

G. Lipnjak\*

# ROBOTIKA U FUNKCIJI ZAŠTITE ZDRAVLJA NA RADU

UDK 007.52:331.45  
PRIMLJENO: 11.10.2019.  
PRIHVAĆENO: 3.2.2020.

Ovo djelo je dano na korištenje pod Creative Commons Attribution 4.0 International License



*SAŽETAK: Umjetna inteligencija i robotika sve se više koriste pri koncepciji modernog mjesta rada. Zdravlje radnika, osim već dulje poznatih metoda, sve češće se osigurava i nadopunjuje novim tehnološkim rješenjima. Roboti zasnovani na tzv. slaboj umjetnoj inteligenciji upotrebljavaju se već desetljećima u industriji, a u posljednje vrijeme razvijaju se sofisticirani napredni roboti koji se koriste u medicini, istraživanju, prometu, transportu, ... Kod poslova gdje postoji opasnost za zdravlje radnika, često propisi zaštite na radu ograničavaju primjenu mjera namijenjenih porastu proizvodnosti. Roboti rješavaju jedno i drugo, povećavaju proizvodnost te eliminiraju neposrednu opasnost za radnika. Servisni roboti primjenjuju se u kućanstvu, uredima, školama, prodavaonicama i dr. Društveni roboti su u direktnom kontaktu s ljudima pomažući im u svakodnevnom poslu. U radu su prikazane neke od mogućnosti korištenja robota kao i prednosti robotike, prvenstveno u funkciji zaštite zdravlja i sigurnosti na radu. Podaci za izradu rada prikupljeni su iz znanstvenih časopisa, knjiga te zbornika s konferencija i stručnih skupova kao i sudjelovanjem na predavanjima znanstvenika iz područja razvoja robotike. Određeni znanstvenici postavljaju pitanja o budućnosti rada i općenito života te izražavaju zabrinutost o nepoznicama koje očekuju čovjeka, društvo, životnu okolinu... Postavljaju se pitanja hoće li te nove tehnologije utjecati na razdvajanje i otuđivanje ljudi pa čak i međusobnu netoleranciju.*

**Ključne riječi:** *umjetna inteligencija, robotika, mjesta rada, zaštita zdravlja i sigurnosti na radu*

## UVOD

Strategija Europske unije za robotiku Europa 2020. navodi: „Robotika će postati dominantna u nadolazećem desetljeću. Utjecat će na svaki aspekt života na poslu i kod kuće. Može promijeniti živote i radnu praksu, poboljšati učinkovitost i razinu sigurnosti, pružiti višu razinu usluge te stvoriti radna mjesta. Njezin će utjecaj s vremenom rasti, kao i interakcija između robota i ljudi.“ U prošlom stoljeću većina se robota primjenjivala u industriji. Svaka nova generacija robota dobiva naprednija obilježja u odnosu na prethodnu,

što se prije svega odnosi na ostvareni stupanj inteligencije, prateću računalnu moć, poboljšane dinamičke pokazatelje i naprednije algoritme upravljanja te surađivanja s okolinom. Danas roboti imaju iznimne sposobnosti te se već primjenjuju u raznim sektorima u poslovnom i osobnom okruženju. Veći stupanj autonomije i složenosti sustava omogućit će primjene koje će biti više usmjerene na ljude.

Nitko danas ne može predvidjeti sve posljedice nezaustavljivog razvoja robotike i umjetne inteligencije za čovjeka i društvo. Roboti će biti učitelji, profesori, medicinske sestre, psihijatri, turistički radnici... Roboti će razmišljati, odlučivati, rješavati probleme,...

\*Mr. sc. Gorana Lipnjak, (glipnjak@gmail.com), Hrvatska udruga za zdravo radno mjesto, Kornatska 1d, 10000 Zagreb.

## RAZVOJ ROBOTA

Ideja o robotima vrlo je stara, a datira još od Leonarda da Vinci koji je na neki način predvidio moderne robote zamislivši model pokretnog stroja u obliku lava. Sam termin robot skovao je 1921. češki dramatičar Karel Čapek, prema češkoj riječi robotnik koja se može prevesti kao rob, radnik i sl. Prvi eksperimentalni primjerci robota napravljeni su na američkim sveučilištima četrdesetih godina prošlog stoljeća. Komercijalnu proizvodnju robota započeli su Amerikanci George Devol i Joseph Engelberger početkom 1960-ih. Engelberger je prvi počeo s prodajom Unimate industrijskih robota, a zbog toga je prozvan ocem robotike.

Roboti se danas najviše primjenjuju u automobilskoj industriji, a njezina najveća središta su u Japanu, Kini, Americi i Europi.

S obzirom na razvoj i primjenu robota, dijele se na robote prve, druge ili treće generacije (*google.com, 2019.*)

Karakteristike robota prve generacije:

- automatski ponavljaju zadani pokret
- najbrojniji su u tvorničkim pogonima
- upravljački sustav lako se prilagođava ručnim operacijama
- uporaba: prešanje, zavarivanje i sl.

Karakteristike robota druge generacije:

- mogućnost snalaženja u nepredvidljivim okolnostima radnog prostora - opremljeni su sensorima (osjetilima)
- od senzora dobivaju informacije
- snalaženje i postupci u radnom prostoru su programirani
- uporaba: rad na pokretnoj vrpci, montažnim operacijama, bojenju ...

Karakteristike robota treće generacije:

- primjena razolikih senzora i umjetna inteligencija
- opremljeni računalima i usavršenim programima
- sposobni su prepoznavati okolinu, analizirati svoje učinke i učiti iz svojih pogrešaka

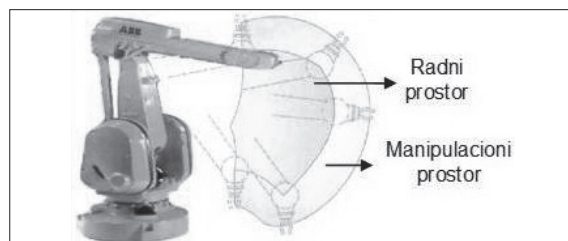
- samostalno i inteligentno mijenjaju svoj način rada kako bi se prilagodili uvjetima rada i poboljšali radni učinak.

