

PRIMJENA ROBOTIKE IZ PERSPEKTIVE ZAŠTITE NA RADU

Bešlić, Luka

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:356920>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

PRIMJENA ROBOTIKE IZ PERSPEKTIVE ZAŠTITE NA RADU

Bešlić, Luka

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:356920>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2023-02-10**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Veleučilište u Karlovcu

Odjel Sigurnosti i zaštite

Specijalistički diplomski stručni studij Sigurnosti i zaštite

Luka Bešlić

PRIMJENA ROBOTIKE IZ PERSPEKTIVE ZAŠTITE NA RADU

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2022.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional graduate study of Safety and Protection

Luka Bešlić

**APPLICATION OF ROBOTICS FROM
THE PERSPECTIVE OF SAFETY AT
WORK**

FINAL PAPER

Karlovac, 2022

Veleučilište u Karlovcu

Odjel Sigurnosti i zaštite

Specijalistički diplomski stručni studij Sigurnosti i zaštite

Luka Bešlić

PRIMJENA ROBOTIKE IZ PERSPEKTIVE ZAŠTITE NA RADU

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

dr. sc. Damir Kralj, prof. v. š.

Karlovac, 2022.

PREDGOVOR

Ovaj rad sam izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studiranja, dostupne pisane i mrežne izvore te koristeći vlastita iskustva.

Prvenstveno bih se htio zahvaliti profesoru dr.sc. Damiru Kralju na prihvaćanju mentorstva, također i na kvalitetnim savjetima, smjernicama i stručnom znanju koji su mi pomogli prilikom izrade rada. Hvala profesorima Specijalističkog diplomskog stručnog studija Sigurnosti i zaštite na prenesenom znanju.

Zahvaljujem se obitelji koja mi je bila podrška i financijski pomagala tijekom studiranja.

SAŽETAK

U ovom diplomskom radu obrađena je tematika primjene robotike na sigurnost na radu. U početnom dijelu rada govorim općenito o robotima i njihovom razvoju kroz povijest. Nadalje, obrađeni su pojedini roboti ili robotski sustavi, koji moraju imati prednost pred ljudima u obavljanu radnih zadataka zbog opasnosti koje se mogu pojaviti na pojedinim radnim mjestima ili raditi zajedno s ljudima, poput kolaborativnih robota, zbog efikasnije izrade radnih zadataka. Prilikom rada s robotima mogu se pojaviti određeni rizici koje otklanjamo potrebnim mjerama zaštite ukoliko je to moguće, izradom procjene rizika, osposobljavanjem radnika te održavanjem robotskih sustava. Pravno reguliranje odgovornosti po pitanju nezgoda pri radu s robotima je nedorečeno, stoga zakone treba uskladiti s trenutnim tehnološkim napretkom. Osvrnuo sam se na budućnost ljudskog rada uslijed robotizacije te na položaj Hrvatske po pitanju robotike.

Ključne riječi: robotika, roboti, sigurnost, zaštita na radu, mjere zaštite

SUMMARY

In this thesis, the topic of the application of robotics to safety at work is discussed. In the initial part of the paper, I talk in general about robots and their development through history. Furthermore, certain robots or robotic systems that must take precedence over humans in performing work tasks due to the hazards that may occur in certain workplaces or work together with humans such as collaborative robots for efficiency. When working with robots, certain risks may arise, which we eliminate with the necessary safety measures, if possible, by making a risk assessment, training workers and maintaining robotic systems. Law regulation of liability in the event of accidents when working with robots is unclear, so laws need to be aligned with current technological progress. I commented on the future of human labor due to robotics and Croatia's position on robotics.

Keywords: robotics, robots, safety, safety at work, safety measures

SADRŽAJ

ZADATAK ZAVRŠNOG / DIPLOMSKOG RADA	I
PREDGOVOR.....	II
SAŽETAK	III
SUMMARY	III
SADRŽAJ	IV
1. UVOD.....	1
2. POVIJEST ROBOTA.....	2
3. OPĆENITO O ROBOTIMA	5
3.1. Industrijski roboti	7
3.2. Medicinski roboti.....	9
3.3. Kolaborativni roboti	12
3.4. Logistički roboti - Gideon Brothers	15
3.5. Tvrtka Dok - Ing	18
4. ZAŠTITA NA RADU S ROBOTIMA	21
4.1. Mjere zaštite radnog prostora robota.....	22
4.2. Procjena rizika	25
4.3. Osposobljavanje radnika	25
4.4. Održavanje robotskih sustava	26
4.5. Pravno reguliranje - pitanje odgovornosti	28
5. BUDUĆNOST LJUDSKOG RADA I POSLJEDICE	29
6. HRVATSKA I ROBOTIKA.....	33
7. ZAKLJUČAK.....	38
8. LITERATURA.....	40
9. PRILOZI	43
9.1. Popis slika	43
9.2. Popis tablica	43

1. 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.*” [cit.1] Upravo iz tog razloga sam se odlučio za temu robotike, jer je već sad uveliko prisutna i nitko od nas ne može predvidjeti do kojeg stupnja će se razvijati, odnosno hoće li uopće razvoj robotike na nekoj razini prestati. Primjena robota je prisutna u svim područjima ljudske djelatnosti i smatra se jednim od najznačajnijih pravaca razvoja čovječanstva u 21. stoljeću.

