analiza rizika trenutno su rijetki i često nisu na raspolaganju.

4.5 Procjena rizika

Specifični utjecaj na sigurnost i zdravlje na radu uvođenja napredne robotike ili sustava temeljenog na umjetnoj inteligenciji na radno mjesto često je teško procijeniti i ovisi o specifičnom sustavu, automatiziranom zadatku i okruženju. Isto vrijedi i za ukupni rizik uvođenja i provedbe takvih sustava na radnom mjestu. Posljednjih godina pojavili su se prvi nacrti alata za procjenu rizika specifičnih za kobote (npr. Stone et al., 2021., Raza et al., 2021.), no malo je javno dostupnih testiranih i objavljenih alata.

Alati za procjenu rizika suočavaju se i s dodatnim izazovom povezanim s čestim promjenama okoline u kojoj rade mnogi „koboti“. Unatoč tome, točna i dubinska procjena rizika tehnologije na mjestu rada ključna je za osiguravanje sigurnosti i zdravlja na radu, a u budućnosti je potrebno razmotriti nedostatak alata za procjenu kojima bi se to omogućilo kad je riječ o naprednim robotskim sustavima, kobotima i sustavima temeljenima na umjetnoj inteligenciji za zadatke automatizacije.

5 Sažetak i zaključak

Kada analiziramo vrste zadataka i stupanj automatizacije za koje se trenutačno koriste aplikacije napredne robotike, uočen je snažan naglasak na rutinske zadatke povezane s osobama i predmetima u poluautomatizaciji i potpunoj automatizaciji. U okviru zadataka povezanih s osobama nalazimo mnoge zadatke u području njegovanja, uključujući podizanje pacijenata ili pomaganje pacijentima s hranom ili pićem. Nadalje, kirurški i drugi medicinski zadaci djelomično su ili u potpunosti podržani. U okviru zadataka povezanih s predmetima stavljen je snažan naglasak na zadatke koji su česti u proizvodnom sektoru, skladištenju i zanatima. Nadalje, zadaci pakiranja, transporta i dostave u različitim su područjima kao što su proizvodnja, bolnice i skladišta potpuno automatizirani. Zadaci montaže su zadaci povezani s predmetima, a za njih je utvrđeno da im djelomično pomaže napredna robotika.

Jedan od primarnih zaključaka jest da u okviru znanstvene literature rizici i mogućnosti sigurnosti i zdravlja na radu trenutačno ne uzimaju u obzir ili samo vrlo rijetko u obzir uzimaju pristup zadatku. Jasno je da nedostaju studije koje se bave interakcijom čovjeka i robota te povezanim rizicima i mogućnostima sigurnosti i zdravlja na radu u čisto fizičkim zadacima. Stoga se prikazani rezultati u određenoj mjeri mogu smatrati općim rezultatima koji su primjenjivi na sve primjene robota.

U znanstvenoj literaturi uspjeli smo utvrditi četiri različite dimenzije interakcije čovjeka i robota koje se mogu povezati s različitim rizicima i mogućnostima sigurnosti i zdravlja na radu: dodjela funkcija ili zadataka, oblikovanje zadatka i interakcije te rad i nadzor.

Kad je riječ o dimenziji dodjele funkcija ili zadataka, uočeno je da bi ti procesi mogli postati dinamičniji jer robotski sustavi obećavaju fleksibilnu upotrebu. Ako se i jedno i drugo izvede dobro, moglo bi se povećati radne značajke sustava, smanjiti pogreške, optimizirati radno opterećenje i povećati motivaciju, zadovoljstvo i dobrobit. Međutim, rizici povezani s dodjelom funkcija uključuju niz ljudskih posljedica kao što su pretjerano zadovoljstvo, pristranosti u odlučivanju, smanjena svijest o situaciji, neuravnoteženo mentalno opterećenje, nepovjerenje i pretjerano oslanjanje. Viši stupnjevi automatizacije mogu smanjiti mentalno opterećenje operatera, ali mogu rezultirati i gubitkom situacijske svjesnosti i, još gore, neuspjehom (Onnasch et al., 2014).