## ROBOTIKA U SLUŽBI ZAŠTITE NA RADU

Najveće prednosti za sigurnost i zaštitu zdravlja na radu su mogućnost upotrebe robota zamjenjujući radnike koji rade u nezdravim ili opasnim radnim uvjetima. Autonomni roboti posebno su korisni kao zamjena radnika koji obavljaju prljave, zatupljujuće ili nesigurne zadatke, čime se izbjegava izlaganje opasnim sredstvima i uvjetima te se time smanjuju fizički, ergonomski i psihosocijalni rizici (*EU-OSHA, 2019.*)

S druge strane, svakako je potrebno voditi računa o zaštiti zdravlja i sigurnosti pri radu s robotima. Pokreti robota mogu biti nepredvidivi. Robot može djelovati „mrtvo“, a ustvari čeka određenu senzorski predviđenu aktivnost da se pokrene te može dovesti u opasnost radnika, opremu ili samog sebe. Osobito se nepredvidljivi pokreti javljaju kad se robot vraća s kraja programa opet na početak ili na novi program, ili kad se nakon prekida napajanja vraća u prvobitni položaj. Također postoji mogućnost kvara na softveru ili hardveru ili nedostaje adekvatna programska podrška.

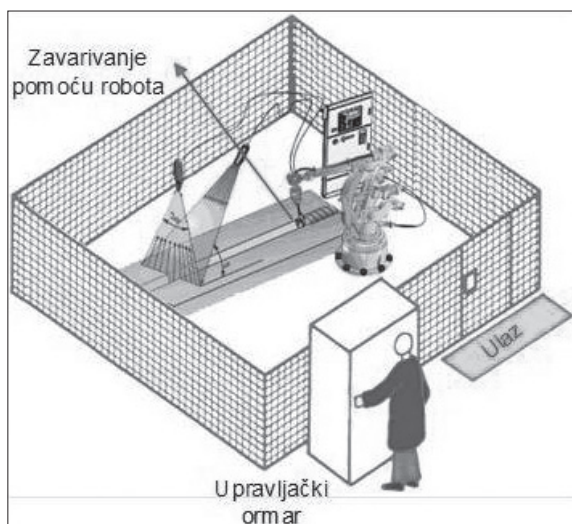
Robot se može gibati kroz trodimenzionalni radni prostor veći od njegova vlastitog volumena, za razliku od ostalih strojeva koji obično rade na predvidljiv način unutar prostora zatvorenim samim strojem. Sposobnost robota da se giba u slobodnom prostoru i pravi neočekivana gibanja može izazvati rizike za osoblje koje radi i stoji u radnom prostoru robota (slika 1). Zbog toga se pri svakoj instalaciji robota mora provesti identifikacija opasnosti i analiza rizika te nakon toga implementirati određene mjere zaštite kao prevencija nastajanja nezgode (*Mijović, 2019.*)



Slika 1. Radni i manipulativni prostor robota  
Figure 1. Working and manipulation space of a robot

Upravljački pultovi robota moraju biti tako konstruirani da budu lako dostupne samo one upravljačke tipke koje su potrebne za rad robota. Ostale upravljačke tipke smještaju se ispod prozirnih poklopaca kako bi se spriječila nehotična upotreba. Velike crvene tipke za sigurno zaustavljanje moraju biti vidljive i smještene na upravljačkom pultu i uređaju za daljinsko upravljanje te moraju biti apsolutno pouzdane.

Jedan od najčešćih pristupa sigurnosti pri radu s robotima je primjena blokiranih zatvorenih prostora (slika 2). Takvi sustavi okružuju radni prostor robota ogradom s pristupnim vratima. Ograda treba biti dovoljno visoka da se spriječi ulazak u radni prostor robota, a vrata se mogu otvoriti tek kad je napajanje robota isključeno.



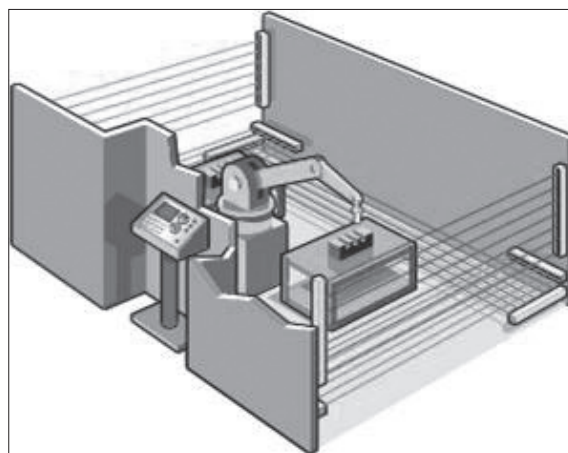
Slika 2. Zaštićeni radni prostor robota

Figure 2. Protected work space of a robot

Pored mehaničkih barijera kao prevencija u zaštiti radnog prostora robota služe i sigurnosne svjetlosne zavjese koje koriste zrake infracrvenog svjetla za detekciju objekata ili osoba koje su ušle u zatvoreni radni prostor robota (slika 3). Sigurnosna svjetlosna zavjesa detektira sve što se nalazi u radnom prostoru robota i odmah zaustavlja rad ako se netko nađe u radnom prostoru. U ovim slučajevima, robotska jedinica ne može biti reaktivirana sve dotle dok radni prostor ne bude slobodan, a aktiviranje ponovnog početka rada obavlja osoba koja ima pregled cjelokupnog radnog područja.

Dodatno kod procesa zavarivanja, posebno u automobilske industriji, posebno je važna kontrola sustava ventilacije, jer se prikupljaju štetne pare koje se javljaju u luku prilikom topljenja materijala elektrode i odvajanja njezinih sastojaka.













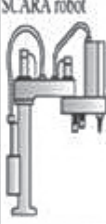











Kako je jedan od glavnih ciljeva uvođenja robotskih sustava u industrijska postrojenja zaštita radnika izloženih štetnim utjecajima, bilo da se radi o visokim temperaturama ili velikim količinama prašine i štetnih plinova, roboti bi i u negativnim utjecajima okoline trebali obavljati svoju funkciju u duljem razdoblju. Zbog toga je nužno održavanje robotskog sustava uz stručni nadzor. Preventivno održavanje sustava obavlja služba održavanja proizvođača robota prema ugovoru koji se sklapa prilikom nabave robotskog sustava. Provode se redovne mjere održavanja u intervalima koje obuhvaćaju: čišćenje nepristupačnih mjesta, podmazivanje, promjene ulja kod dijelova koji su podložni trenju, zamjena baterija kod upravljačkih jedinica i dr.