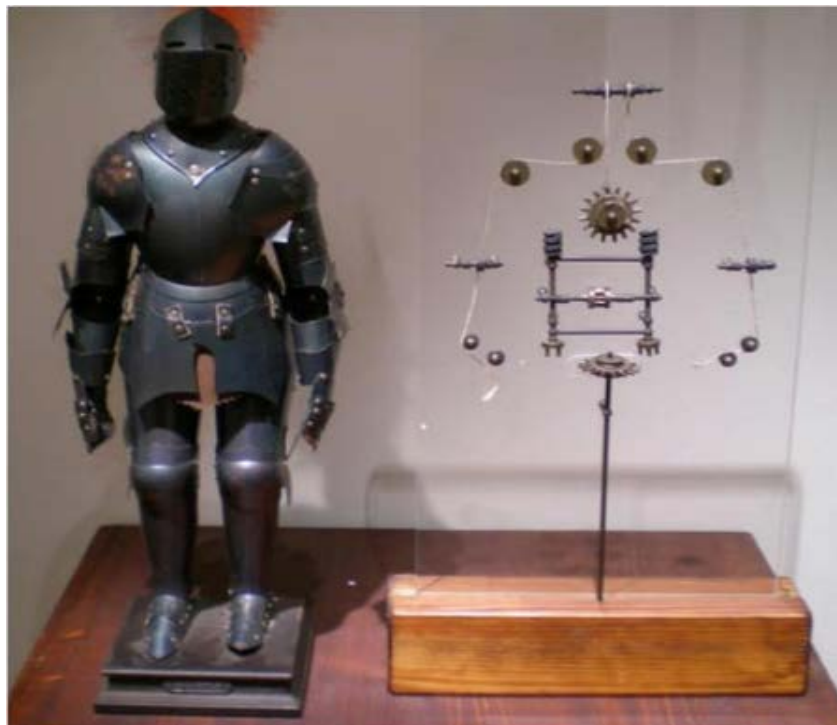
Cilj rada je ukazati na prednosti primjene robota, jer njihovom primjenom otklanjamo opasnosti u radnom okolišu koje su štetne za čovjeka, također i sami roboti mogu izazvati neke opasnosti, koje oni donose sa sobom, u pogledu sigurnosti i zaštite na radu te ih otklanjamo potrebnim mjerama zaštite. Uz sve sposobnosti s kojima jedan robot raspolaže, on ipak još nije dovoljno inteligentan i ne može raditi bez određene ljudske intervencije. Sigurnost uporabe robota možemo promatrati sa dva stajališta:

1. S jedne strane, uporaba robota sa stajališta sigurnosti za čovjeka je pozitivna, jer roboti obavljaju poslove koji su opasni za zdravlje i život ljudi;
2. S druge strane, njihova primjena izaziva određene rizike sa stajališta sigurnosti ljudi - posebnu pozornost treba posvetiti pitanju sigurnosti čovjeka u samom radnom prostoru robota

Tijekom izrade rada, glavna metoda istraživanja i prikupljanja materijala zasnivala se na pisanim i mrežnim izvorima, kako na samostalno prikupljenim materijalima, tako i na materijalima dobivenim od mentora.