U vezi s oblikovanjem zadataka kao posljedicom procesa dodjele funkcija, posebno je potrebno naglasiti rizik niske razine kontrole posla i s time povezane niske razine osjećaja kontrole, samoučinkovitosti, zadovoljstva, motivacije i dobrobiti. Visoke razine autonomije robota povezane su i s rizikom smanjivanja osjećaja kontrole i, nadalje, osjećaja odgovornosti za radni zadatak. Čvrsta povezanost radnika sa zadatakom robota dodatno nosi rizik od povećanja stresa.

Primjena dobro poznatih načela oblikovanja doprinijet će ukupnom procesu interakcije. Njihov nedostatak povezan je sa štetnim učincima. Važnost nekih načela oblikovanja mogla bi se promijeniti, posebno jer je potražnja za transparentnim dizajnom robota i ponašanjem ključna za sprječavanje mogućih rizika kao što su smanjen osjećaj odgovornosti, pretjeranog ili nedovoljnog oslanjanja, kao i osjećaja otuđenosti ili gubitka kontrole.

S korištenjem napredne robotike, posebno u opasnim i rizičnim radnim okruženjima, potrebno je naglasiti jasne mogućnosti. Prvo, robotski sustavi nude potencijal za potpuno uklanjanje ljudi iz tih nepovoljnih okolnosti. Drugo, posebno u zadacima montaže i podizanja, robotski sustavi mogu poboljšati fizičko zdravlje povezano s mišićno-koštanim poremećajima. Spominju se i fizički rizici kao što su sudar ili rizici povezani s mehaničkim ili električnim kvarovima.

U odnosu na organizacijske učinke posebno je uočena relevantnost procesa uvođenja, odnosno procesa promjene povezanog s uvođenjem naprednih robota na radno mjesto. Ako se taj proces ne razmotri pažljivo u pogledu odgovarajuće analize zadatka, sudjelovanja radnika, komunikacijske strategije i kontinuiranog procesa evaluacije i praćenja, poduzeća će se suočiti s rizikom niskog prihvaćanja, odbijanja i nekorištenja sustava. Važan je i aspekt odgovarajuće obuke radnika kako bi se spriječio rizik o gubitka kvalifikacija i gubitka ključnih kompetencija.

Povjerenje je u interakciji čovjeka i robota proučavano u izvanredno velikoj mjeri. Dobro je poznata činjenica da na uspješnu suradnju utječe povjerenje među suradnicima (Costa et al., 2001.). Kad je riječ o povjerenju, osobine robota kao što su mobilnost, antropomorfan ili zoomorfan dizajn, mogućnosti multimodalne interakcije i višenamjenske upotrebe za proksimalne i daljinske primjene mogu ukazivati na to da se ljudsko povjerenje prema robotima razlikuje od povjerenja prema uobičajenoj tehnologiji automatizacije (Hancock et al., 2011., Hancock i sur., 2020.). Nedovoljno povjerenje u robotski sustav može imati negativne posljedice na interakciju. Za razliku od manjka povjerenja, moglo bi se pretpostaviti da vrlo visoka razina povjerenja u robotski sustav ima pozitivne učinke. Ako postoji pretjerano povjerenje, zanemaruje se na primjer, dužnost brige prema robotu (Hancock i sur., 2011.), što može dovesti do daljnjih oštećenja ili, ako se kvar ne primijeti, oštećenja izradaka ili ozljeda ljudi. Ako stupanj povjerenja u robota odgovara sposobnostima robota, može se uspostaviti učinkovita i sigurna suradnja (Hancock et al., 2011.).