Slika 3. Zaštita radnog područja robota sigurnosnom svjetlosnom zavjesom

Figure 3. Robot's work space protected with a safety light curtain

Na slici 4 prikazana je tablica s paralelnim prikazom vrste robota s kinematičkom strukturom te radnim prostorom. Na temelju radnog prostora određuju se i odgovarajuće zaštitne mjere (ISO 9506-3).

Vrsta robota	Kinematika struktura	Radni prostor	Primjer-fotografija robota
Pravougaoni robot 	3T 		
Cilindrični robot 	2T 1R 		
Slerni robot 	1T 2R 		
SCARA robot 	2T 1R 		
Zglobni robot 	3R 		
Paralelni robot 			

Slika 4. Prikaz različitih vrsta robota s odgovarajućom kinematičkom strukturom i radnim prostorom

Figure 4. Different types of robots with specific kinematic structure and work space

## PROCJENA RIZIKA

U skladu sa Zakonom o zaštiti na radu te Pravilnikom o izradi procjene rizika, identifikaciju opasnosti i procjenu rizika obvezno je izraditi za sve poslove i mjesta rada pa tako i za ona mjesta rada uz robote. Procjena rizika je postupak kojim se utvrđuje razina opasnosti, štetnosti i napora u smislu nastanka ozljede na radu, profesionalne bolesti, bolesti u svezi s radom te poremećaja u procesu rada koji bi mogao izazvati štetne posljedice za sigurnost i zdravlje radnika. Pravilnikom se propisuju uvjeti, način i metoda izrade procjene rizika, obvezni sadržaji obuhvaćeni procjenom i podaci na kojima se procjena rizika temelji te klasifikacija opasnosti, štetnosti i napora na radu i u vezi s radom.

Potrebno je, dakle, predvidjeti potrebne fizičke barijere za rad s robotima i dodatne sigurnosne elemente te osposobiti radnike za rad na siguran način. Implementiranje svih dodatnih aktivnosti predviđenih međunarodnom normom ISO 45000:2018 za sustav upravljanja zaštitom zdravlja i sigurnošću na radu pridonosi dodatnom osiguranju mjesta rada uz robote (*Lipnjak, Pap, 2019.*).

## UMJETNA INTELIGENCIJA

Umjetna inteligencija (UI); (Artificial intelligence - AI) posljednjih godina u središtu je tehnološkog razvoja. Iskoraci u razvoju mreža kod sve jačih i moćnijih računalnih sustava doveli su do velikog napretka u treniranju algoritama koristeći se strojnim učenjem. Danas se umjetna inteligencija nalazi svuda: u pametnim telefonima, autonomnim vozilima, tražilicama na internetu, aplikacijama za navigaciju i drugdje (*Malisa, 2019.*).

Za razliku od prirodne, biološke inteligencije, UI je svojstvo strojeva koje su stvorili ljudi. Ona nastoji simulirati ulogu ljudskog mozga u integriranju informacija priskrbljenih osjetilima, pamćenju, učenju i stjecanju iskustva te rješavanju problema. Broj susreta s nekim problemom, kojem ljudska osoba biva izložena u čitavom radnom vijeku, obično se mjeri u tisućama. No, UI može u nekoliko tjedana upiti sve zabilježene informacije o stotinama milijuna primjera rješavanja tog istog



problema u cijelom svijetu, te razviti algoritme za rješavanje problema i testirati njegovu vrijednost putem milijuna simulacija (*Bertović Skračić, 2018.*).

Najnapredniji oblici UI više ne trebaju ni prethodne primjere rješavanja nekog problema kako bi učili i razvijali algoritme. U sklopu zadanog konteksta i pravila, oni su u stanju sustavno istražiti baš svaku teoretski dopuštenu mogućnost i zatim sami procijeniti koja su rješenja najbolja. Tako UI može otkriti nove pristupe problemu kojih se ljudi, zbog svojeg oslanjanja na prošlost i tradiciju, uopće nisu sjetili. Prve dokaze o nadmoći UI nad ljudskom pružale su računalne verzije šaha, pokera i drevne igre Go. Pokazalo se da učenjem iz milijuna odigranih partija te pamteći i uzimajući u obzir baš svaki detalj, računalo može razviti vlastite algoritme i pronaći najbolje rješenje (*Rudan, 2017.*).

Kao i svaka tehnologija, UI ima i prednosti i nedostatke te je treba kritički preispitati kako bi se maksimalno iskoristio njezin potencijal, a smanjile neželjene posljedice. Prof. dr. sc. Jan Šnajder sa zagrebačkog Fakulteta elektrotehnike i računarstva drži da je prednost primjene UI povećanje produktivnosti kroz omogućavanje jeftinije i kvalitetnije proizvodnje, ubrzavanje puta do novih znanstvenih otkrića, povećavanje zdravstvenih i sigurnosnih standarda te općenito omogućavanje ljudima da žive sigurnije, zdravije i ugodnije. Negativni učinci mogu se očitovati u poremećaju na tržištu rada, nezaposlenosti te nezapošljivosti većeg broja osoba. Također, postoji niz etičkih i sigurnosnih problema, posebno povezanih sa zakonskom i moralnom odgovornosti (*Šnajder, 2018.*).

### **Big Data (golema količina podataka)**

Umjetna inteligencija omogućila je mnogo bolje iskorištavanje golemih količina nesređenih podataka. Više od dvije milijarde ljudi na svijetu posjeduje pametni telefon i svi pridonose stvaranju raznih sadržaja. Na taj način gomilaju se velike količine podataka, a poznato je da je čak 80 % podataka nestrukturirano odnosno nedovoljno iskorišteno. Umjetna inteligencija predstavlja alat kojim je moguće pronaći korisnu informaciju u što kraćem vremenu.

### **Internet stvari**

Internet stvari (IoT); (*Internet of things*) označavaju povezivanje uređaja putem interneta te omogućuje integraciju goleme količine uređaja koji imaju ugrađene senzore koji više ili manje samostalno komuniciraju jedni s drugima i s raznim aplikacijama. Očekuje se da će broj uređaja uključenih u komunikaciju između strojeva eksponencijalno rasti sve do 2020. godine kad će broj „pametnih predmeta“, koji mogu međusobno razgovarati i raditi zajedno s ljudima, doseći približno 50 milijardi. Internet stvari postaju veliki posao budućnosti. Prema nedavnoj Gartnerovoj analizi 15 % kompanija već primjenjuje IoT u svojem poslovanju, najčešće u logistici. Taj postotak brzo će rasti u sljedećim godinama. Robotika će se u mnogočemu povezivati s internet stvarima i taj će proces povezivanja uvelike promijeniti „staro“ umreženo društvo (*Rudan, 2017.*).