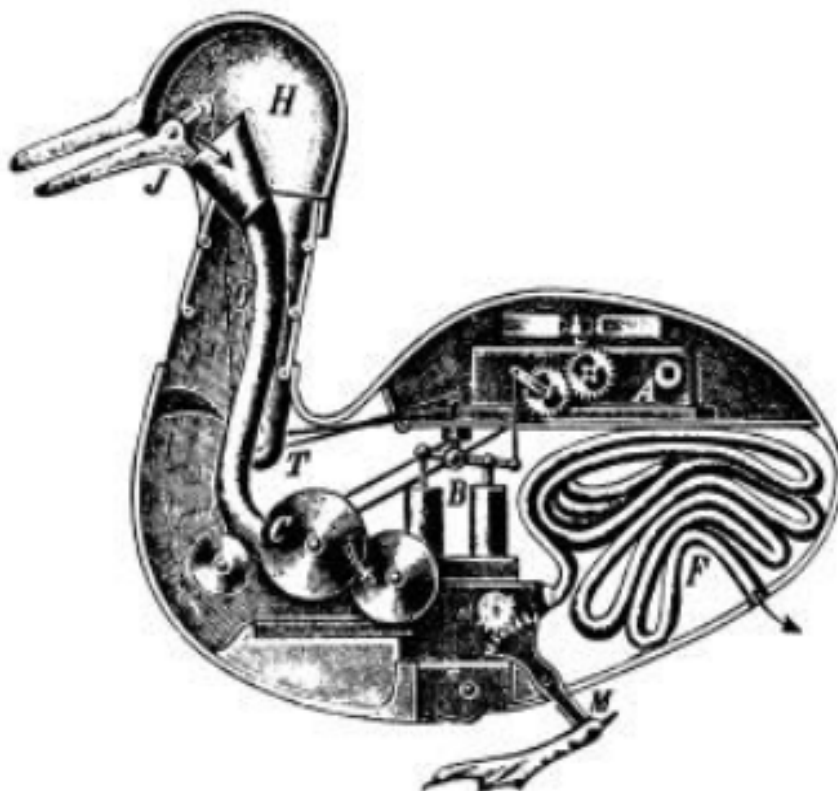
2. POVIJEST ROBOTA

Roboti su ljudima bili i uvijek će biti vječna okupacija. Razvoj robota je iniciran željom čovjeka da netko drugi umjesto njega radi, uglavnom teške i zamorne poslove. Kroz povijest se taj problem rješavao na razne načine - robovi, kmetovi, ali bilo je i nastojanja koja su išla u pravcu da se taj problem riješi uz pomoć tehnike. Izraz „robot“ prvi je put upotrijebljen 1920. u drami „Rossumovi univerzalni roboti“, češkog pisca znanstvene fantastike Karel Čapek. U ovoj drami su opisana bića slična ljudima, ali bez emocija. Riječ robot dolazi od dvije češke riječi: rabota (obavezan rad) i robotnik (sluga). Prvi pravi oblici robota javljaju se krajem 15. stoljeća kada je Leonardo da Vinci izradio mehaničkog lava u prirodnoj veličini za kralja Luju XII. Lav je bio opremljen mehanizmom koji je otvarao njegov trup kako bi pokazao stilizirane ljljane u čast Francuske monarhije. Jedan od prvih nacrti modernog doba također je izradio Leonardo da Vinci oko 1495. godine. Njegov robotski vitez sastojao se od oklopa u prirodnoj veličini, prijenosnih kotača, zupčanika, kablova, koji su mu trebali omogućiti samostalno izvođenje pokreta kao što su pomicanje udova i glave, ali se ne zna da li je dizajn ikada izrađen u to vrijeme. Na slici 1. prikazan je robotski vitez koji je izrađen na osnovu nacrti i nalazi se u muzeju u Berlinu. [2]



Slika 1. Robotski vitez Leonarda da Vincija [2]

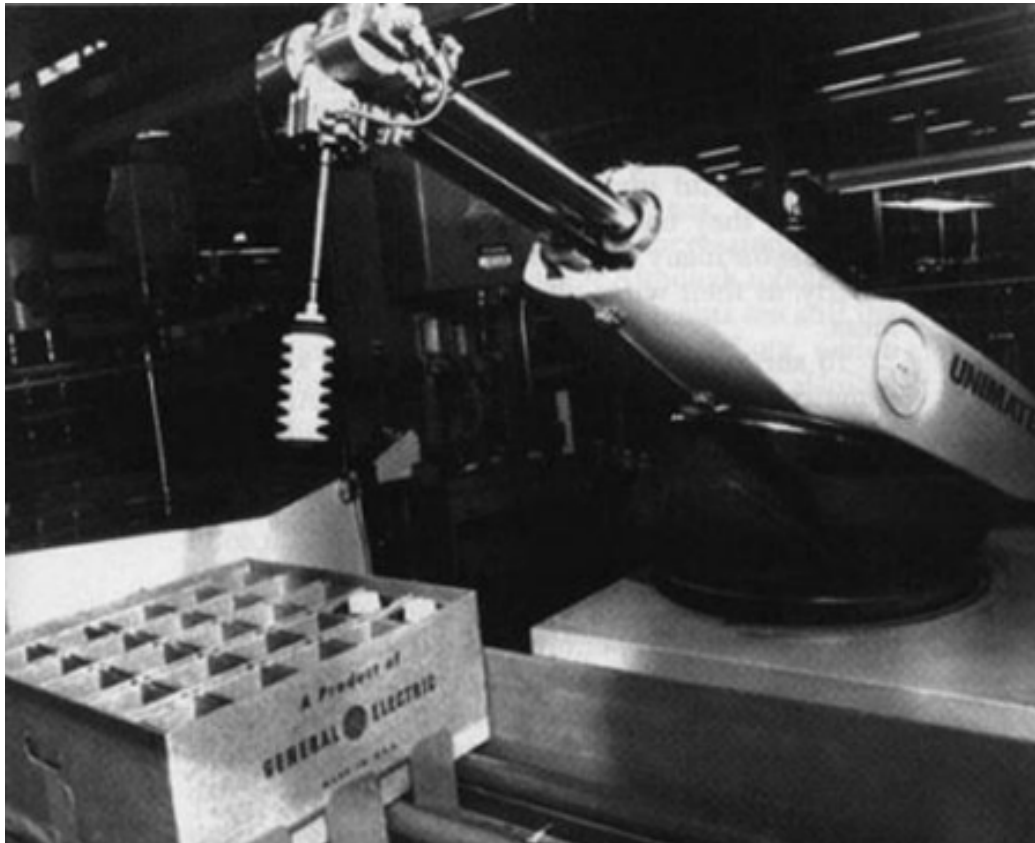
U periodu između 1500. - 1800. godine izrađeni su mnogi automati koji su bili sposobni glumiti, crtati, letjeti i svirati glazbu. Vrhunac u tom period predstavlja "*The Digestin Duck*", automat Jacquesa de Vaucansona, izrađen 1739. godine. Mogao je oponašati let pokrećući krila, jesti zrnje, "probaviti ga" i izbaciti iz sustava. Patka, prikazana na slici 2, se pokretala pomoću utega.