Uspjeli smo utvrditi relevantne dimenzije interakcije čovjeka i robota iz kojih su izvedeni specifični rizici i mogućnosti sigurnosti i zdravlja na radu. Ova općenitija zapažanja o sigurnosti i zdravlju na radu u vezi s robotskim sustavima pomažu razumjeti da, neovisno o kontekstu primjene, treba uzeti u obzir neke temeljne kriterije. Iako se pojedinačni učinci navedenih dimenzija razlikuju od jednog radnog mjesta do drugog, preporuča se uvijek ih uzeti u obzir. U tom bi kontekstu provedba mogla postati pravi izazov za tradicionalne inspektorate rada. Točna i dubinska procjena rizika tehnologije na mjestu rada ključna je za osiguranje sigurnosti i zdravlja na radu. Pažljivo razmatranje spomenutih rizika i prednosti zaštite na radu rezultirat će primjenom napredne robotike za automatizaciju zadataka usmjerenom na čovjeka.

Bibliografija

- Bakker, A. B. i Demerouti, E., „The job demands-resources model: State of the art”, *Journal of Managerial Psychology* 20(7), 2007., str. 743–757. doi:[10.1108/02683940710733115](https://doi.org/10.1108/02683940710733115)
- Bordia, P., Hobman, E., Jones, E., Gallois, C. i Callan, V. J., „Uncertainty during organisational change: Types, consequences and management strategies”, *Journal of Business and Psychology*, 18(4), 2004., str. 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. i Taillieu, T., „Trust within teams: The relation with performance effectiveness”, *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 10(3), 2001., str. 225.–244. doi:[10.1080/13594320143000654](https://doi.org/10.1080/13594320143000654)
- Demerouti, E., Bakker, A. B., Nachreiner, F. i Schaufeli, W. B., „The job demands-resources model of burnout”, *Journal of Applied Psychology*, 86(3), 2001., str. 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. i Lacasse, Y., „Automatic versus manual oxygen titration in patients requiring supplemental oxygen in the hospital: A systematic review and meta-analysis”, *Respiration*, 98(2), 2019., str. 178.–188. doi:[10.1159/000499119](https://doi.org/10.1159/000499119)
- de Vries, G. J., Gentile, E., Miroudot, S. i Wacker, K. M., „The rise of robots and the fall of routine jobs”, *Labour Economics*, 66, članak 101885., 2020. doi:[10.1016/j.labeco.2020.101885](https://doi.org/10.1016/j.labeco.2020.101885)
- EU-OSHA – Europska agencija za sigurnost i zdravlje na radu *Napredna robotika, umjetna inteligencija i automatizacija zadataka: definicije, upotrebe, politike i strategije te sigurnost i zdravlje na radu*, 2022a. Dostupno na: <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., „Anthropomorphism and human likeness in the design of robots and human-robot interaction”, *International Conference on Social Robotics*, Springer, 2012., str. 199.–208. 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. i Funke, M., „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*, vol. 56, br. 1, SAGE Publications, 2012., str. 1461.–1465. doi:[10.77/1071181312561410](https://doi.org/10.77/1071181312561410)
- Fischer, H., Engler, M. i Sauer, S., „A human-centered perspective on software quality: Acceptance criteria for work 4.0.”, *International Conference of Design, User Experience, and Usability*, Springer, 2017., str. 570.–583. doi:[10.1007/978-3-319-58634-2_42](https://doi.org/10.1007/978-3-319-58634-2_42)
- Gagne, M., Koestner, R., i Zuckerman, M., „Facilitating acceptance of organizational change: The importance of self-determination”, *Journal of Applied Social Psychology*, 30(9), 2000., str. 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. i Parasuraman, R., „A meta-analysis of factors affecting trust in human-robot interaction.” *Human Factors*, 53(5), 2011., str. 517.–527. doi:[10.1177/0018720811417254](https://doi.org/10.1177/0018720811417254)
- Hancock, P. A., Kessler, T. T., Kaplan, A. D., Brill, J. C. i Szalma, J. L., „Evolving trust in robots: Specification through sequential and comparative meta-analyses”, *Human Factors*, 63(7), 2020., str. 1196.–1229. doi:[10.1177/001872082092208](https://doi.org/10.1177/001872082092208)
- Honig, S. S. i Oron-Gilad, T., „Understanding and resolving failures in human-robot interaction: Literature review and model development”, *Frontiers in Psychology*, 9, članak 861., 2018., 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., Solochechek, A. i Marchessault, R., „An advanced medical robotic system augmenting healthcare capabilities-robotic nursing assistant”, *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, IEEE Press, 2011., str. 6264.–6269. doi:[10.1109/ICRA.2011.5980213](https://doi.org/10.1109/ICRA.2011.5980213)