## **ROBOTIKA**

### **Industrijski roboti**

Prema međunarodnom standardu ISO 8387:1944, industrijski robot definira se kao automatsko upravljani, reprogramibilni, višenamjenski manipulator s tri ili više reprogramibilnih osi, koji može biti fiksiran za tlo ili mobilan, namijenjen uporabi u aplikacijama industrijske automatizacije. Sposobnost robota da podigne predmet, prenese ga u prostoru prema unaprijed definiranom putu i otpusti, čini ga idealnim za rukovanje. Roboti danas imaju široku primjenu u svim granama industrije. Uvođenje robota u industriju može se promatrati s dva aspekta. S jedne strane, roboti se pojavljuju kao neophodni sastavni element novih proizvodnih linija koje se projektiraju kao visoko automatizirane i često s karakteristikama fleksibilnosti. Oni su tada bitan dio proizvodnog pogona i zajedno s ostalom proizvodnom opremom čine neraskidivu cjelinu. S druge strane, roboti se često uključuju u postojeće proizvodne pogone. U tim slučajevima roboti bitno povećavaju učinak postojeće opreme. Tako «stari» strojevi postaju ekonomičniji, što smanjuje potrebu za novim, većim investicijama. Nabava robota je investicija, ali se pokazalo da je ona znatno ekonomičnija od nabave novih strojeva (*Lipnjak, 2018.*).

## Medicinski roboti

Primjena robota u medicini danas je jedno od najperspektivnijih područja u koje se ulažu značajna financijska sredstva i znanstveni resursi te se očekuju i važna dostignuća.

Robotika ima važnu ulogu u zdravstvenim inovacijama i pružanju njege starijima. Tehnologija robotike usko je povezana s razvojem na području protetike i implantologije te se ta dva područja snažno oslanjaju na neuroznanost.

Od medicinskih robota *Robot da Vinci* najšire je primijenjen u bolnicama za laparoskopske operacije. U bolnicama diljem svijeta radi preko 3000 takvih robota i obavljeno je oko 3 milijuna operacija. Operacijski zahvat je precizniji, uz to je i brži oporavak pacijenta. Za neke vrste operacija poput odstranjivanja prostate kao i maternice zahvaćenih karcinomom, robot se koristi u 85 do 90 % slučajeva (SAD); (Nikolić, 2017.).

Od medicinskih robota jedan od najznačajnijih razvijen je u Hrvatskoj. Radi se o RONNA neurokirurškom robotu koji se od 2016. koristi za neurokirurške zahvate u KB Dubrava. RONNA je zajednički projekt prof. dr. sc. Bojana Jerbića s Fakulteta strojarstva i brodogradnje i doc. dr. Darka Chudyja iz KB Dubrava (slika 5). RONNA G4 neurokirurški robot četvrte generacije nagrađen je u lipnju 2018. godine u Londonu u sklopu glasovitoga međunarodnog simpozija Hamlyn o medicinskoj robotici glavnom nagradom u kategoriji najbolje inovacije te predstavlja najbolje znanstveno i tehnološko postignuće u medicinskoj robotici u 2018. godini (Rudež, 2018.).

Robot *Grem Zapping* tvrtke *XENEX* koristi se za potpunu dezinfekciju bolničkih prostorija koristeći pri tome pulzirajuće xenon ultraljubičasto svjetlo UVC. Uništava sve poznate bolničke bakterije, poput *Clostridium difficile*, *Staphylococcus aureus* (MRSA), *Escherichiju coli* uključujući i virus *ebola*. Roboti se koriste i u bolnicama s pacijentima oboljelih od ebola, uzimaju kontaminirane plahte i odnose ih na spaljivanje, premještaju bolesnike. Robote je jednostavno dekontaminirati. To je jedan od sigurnijih načina zaštite medicinskog osoblja od zaraze. U medicinske robote ubrajaju se i roboti namijenjeni rehabilitaciji, kao i oni koji omogućavaju hendikepiranim osobama sofisticirane umjetne udove za normalni život.

Postoji i trend razvoja mikro i nano robota namijenjenih za liječenje i dijagnozu unutar tijela posebno u dijagnostici i liječenju probavnog trakta (Nikolić, 2017.).



Slika 5. Hrvatski neurokirurški robot Ronna  
Figure 5. Croatian neurosurgical robot Ronna

U manjim mjestima ili na udaljenim lokacijama, liječnik specijalist može biti „prisutan“ te pomoću robota pregledati pacijenta i s njim komunicirati.

## Uslužni roboti

Niz uslužnih (servisnih robota) primjenjuje se sve češće u mnogim područjima.

**Virtualni pomoćnik:** Na tradicionalnoj konferenciji kompanije Google u glavnoj ulozi nastupio je robot **Google Assistant**, virtualni pomoćnik, koji svakom od niza novih uređaja predstavljenih na konferenciji, daje poneku novu mogućnost, a govori poput čovjeka. No, ono što zapravo fascinira nije mogućnost da savršeno izgovara rečenice koje zvuče ljudski, nego činjenica da je postao toliko pametan da može umjesto čovjeka komunicirati i odraditi lakše pomoćne poslove, poput naručivanja hrane, rezerviranja stola u restoranima i sl. (Ivančić, 2018.).

**Robot Daisy**, nova članica Appleova tima, nazvana „terminatorica mobitela“, učinkovito rastavlja mobitele i iz njih izdvaja dijelove koji se mogu reciklirati. Njezina učinkovitost je na visokoj razini. Za 18 sekundi može rastaviti uređaj te razvrstati dijelove (youtube.com. 2019.).

**Robot YuMi** uspješno je dirigirao filharmonijskim orkestrom u srcu talijanske Toskane u Pisi uz

slavnog tenora Andrea Bocellija u povodu festivala robotike. Robot je dirigirao orkestrom pri izvođenju osamnaest glazbenih djela. Robot YuMi, čije je ime izvedeno od engleske fraze „you and me“, sve je pokrete naučio od dirigenta filharmonije koji mu je pridržavao ruke na probama da bi robot mogao memorirati ispravne dirigentske pokrete (*Reuters, 2019.*).