Slika 2. Prikaz unutrašnjosti patke [3]

Pisac znanstvene fantastike Isaac Asimov, tvorac izraza "robotika", svojim je romanima još 1956. godine potaknuo Josepha Engelbergera da svoju tvrtku Unimation pretvori u tvrtku za poslovnu primjenu robota. To je očito bio jako dobar savjet, jer je i danas tvrtka Unimation jedna od vodećih proizvođača industrijskih robota. Prvi pravi industrijski roboti korišteni su u Fordovim tvornicama radi povećanja učinkovitosti proizvodnje. Bili su to numeričko upravljani strojevi za obradu metala, koji su prvobitno bili programirani pomoću bušenih kartica, a kasnije elektroničkim računalom. Pojavio se problem vremenskih zastoja robota iz razloga što se prijenos dijelova između strojeva obavljao ručno. Taj problem je riješio George Devol koji je 1954. godine uspostavio patent za

"programirani prijenos dijelova". U suradnji s Josephom Engelbergom izumio je robotsku ruku Unimate (slika 3) s glavnom zadaćom premještanja dijelova, koja je u kombinaciji s pokretnom trakom povećavala produktivnost u proizvodnji.



Slika 3. Prvi industrijski robot Unimate [4]

Nakon Fordovog primjera uspješnog uvođenja robota u proizvodni sustav, razvoj i primjena robota krenula je širom svijeta. Jedna od najrazvijenijih industrijskih zemalja je bio Japan koji je najspretnije prihvatio robote. Kawasaki Heavy Industries je već 1968. godine od tvrtke Unimation otkupio licencu i nastaje Japanska udruga industrijskih robota. Nedugo nakon toga osniva se Američki institut za robotiku, a 1977. godine i Britansko udruženje za robote. U Hrvatskoj je tek kasne 1994. godine osnovano Hrvatsko društvo za robotiku. Japan je i danas vodeći po broju instaliranih robota i procjena je da se tamo nalazi više od polovice ukupnog broja robota. [4]

3. OPĆENITO O ROBOTIMA

U današnje vrijeme roboti obavljaju vrlo različite zadatke. Konstruirani su s ciljem da zamjene čovjeka u njegovim svakodnevnim, monotonim, teškim i opasnim poslovima. Roboti se mogu podijeliti u generacije koje su definirane prema složenosti informatičkog sustava i stupnju inteligencije na:

1. Roboti prve generacije ili programski roboti - imali su mogućnost upravljanja sa svakim stupnjem slobode kretanja, poslije programiranja robot ponavlja jednu te istu radnju kao npr. putanja ili zahvat, posjedovali su najnužniju sensoriku i memoriju u koju je pohranjen program. Znatno su zaostajali u spretnosti i pokretljivosti u odnosu na čovjekovu ruku. Djelotvorno su mogli obavljati samo niskokvalificirani rad kao što su pomoćne operacije kod prešanja, zavarivanja i alatnih strojeva.
2. Roboti druge generacije ili adaptivni roboti - imaju mogućnost fleksibilne izmjene programa kretanja u suglasnosti sa stvarnom situacijom, zahvaljujući ugrađenim mikroprocesorskim sustavima, odnosno sensorima. Sensori su primali informacije iz okoline, obrađivali te generirali signal adaptivnog upravljanja. U tim slučajevima već je riječ o regulaciji s povratnom vezom. Uz pamćenje, roboti su imali mogućnost donošenja jednostavne logičke odluke: da ili ne.
3. Roboti treće generacije ili inteligentni robotski sustavi - bazirani na elementima umjetne inteligencije. Opremljeni su svim sustavima za raspoznavanje i računalima nove generacije. Za umjetnu inteligenciju je najbitnija mogućnost učenja odnosno povezivanja novih iskustava s postojećim znanjem tako da robot samostalno reagira na utjecaje iz okoline bez programske upute. [5]

Za razliku od računala, gdje nova generacija smjenjuje staru, kod robota su i dalje prisutne sve generacije, ali svaka od njih ima neku sebi svojstvenu primjenu.

Prema vrsti pogona roboti se dijele na:

1. Električne - koriste se električni motori – istosmjerni, izmjenični i koračni, relativno su jeftini, s velikom brzinom i točnosti te je kod njih moguća primjena složenih algoritama upravljanja.
2. Pneumatske - imaju relativno nisku cijenu i veliku brzinu rada, a ne onečišćuju okolinu pa su pogodni za laboratorijski rad. Takvi pogoni nisu pogodni za rad s velikim teretima, jer je zbog stlačivosti zraka nemoguće mirno održavati željeni

položaj. Uz to su bučni, a potrebno je i dodatno filtriranje i sušenje zraka zbog nepoželjne prašine i vlage.

3. Hidraulične - takvi pogoni imaju zadovoljavajuću brzinu rada, a zbog nestlačivosti ulja moguće je mirno održavanje položaja i kod rada s većim teretima. Glavni nedostaci tih motora su visoke cijene, buka i onečišćavanje okoline zbog mogućeg istjecanja ulja. [4]

Usporedba pogonskih sustava s obzirom na točnost pozicioniranja, nosivost i brzinu dana je u Tablici 1.

Tablica 1. Usporedba pogonskih sustava [5]

VRSTA POGONA	NOSIVOST (kg)	TAČNOST POZICIONIRANJA (mm)	BRZINA (m/s)
PNEUMATSKI	0,2 – 15	±0,1 – 1,0	0,3 – 1,0
HIDRAULIČNI	40 – 500	±0,1 – 2,0	0,75 – 5,0
ELEKTRIČNI	1 - 100	±0,02 – 1	0,5 - 10

Shvaćajući interakciju prirode i tehnike, slavni je pisac Isac Aasimov 1942. godine osmislio u svojim knjigama četiri zakona robotike koji bi trebali spriječiti moguće probleme:

- Nulti zakon - robot ne smije naškoditi čovjeku, ni svojom neaktivnošću dopustiti njegovu ugrozu.
- Prvi zakon - robot ne smije ozlijediti čovjeka, ni svojom neaktivnošću dopustiti da ljudsko biće bude ozlijeđeno.
- Drugi zakon - robot mora slušati čovjekove naredbe, osim u slučaju kad bi te naredbe kršile prvi zakon.
- Treći zakon - robot mora štiti sebe, osim kad bi to kršilo prvi i drugi zakon.

U novije vrijeme nastaju još neki dodatni zakoni:

- Meta zakon - robot ne smije djelovati ako to djelovanje nije u skladu sa zakonima robotike.

- Četvrti zakon - robot mora izvršavati radnje za koje je programiran, osim ako te radnje nisu u sukobu sa zakonima robotike.
- Zakon reprodukcije - robot ne smije sudjelovati u konstruiranju i proizvodnji robota.

Nažalost, koliko god se ovi "zakoni" činili logičnima, predloženi zakoni su teško provedivi u stvarnom svijetu. Već danas brojni napredni roboti koji su našli primjenu u vojnoj industriji izravno krše prvi zakon robotike. [6]

3.1. Industrijski roboti

Prema međunarodnom standardu ISO, industrijski robot se definira kao automatsko upravljani, reprogramabilni, višenamjenski manipulator s tri ili više osi, koji može biti fiksiran za tlo ili mobilan. Suvremena proizvodnja znatno se automatizira zbog velike dostupnosti robota na tržištu odnosno sve manje i manje njihove cijene. Osnovni razlozi za automatizacijom procesa proizvodnje su:

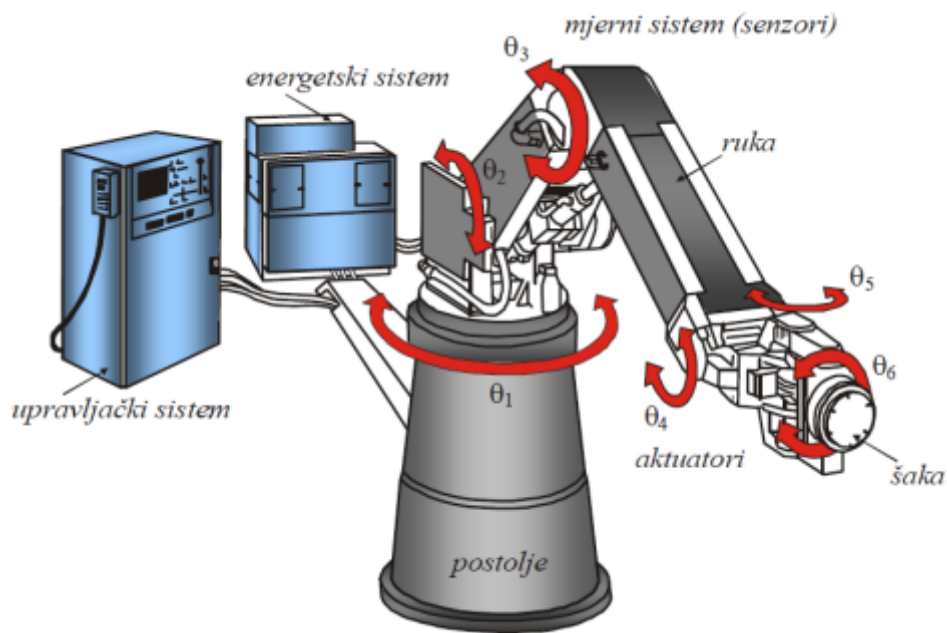
- zahtjevi za efikasnijom proizvodnjom što će rezultirati nižom cijenom proizvoda
- zadovoljavanje ujednačene kvalitete usklađene sa zahtjevima tržišta
- prilagodljivost proizvoda zahtjevima tržišta

Primjena industrijskih robota dovodi do povećanja produktivnosti proizvodnog procesa, povećanje kvalitete izrade proizvoda i smanjenje škarta. Uvođenjem robota u proizvodni proces radnici se oslobađaju teškog fizičkog posla i premještaju se iz opasne radne sredine po zdravlje u ugodnija radna mjesta upravljanja strojevima.

Na slici 4 prikazani su osnovni dijelovi industrijskog robota.

Glavni dijelovi industrijskog robota:

1. Mehanička struktura - sastoji se od niza krutih segmenata povezanih pomoću zglobova, ponašanje robota određeno je rukom koja osigurava pokretljivost, ručnim zglobovom koji daje okretljivost i vrhom manipulatora koji izvršava operacije koje se zahtijevaju od samog robota.
2. Aktuatori odnosno pogoni - postavljaju manipulator u određeni položaj pomicanjem zglobova.
3. Senzori - detektiraju status manipulatora, također ako je potrebno i status okoline.
4. Sustav upravljanja odnosno računalo - omogućuje upravljanje i nadzor kretanja manipulatora.



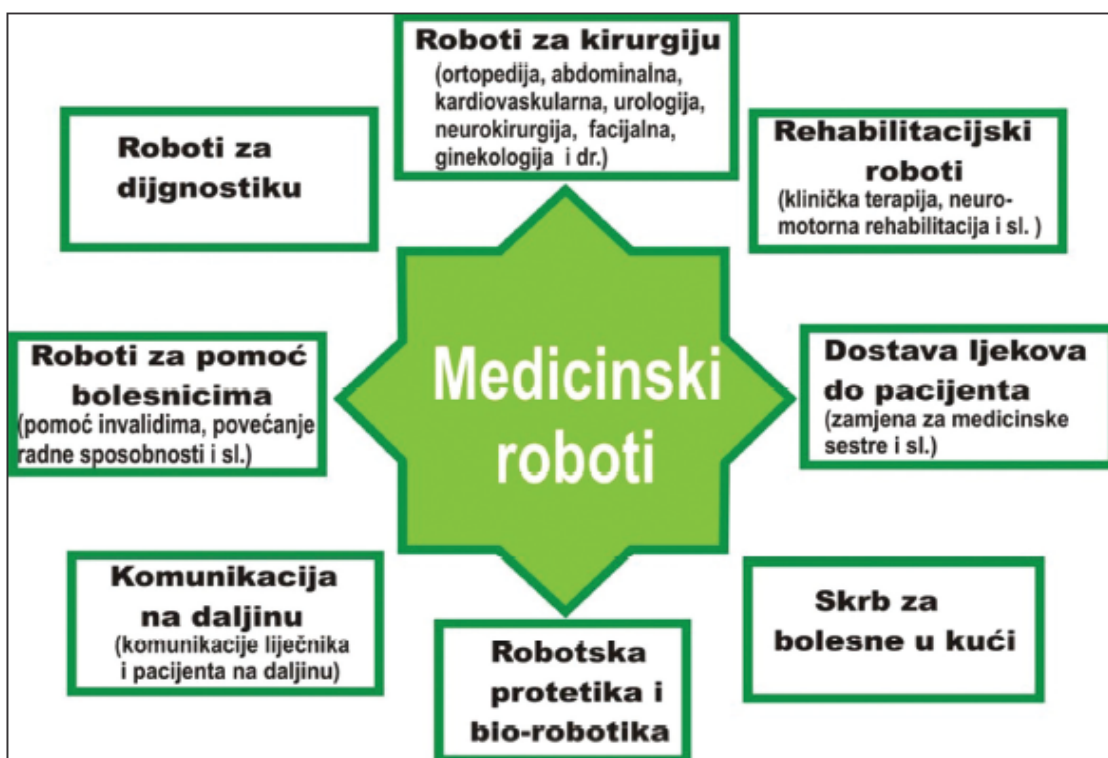
Slika 4. Prikaz industrijskog robota s osnovnim dijelovima [5]