- Iqbal, T., Rack, S. i Riek, L. D., „Movement coordination in human–robot teams: A dynamical systems approach”, *IEEE Transactions on Robotics*, 32(4), 2016., str. 909.–919.
doi:[10.1109/TRO.2016.2570240](https://doi.org/10.1109/TRO.2016.2570240)
- Karasek, R. A., „Job demands, job decision latitude, and mental strain: Implications for job design”, *Administrative Science Quarterly*, 24(2), 1979., str. 285.–308. doi:[10.2307/2392498](https://doi.org/10.2307/2392498)
- Karasek, R. A., „Demand/control model: A social, emotional, and physiological approach to stress risk and active behaviour development”, *J. M. Stellman (Ed.), Encyclopaedia of occupational health and safety*, Međunarodna organizacija rada, 1998. str. 34.06.–34.14 .
- Kim, J. i Park, C. Y., „Education, skill training, and lifelong learning in the era of technological revolution: A review”, *Asian-Pacific Economic Literature*, 34(2), 2020., str. 3–19.
doi:[10.1111/apel.1229](https://doi.org/10.1111/apel.1229)
- Kozak, M., Kozak, S., Kozakova, A. i Martinak, D., „Is fear of robots stealing jobs haunting European workers? A multilevel study of automation insecurity in the EU”, *IFAC-PapersOnLine*, 53(2), 2020., str. 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. i Makedon, F., „A survey of robots in healthcare”, *Technologies*, 9(1), članak 8., 2021. 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. i Papaioannou, T. G., „Experimental devices versus hand-sewn anastomosis of the aorta: A systematic review and meta-analysis”, *Journal of Surgical Research*, 258, 2021., str. 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. i Rosati, G., „Human–robot collaboration in manufacturing applications: A review”, *Robotics*, 8(4), članak 100., 2019.
doi:[10.3390/robotics804010](https://doi.org/10.3390/robotics804010)
- Nomura, T., Suzuki, T., Kanda, T., Yamada, S. i Kato, K., „Attitudes toward robots and factors influencing them”, *K. Dautenhahn & J. Saunders (Eds), New frontiers in human-robot interaction*, John Benjamins Publishing Company, 2011., str. 73.–88. doi:[10.1075/ais.2.06nom](https://doi.org/10.1075/ais.2.06nom)
- Onnasch, L., Wickens, C. D., Li, H. i Manzey, D., „Human performance consequences of stages and levels of automation: An integrated meta-analysis”, *Human Factors*, 56(3), 2014., 476.–488.
doi:[10.1518/107118110X1282936920199](https://doi.org/10.1518/107118110X1282936920199)
- Papadimitriou, E., Schneider, C., Tello, J. A., Damen, W., Vrouwenraets, M. L. i Ten Broeke, A., „Transport safety and human factors in the era of automation: What can transport modes learn from each other?”, *Accident Analysis & Prevention*, 144, članak 105656., 2020.
doi:[10.1016/j.aap.2020.105656](https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105656)
- Parasuraman, R. i Manzey, D. H., „Complacency and bias in human use of automation: An attentional integration”, *Human Factors*, 52(3), 2010., str. 381.–410. doi:[10.1177/0018720810376055](https://doi.org/10.1177/0018720810376055)
- Plotnikov, N. S., Kolokoltseva, E. U. i Volkova, Y. V., „Technical review of robotic complexes for underground mining”, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 459, br 4, članak 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. i Bilberg, A., „Virtual Modeling as a Safety Assessment Tool for a Collaborative Robot (Cobot) Work Cell Based on ISO/TS 15066: 2016”, *Towards Sustainable Customization: Bridging Smart Products and Manufacturing Systems*, str. 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. i Tauchmann, H., „The causal impact of fear of unemployment on psychological health”, *Ruhr Economic Papers*, br. 266., 2011. <http://hdl.handle.net/10419/61355>
- Robelski, S. i Wischniewski, S., „Human-machine interaction and health at work: A scoping review”, *International Journal of Human Factors and Ergonomics*, 5(2), 2018., str. 93.–110.
doi:[10.1504/IJHFE.2018.092226](https://doi.org/10.1504/IJHFE.2018.092226)