U Kini se koriste **iPal roboti** kao „tete“ u dječjim vrtićima. iPal može razgovarati, plesati, pričati priče, igrati igre, potaknuti tjelesnu aktivnost i omogućiti djeci da razgovaraju s prijateljima. Moguće mu je zadati i funkciju drugih aplikacija kao što je pružanje podrške djeci kod nekih terapija ili podučavanje stranih jezika.

iPal robot najviše sliči Teletubiesima jer na trbuhu ima televiziju, a igra s njim najsličnija je onoj kao da gledate dijete kako se igra s Teletubiesima (slika 6). Moguće mu je zadati i funkciju drugih aplikacija kao što je pružanje podrške djeci kod nekih terapija ili podučavanje stranih jezika (*Ostrem, 2018.*).



Slika 6. Prijatelji u budućnosti – dijete i robot

Figure 6. Future friends – child and robot

Sve je češća pojava **robota trgovca na burzama**. Oni su brži, sposobniji prepoznati rast cijene te postići bolje financijske rezultate (*Lipnjak, Pap, 2018.*). U zagrebačkom Kaptol centru 14. studenoga 2017. održana je konferencija Future of Fintech. Predsjednik upravnog vijeća Hrvatske agencije za nadzor financijskih usluga (HANFA) Petar-Pierre Matek govorio je o trgovanju na burzama koje sve više preuzimaju roboti. Oni su brži, oni su sposobniji prepoznati rast cijene koji će biti kratkoročan, pa se ne isplati, ili su ga čak u stanju sami proi-

zvesti da navuku druge kako bi kupili skuplje, a poslije gubili. Može im se suprotstaviti samo ako se zaposli drugi robot (*mreza.bug., 2019.*).

## Vojni roboti

Već danas se ratovi vode pomoću robota. Robotizirani čuvari granica, dronovi i bespilotna vozila već se naveliko upotrebljavaju. Veliki broj korišten je za vrijeme rata u Iraku i Afganistanu, kao i u Siriji. Sutrašnji ratovi mogli bi biti i s robotima vojnicima, koji se razvijaju na zapadu kao i na istoku, poput onog u SAD-u nazvanog *Atlas* (*Nikolić, 2017.*).

Na nedavnoj konferenciji u Stockholmu skupina poznatih tehnolidera, među kojima i Elon Musk, deklarativno se obvezala štiti čovječanstvo od autonomnih vojnih sustava. Smatraju da korištenje autonomnih vojnih letjelica i sustava koji koriste UI za biranje mete predstavlja moralnu prijetnju. Traži se da takva oružja svrstaju u istu kategoriju u kojoj su kemijska oružja. Pozivaju se vlade i čelnici država da stvore snažne međunarodne standarde, propise i zakone protiv ubojitih autonomnih vojnih sustava. Ostaje neizvjesno koliki će biti stvarni utjecaj ovog projekta. Naime, projekti UI razvijaju se diljem svijeta, a pitanje je koliko su države zainteresirane da donesu takve zakone. Posebno se to odnosi na Ameriku i Kinu. Te dvije velesile iznimno puno ulažu u takve tehnologije i malo je vjerojatno da bi sami sebi postavili ograničenja. Osobito je kontroverzan američki projekt uporabe bespilotnih letjelica koje se već godinama koriste u vojnim sukobima (*Lijović, 2018.*).

Već odavno se koriste bespilotne letjelice, ne samo za izviđanje već i za vojno djelovanje te pametne navođene bombe. Za izviđanje terena danas se sve više upotrebljavaju dronovi u obliku letećih kukaca, razvijeni 2008. godine. Razvoj je obuhvatio cijelu seriju robota veličine od 2 do 20 cm kako bi u okolišu izgledali sasvim prirodno i bili teško uništivi jer su mali cilj. Dronom se upravlja bežično pomoću laptopa. Mogu biti opremljeni otrovnim kemikalijama za onesposobljavanje neprijatelja, zapaljivim materijalom ili eksplozivom, a uz to precizno ciljaju mete (*Nikolić, 2017.*).

## PROCJENA RIZIKA

U skladu sa Zakonom o zaštiti na radu te Pravilnikom o izradi procjene rizika, identifikaciju opasnosti i procjenu rizika obvezno je izraditi za sve poslove i mjesta rada pa tako i za ona mjesta rada uz robote. Procjena rizika je postupak kojim se utvrđuje razina opasnosti, štetnosti i napora u smislu nastanka ozljede na radu, profesionalne bolesti, bolesti u svezi s radom te poremećaja u procesu rada koji bi mogao izazvati štetne posljedice za sigurnost i zdravlje radnika. Pravilnikom se propisuju uvjeti, način i metoda izrade procjene rizika, obvezni sadržaji obuhvaćeni procjenom i podaci na kojima se procjena rizika temelji te klasifikacija opasnosti, štetnosti i napora na radu i u vezi s radom.

Potrebno je, dakle, predvidjeti potrebne fizičke barijere za rad s robotima i dodatne sigurnosne elemente te osposobiti radnike za rad na siguran način. Implementiranje svih dodatnih aktivnosti predviđenih međunarodnom normom ISO 45000:2018 za sustav upravljanja zaštitom zdravlja i sigurnošću na radu pridonosi dodatnom osiguranju mjesta rada uz robote (*Lipnjak, Pap, 2019.*).

## HRVATSKA I ROBOTIKA

Prema pokazateljima Hrvatska je pri dnu među članicama EU-a u broju robota na 10.000 zaposlenih.

Međutim, iako je Hrvatska za začetku u EU, ima svijetlih primjera koji dokazuju da se na području robotike postižu odlični rezultati. Hrvatski mladi robotičari osvajaju zlatne medalje bez obzira na nedovoljna financijska sredstva. Već spomenuti robot RONNA na vrhu je svjetskih dostignuća.

Guverner HNB-a Boris Vujčić izjavio je na konferenciji „Hrvatska kakvu trebamo“ u lipnju 2018. da smatra kako će za pet do deset godina problem nedostatka radne snage ukloniti robotizacija (*Šunjerga, 2018.*).

Hrvatska ima inovativnih kompanija i inovativnih ljudi, ali Vlada još nije usmjerena na nove tehnologije te se nisu potpisale deklaracije na Balkan Summitu u Skopju 2018. godine. Od če-

tiri deklaracije posvećene novim tehnologijama Hrvatska je pred potpisivanjem samo jedne – one o e-zdravstvu. Deklaraciju o suradnji na polju umjetne inteligencije potpisale su 24 zemlje. Radi se o svojevrsnoj podršci i timskom pristupu tehnologijama koje su već zaživjele i koriste se u većoj mjeri i na produktivniji način, jer je UI pravi pokretač ekonomskog rasta, digitalizacije industrije i društva u cjelini. Međutim, primjena UI nailazi na niz prepreka počevši od regulative, edukacije, etičkih dilema (*Ivančić, 2018.*).