Današnja područja primjene robota u industriji mogu se podijeliti u četiri kategorije:

- Transport materijala i posluživanje strojeva - ekonomičnost i produktivnost proizvodnog procesa uvelike ovisi o transportu materijala, jer u slučaju da stroj nije opskrbljen ulaznim materijalom, stroj će stajati.
- Procesna industrija - odnosi se na sam rad na proizvodu odnosno postupci obrade proizvoda. Obično se tu radi o "prljavim" poslovima u atmosferama opasnim po ljudsko zdravlje. Stoga se upotrebom robota u ovim poslovima postižu velike uštede, jer im nije potrebno osigurati posebne uvjete rada (npr. nabava osobnih zaštitnih sredstava poput zaštitnih maski prilikom lakiranja), a zbog preciznosti i ponovljivosti broj loših komada se svodi na minimum.
- Operacija montaže - poslovi pri kojima do izražaja dolazi velika preciznost i brzina robota što čovjek svojim radom ne može postići u kontinuitetu.
- Operacija kontrole kvalitete - automatska kontrola geometrijskih oblika, mase, dimenzije, kvalitete površine. Prednosti upotrebe su poboljšana točnost mjerenja, povećana brzina mjerenja te automatsko pamćenje i obrada podataka. [4]

3.2. Medicinski roboti

Povijest primjene robota u medicini je u usponu zadnjih dvadesetak godina i ima sve značajniji utjecaj. Medicinski roboti odličan su primjer sinergije medicine i tehnike u svrhu sigurnosti pacijenata. Razvoj medicinskih robota usmjeren je u skoro sva područja medicine kao što je prikazano na slici 5. Prednosti primjene robotike u medicini su: veća kvaliteta rada i produktivnost, povećana sigurnost i izbjegavanje rizika, povećana operativnost, fleksibilnost itd.



Slika 5. Područja razvoja medicinskih robota [7]

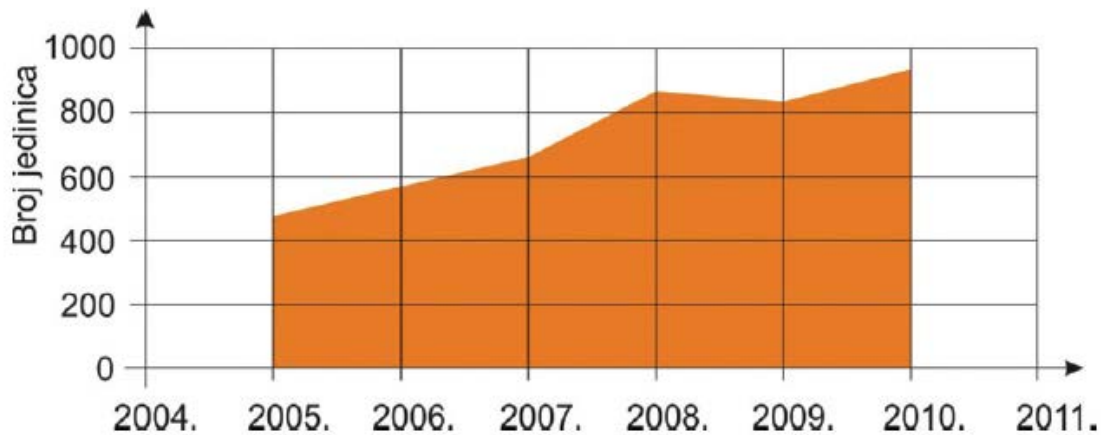
Pod pojmom medicinski roboti najčešće se podrazumijeva kirurški robot. Kirurški roboti omogućavaju veću preciznost, manju invazivnost te shodno tome kraći oporavak i bolje rezultate liječenja. Direktnim daljinskim rukovanjem ili računalom potpomognutim upravljanjem, kirurg izvodi pokrete na upravljačkoj konzoli sustava, a robotske ruke izvršavaju te pokrete koristeći instrumente u stvarnom kirurškom pokretu na pacijentu. Kod računalno upravljanih sustava kirurg upravljačku konzolu može koristiti sa bilo koje lokacije. U ovom trenutku najpoznatiji kirurški sustav je Da Vinci [7] koji se sastoji od kirurške konzole obično smještene u istoj prostoriji s operacijskim stolom s četiri interaktivne robotske ruke.