- Roesler, E., Onnasch, L. i Majer, J. I., „The effect of anthropomorphism and failure comprehensibility on human-robot trust”, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, vol. 64, br. 1, SAGE Publications, 2020., str. 107–111.
doi:[10.1177/1071181320641028](https://doi.org/10.1177/1071181320641028)
- Rosen, P. H., Sommer, S. i Wischniewski, S., „Evaluation of human-robot interaction quality: A toolkit for workplace design”, *Proceeding of the 20th Congress of the International Ergonomics Association*, Springer, 2018., str. 1649.–1662. 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. i Hancock, P. A., „The relationship between trust and use choice in human-robot interaction”, *Human Factors*, 61(4), 2019., 614.–626.
doi:[10.1177/0018720818816838](https://doi.org/10.1177/0018720818816838)
- Sen, A., Sanjog, J. i Karmakar, S., „A comprehensive review of work-related musculoskeletal disorders in the mining sector and scope for ergonomics design interventions”, *IIE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*, 8(3), 2020., str. 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. i Ameen, M., „Cobot And Robot Risk Assessment (CARRA) method: an Automation Level-Based Safety Assessment Tool to Improve Fluency in Safe Human Cobot/Robot Interaction”, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 65(1), rujan 2021., str. 73.–741. doi: [10.1177/1071181321651024](https://doi.org/10.1177/1071181321651024)
- Spector, P. E., „A control theory of the job stress process”, C. L. Cooper (Ed), *Theories of organizational stress*, Oxford University Press, 1998., str. 153.–169 .
- Terminio, R. i Rimbau Gilabert, E., „The digitalization of the working environment: The advent of robotics, automation and artificial intelligence (RAAI) from the employees perspective - A scoping review”, M. Coeckelbergh, J. Loh, M. Funk, & J. Seibt, & M. Nørskov (Eds), *Envisioning robots in society – Power, politics and public space*, IOS Press, 2018. str. 166.–176. 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. i Fisher, J., „The role of social support in the process of work stress: A meta-analysis”, *Journal of Vocational Behavior*, 54(2), 1999., str. 314.–334.
doi:[10.1006/jvbe.1998.1661](https://doi.org/10.1006/jvbe.1998.1661)
- Złotowski, J., Proudfoot, D., Yogeewaran, K. i Bartneck, C., „Anthropomorphism: Opportunities and challenges in human–robot interaction”, *International Journal of Social Robotics*, 7(3), 2015., 347.–360. doi:[10.1007/s12369-014-0267-6](https://doi.org/10.1007/s12369-014-0267-6)

Europska agencija za sigurnost i zdravlje na radu (EU-OSHA) doprinosi naporima kako bi Europa bila sigurnije, zdravije i produktivnije mjesto za rad. Agencija istražuje, izrađuje i distribuira pouzdane, uravnotežene i nepristrane informacije o sigurnosti i zdravlju te organizira paneuropske kampanje za podizanje razine svijesti. Ovu Agenciju sa sjedištem u Bilbao u Španjolskoj osnovala je Europska unija 1994. godine, a u njoj zajedno djeluju predstavnici Europske komisije, vlada država članica, udruge poslodavaca i zaposlenika kao i vodeći stručnjaci iz svih država članica EU-a i šire.

Europska agencija za sigurnost i zdravlje na radu

Santiago de Compostela 12
48003 – Bilbao, Španjolska
E-pošta: information@osha.europa.eu

<https://osha.europa.eu>