Boris Drilo, predsjednik Udruge ICT-a pri Hrvatskoj udruzi poslodavaca (HUP) smatra da bi se digitalnom transformacijom, koja je podloga za UI i robotiku, mogli u Hrvatskoj uključiti mnogi ljudi te značajno promijeniti način obavljanja poslova primjenom digitalnih tehnologija. Vlada RH najavila je nacionalnu strategiju digitalizacije gospodarstva koja bi mogla povećati BDP za oko 11 %. Bez obzira na to što politika sa sobom nosi i socijalnu komponentu te postoji strah od nezaposlenosti, iz provedene studije vidi se da digitalna transformacija ne donosi povećanje nezaposlenosti. Činjenica je da će neki radni zadaci nestati, ali ukupan broj poslova za koje će trebati radnici u konačnici je veći. Odlazak radnika iz države očit je kao i demografski problem. Digitalna transformacija može tu pomoći. S atraktivnim poslovima moglo bi se zadržati više mladih u zemlji. Robotizacija dijela poslova u turizmu i poljoprivredi također može značajno poboljšati te grane. U ICT sektoru u Hrvatskoj ima 35 tisuća zaposlenih te ostalih ICT stručnjaka još približno toliko. U Hrvatskoj je 1,3 milijuna zaposlenih, a teorija kaže da bi za digitalnu transformaciju trebala kritična masa od 15 % ljudi s ICT vještinama. To znači minimalno 200 tisuća stručnjaka, a poželjno je 400 tisuća. Zato HUP ICT smatra da nije dovoljno samo poboljšati obrazovni sustav, već treba intenzivno raditi i na prekvalifikacijama (*Ivezić, 2018.*).

Tvrtka **Rimac Automobili** testira autonomno vozilo na zagrebačkim cestama. Vozilo kontrolira integralni sustav UI. Primarno se testira na zatvorenim cestama, poligonima i stazama. Na javnim prometnicama testira se uz nadzor vozača koji je u svakom trenutku spreman preuzeti vožnju. Vozilo je opremljeno s 8 kamera, 6 radara, 12 ultrazvučnih senzora, ima inercijalne jedinice za mjerenje, precizni GPS te superračunalo (*Arežina, 2018.*).



U prometu treba očekivati nastavak testiranja samovoznih automobila, kamiona i vlakova, ali i dronova.

## BUDUĆNOST RADNIH MJESTA

Sve su učestalija predviđanja kako će digitalizacija, automatizacija i robotizacija u svim područjima ljudske djelatnosti dovesti do nestanka brojnih radnih mjesta. Bankomati su smanjili broj službenika na šalterima banaka, automati u samoposluživanjima zamjenjuju osobe na blagajnama, a govorni automati djelatnike pri telefonu u službama za korisnike. U proizvodnim linijama brojnih tvornica roboti su zamijenili radnike na mnogim ponavljajućim poslovima koji zahtijevaju veliku preciznost. Internetska kupnja ubrzo istiskuje prodavače u trgovinama, samovozeća vozila mogla bi ugroziti profesionalne vozače i taksiste, a dronovi dostavljače. Čak i dizajneri, marketinški stručnjaci i brokeri na burzi bivaju zamijenjeni UI i moćnim računalima. Pritom je zanimljivo da automatizacija ne prijeti samo zanimanjima za koje je potreban kraći obrazovni put te niži stupanj osposobljenosti i kompetencija. Primjerice, robotska kirurgija danas postiže uistinu nevjerovatnu preciznost potrebnu u određenim specifičnim medicinskim indikacijama, dok interaktivni, multimedijски videotečajevi na internetu, izrađeni u vrhunskoj produkciji, nadmašuju prenošenje znanja koje sveučilišni profesor može prenijeti svojim studentima u klasičnoj predavaonici. Obiteljske liječnike koji se fokusiraju na dijagnosticiranje znanih bolesti i propisivanje poznatih terapija vjerojatno će zamijeniti robotski liječnici. Medicinske sestre, s druge strane, trebaju dobre motoričke i emocionalne sposobnosti kako bi dale bolnu injekciju, zamijenile zavoj ili zaustavile nasilnog pacijenta. Stoga će robotski obiteljski liječnik biti na raspolaganju vjerojatno mnogo prije nego robotska medicinska sestra (*Harari, 2018.*).

Umjetna inteligencija je čitanjem i obradom teksta milijuna knjiga, a zatim i temeljitom analizom strukture priča koje se ljudima najviše sviđaju, počela samostalno pisati i prve romane i filmske scenarije (*Rudan, 2017.*).

Istraživanje Oksfordskog sveučilišta pokazuje da će do 2033. godine 47 % sadašnjih poslova

biti zamijenjeno automatizacijom, računalima i robotima. Nastat će potreba za novim zanimanjima i vrstama poslova, prije svega kreativnim, ali i onima povezanim s novim tehnologijama. Globalni trendovi pokazuju da će se do 2050. godine drastično smanjiti broj zaposlenih u izradi materijalnih dobara jer će ih zamijeniti roboti. S druge strane, procjenjuje se da će se otvoriti tri milijuna radnih mjesta kao posljedica korištenja milijun robota (*Nikolić, 2015.*).

Tehnološke vještine, kreativnost i prilagodba novim situacijama ključni su za rad u budućnosti. U politici, biznisu, obrazovanju, zaštiti okoliša i dr. opstat će samo oni koji će se znati kreativno suočiti s novonastalim problemima. Focusov poslovni filozof Bernhard von Mutius temelji te tvrdnje na tri ključne pretpostavke. Naime, sadašnje vrijeme nije samo vrijeme tehnološkog napretka nego i socijalnih i kulturoloških promjena u kojima se mijenja način ljudskog razmišljanja, rada i učenja. Ulaganje u osobni razvoj, znanje i kompetencije razuman su izbor za mnoge mlade ljude koji danas pokušavaju definirati svoj životni put (*Harari, 2018.*).

Među znanstvenicima tehničkih struka, ali i biologima, sociolozima, psiholozima i pravnicima vode se rasprave o tome što donose nove tehnologije i što će one značiti za čovječanstvo. Postavljaju se pitanja hoće li te nove tehnologije utjecati na razdvajanje i otuđivanje ljudi pa čak i na međusobnu netoleranciju. Hoće li biti moguće da se samo pritiskom tipke ili mišlju mogu ostvarivati ljudske želje i potrebe, možda čak birati prijatelja ili partnera. Trebat će vremena da se promjene prihvate, ali neće ga biti, jer razvoj ide naprijed sve bržim koracima. Brzi razvoj ukazuje da bi se učenici i studenti već danas trebali pripremati za poslove i tehnologije koje još ne postoje i trebali bi se osposobljavati za uspješno rješavanje problema koji slijede u budućnosti (*Nikolić, 2018.*).

Stephen Hawking, Elon Musk, Steve Wozniak, Bill Gates i mnogi drugi znanstvenici izrazili su posljednjih godina zabrinutost zbog sigurnosti koju donosi UI i robotika. Naime, iako roboti ne mogu pokazivati emocije poput ljubavi ili mržnje pa nije niti za očekivati da budu namjerno dobromamjerni ili zlonamjerni, određene osobe mogle bi ih programirati tako da imaju razarajuće učin-

ke. Stoga ostaje na društvu da definira kako robote koristiti, tako da već u svijetu mnogo stručnjaka radi na etičkim, sigurnosnim i pravnim aspektima razvoja i istraživanja na području UI odnosno robotike (Bertović, Skračić, 2018.).

Širenje primjene UI vruća je društvena tema. Prema riječima prof. Jerbića, stvarno inteligentan robot bi trebao biti sposoban izgraditi model samog sebe. Nema straha da će roboti imati visoku kognitivnu funkciju, a trenutna istraživanja temelje se na kognitivnom funkcioniranju robota u okolini. Profesor drži da će doći do integracije, odnosno do robotizacije čovjeka i biologizacije robota, a pitanje je gdje će se oni spojiti (Jerbić, 2018.).

Strojevi koji će imati inteligenciju razvijeniju i neovisnu o čovjeku na najvišem su mjestu ljestvice egzistencijalnih rizika. Bude li se UI razvijala brzinom usporedivom s industrijskom i poljoprivrednom revolucijom, može se očekivati da se njezin razvoj neće zaustaviti tako lako. Posebna opasnost jest u činjenici kako rizik od UI povećava sve ostale rizike. Procjenjuje se kako će roboti do 2075. godine raspolagati sa 90 % ljudske inteligencije.

Kao i prethodne i ova četvrta tehnološka revolucija temeljena na UI sučeljava se s pitanjima i strahovima. Umjesto straha koji ona donosi, potrebno je prepoznati rizike te djelovati na njihovom uklanjanju. Naime, posljednjih 50 godina istraživanja i razvoja u području UI postavili su temelje za rastući ubrzani napredak. Predviđa se da će ulaganja u razvoj UI sustava porasti za 380 % u sljedeće tri godine s prošlogodišnjih 12 milijardi dolara na 57,6 milijardi. Europska komisija također prati zbivanja u području UI, i to ne samo s tehničkog, nego osobito s etičkog, sigurnosnog i društvenog stajališta (Lijović, 2018.).

U sklopu Partnerstva za umjetnu inteligenciju (PAI) donesen je prvi paket etičkih smjernica za UI razvoj (Vrbanus, 2018.).

Očekujući velik utjecaj novih informacijskih i komunikacijskih tehnologija na zaštitu zdravlja i sigurnost na radu, Europska agencija za zaštitu zdravlja na radu (EU-OSHA) provodi projekt koji bi trebao pokazati koji će utjecaj navedene tehnologije imati na zaštitu na radu. Projekt zasnovan

na nekoliko scenarija trebao bi također ukazati na rizike za zdravlje radnika koje novi oblici rada donose (EU-OSHA, 2017.).

## ZAKLJUČAK

Očekuje se još brži razvoj robotike u budućnosti. Kontinuiranim povećanjem sposobnosti umjetne inteligencije projekti dobivaju nove mogućnosti, roboti zamjenjuju radnike na mnogim zahtjevnijim poslovima, javljaju se nove ideje za potpuno nove tehnologije. Primjena robota omogućava jeftiniju i pouzdaniju proizvodnju, ali ujedno čini i nepotrebnim rad na opasnim poslovima koji mogu ugroziti život i zdravlje radnika. Robotika donosi relativan rast u potražnji za visokoobrazovanim radnicima i smanjuje potražnju za niže obrazovanim radnicima koji obavljaju rutinske kognitivne i manualne zadatke. Osim pozitivnih doprinosa robota postoji i strah za budućnost zbog gubitka posla, ali i zbog sve veće dehumanizacije života. Među znanstvenicima tehničkih struka, ali i biologima, sociolozima, psiholozima i pravnicima vode se rasprave o tome što donose nove tehnologije i što će one značiti za čovječanstvo. Napredak se ne može zaustaviti, treba mu se prilagoditi. Potrebno je donijeti smjernice ne samo s tehničkog, nego osobito s etičkog, sigurnosnog i društvenog stajališta. Zato bi već danas trebalo odrediti pravila rada i ponašanja za budućnost koja nije tako daleka u kojoj će dominantnu ulogu u novim društvenim odnosima imati roboetika i prava robota.

## LITERATURA

Arežina, B.: Rimac u Zagrebu testira vozila s autonomnom tehnologijom, *Poslovni vjesnik*, 2018., dostupno na: <https://net.hr/danas/hrvatska/uzbudljiva-vijest-iz-rimac-automobila-na-ulicama-zagreba-testiraju-autonomno-vozilo-pogledajte-kako-to-izgleda/>, pristupljeno: 2.10.2019.

Bertović Skračić, Z.: *Nepredvidiva UI*, Grazia, Mediatop International d.o.o., Zagreb, 2018.

*Druga i treća generacija*, dostupno na: <https://sites.google.com/site/asfsgfdsgdfas/home/dru-ga-generacija/treca-generacija>, pristupljeno: 7.1.2020.

*EU-OSHA*, dostupno na: <https://osha.europa.eu/en/tools-and-publications/publications/key-trends-and-drivers-change-information-and-communication>, pristupljeno: 2.10.2017.

*EU-OSHA*, dostupno na: <https://osha.europa.eu/hr/tools-and-publications/publications/future-work-robotics/view>, pristupljeno: 2.10.2019.

Harari, Y.N.: *21 lekcija za 21. stoljeće*, Fokus komunikacije, Zagreb, 2018.

Hrvatska norma HRN ISO 45001:2018 en *Sustavi upravljanja zaštitom zdravlja i sigurnosti na radu – Zahtjevi s uputama za uporabu (ISO 45001:2018)*.

ISO/IEC 9506-3:1991,; *industrial automation systems — manufacturing message specification — part 3: companion standard for robotics*

Ivančić, T.: Digitalne teme dolaze na kapaljku, Western Balkans Digital Summit, *Večernji list*, 2018.

Ivezić, B.: Digitalna transformacija ne donosi povećanje nezaposlenosti, *Večernji list*, 2018., dostupno na: <https://www.vecernji.hr/techsci/digitalna-transformacija-boris-drilo-1235989>, pristupljeno: 2.10.2019.

Jerbić, B.: Kognitivni roboti i kako (pre)živjeti s njima, *Lider konferencija*, 2017., dostupno na: <https://konferencije.lider.media/4ir/wp-content/uploads/sites/116/.../a1-Jerbic.pdf>, pristupljeno: 7.1.2020.

Lijović, D.: Stop robotima rata, *Večernji list*, 22.7.2018., dostupno na: <https://www.pressreader.com/croatia/vecernji-list/hrvatska/20180722/281930248767913>, pristupljeno: 7.1.2020.

Lijović, D.: AI je onoliko dobar koliko su dobri i podaci na kojima se trenira, *Večernji list*, 27.3.2018., dostupno na: <https://www.vecernji.hr/techsci/umjetna-inteligencija-francesca-rossi-ibm-1235971>, pristupljeno: 7.1.2020.

Lipnjak, G.: Razvoj robotike i budućnost rada, *20. međunarodni simpozij o kvaliteti "Kvaliteta – jučer, danas, sutra"*, Pula, 20.-22.3.2019., Zbornik radova, 2019.

Lipnjak, G., Pap, Z.: Radna mjesta u budućnosti uz robotiku, *10. Konferencija o društveno od-*

*govornom poslovanju*, Zagreb, 20.-21.11.2018., Zbornik radova, 195-208. Hrvatski poslovni savjet za održivi razvoj, 2018.

Lipnjak, G., Pap, Z.: Robotika u službi zaštite na radu, *7. Međunarodni stručno-znanstveni skup "Zaštita na radu i zaštita zdravlja"*, Zadar, 12.-15.9.2018., Zbornik radova, 104-109., Veleučilište u Karlovcu, 2018.

Malisa, V.: Industrija 4.0 i digitalizacija, *IX. savjetovanje Zaštita na radu u regiji Alpe-Jadran*, Opatija, travanj 2019.

Mijović, B.: Umjetna inteligencija i robotika u službi zaštite na radu, *Stručni skup – Kako dodatno unaprijediti zaštitu zdravlja na radu*, Zagreb, 28.3.2019, Zbornik radova, 3-9. Hrvatska udruga za zdravo radno mjesto, 2019.

Nikolić, G.: Razvoj robota i promjene koje one donose, *Polytechnic&Design*, vol. 3, 2015., 3.

Nikolić, G.: Roboti i sigurnost na radu, *Stručni skup – Zaštita zdravlja i sigurnost na radu*, Zagreb, 18.5.2017., Zbornik radova, 3-10. Hrvatska udruga za zdravo radno mjesto, 2017.

Ostrem, J.: *The AvatarMind iPal Robot for Children*, 2018., dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=jxXmcVkJH8Tk>, pristupljeno: 7.1.2020.

*Pravilnik o izradi procjene rizika*, N.N., br. 71/14.

*Reuters*, ABB's robot YuMi takes center stage in Pisa, conducts Andrea Bocelli and Lucca Symphony Orchestra, dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=fohc1Qg-rQU>, pristupljeno: 7.1.2020.

*Robot trgovac na burzama*, dostupno na: <https://mreza.bug.hr/konferencija-f2-future-of-fintech-privremeno-utazila-glad-za-temama-iz-financijske-tehnologije>, pristupljeno: 7.1.2020.

Rudan, I.: Analiza Igora Rudana, Pripremite se! Stižu umjetna inteligencija, redefinicija novca, mijenjanje genetskih uputa... *Večernji list*, 2.1.2018.

Rudan, I.: Umjetni „instinkti“ nadmašuju ljudske opterećene prošlošću, *Večernji list*, 10.12.2017.

Rudež, T.: Robot neurokirurg iz KB-a Dubrava osvojio nagradu u Londonu, *Jutarnji list*, 27. 6.2018.

Šnajder, J.: Za 50 godina umjetna inteligencija još neće biti nadmoćnija od ljudske, Pogled u budućnost 2068., brošura, 41-65, *Večernji list*, 13.5.2019.

Šunjerga, M.: Robotizacija će ukloniti problem nedostatka radne snage, panel –rasprava konferencije Hrvatska kakvu trebamo, *Večernji list*, 2018.

Vrbanus, S.: IT velikani osnovali partnerstvo za umjetnu inteligenciju, *BUG*, 2016., dostupno na: <https://www.bug.hr/vijesti/it-velikani-osnovali-partnerstvo-umjetnu-inteli/156043.aspx>, pristupljeno: 7.1.2020.

*Zakon o zaštiti na radu*, N.N., br. 71/14., 118/14., 94/18.

*Youtube*, dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=2Bu-gl7v-P8>, pristupljeno: 7.1.2020.

## ROBOTICS AS PART OF OCCUPATIONAL SAFETY

*SUMMARY: Artificial intelligence and robotics are increasingly used in the conception of the modern workplace. Workers' health, apart from long-known methods, is increasingly being ensured and upgraded using new technological solutions. Robots based on the so-called poor artificial intelligence have been used in industry for decades, and lately sophisticated advanced robots have been developed that are used in medicine, research, traffic, transportation. In jobs where there is a danger to the health of workers, often occupational safety regulations restrict the implementation of the measures designed to increase productivity. Robots do both, i.e. increase productivity and eliminate imminent danger to the workers. Service robots are used in homes, offices, schools, shops, etc. Social robots are in direct contact with people helping them with their daily work. The paper presents some of the possibilities of using a robot as well as the benefits of robotics, primarily in the function of health and safety at work. Data for the paper were collected from scientific journals, books and various conference proceedings, as well as from lectures held by scientists in the field of robotics development. Certain scientists ask questions about the future of work and life in general, and express concerns about the unknown that await man, society, and the environment. The chief question is whether these new technologies may effect separation, alienation and even intolerance among people.*

**Key words:** *artificial intelligence, robotics, workplace, occupational health and safety*

*Subject review  
Received: 2019-10-11  
Accepted: 2020-02-03*