Jedan od najznačajnijih medicinskih robota razvijen je u Hrvatskoj. Radi se o RONNA (RObotska Neuro NAVigacija) [7] neurokirurškom robotu koji se od 2016. koristi u KB Dubrava. RONNA, prikazan na slici 6, predstavlja novu aplikaciju robotike koristeći nove metode temeljene na dvoručnoj konfiguraciji te eliminira ručno podešavanje uređaja i ljudske pogreške. Roboti (dvije ruke) surađuju jedan s drugim, tako da se naporne procedure, koje teško može izvesti kirurg, mogu lako obaviti robotom asistentom na jednostavan, brži i precizniji način. Način rada s dvije ruke osigurava veću stabilnost i krutost kinematičkih lanaca robota. U sam robot su integrirane kognitivne sposobnosti da prepozna namjere kirurga, predvidi redosljed operacija, prepozna okolinu i svoj prostor djelovanja. Pouzdanost se ostvaruje optičkim nadzorom i/ili paralelnim odvijanjem dva nezavisna programa. Skraćuje operativne zahvate, a operacije koje traju pet ili više sati reducira na oko jedan sat što predstavlja manju traumu za pacijenta i omogućuje brži oporavak. [7]



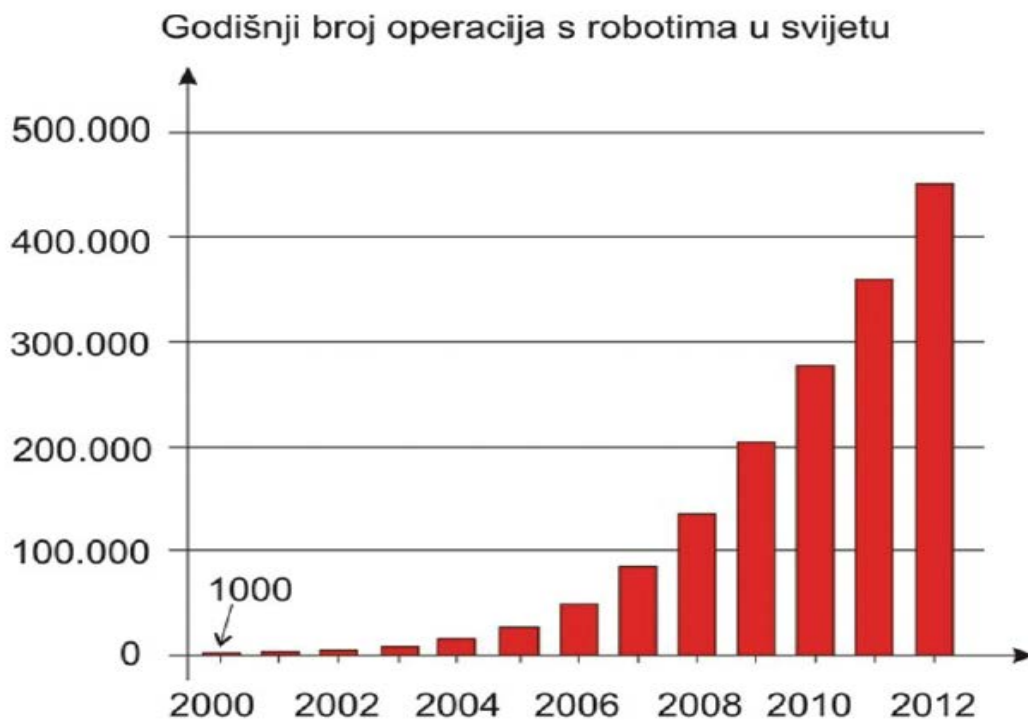
Slika 6. Neurokirurški robot RONNA [8]

Na slici 7 prikazan je rast primjene robota u medicini temeljem podataka UNECE (Ekonomске komisije pri UN-u za Europu) i IFR (International Federation of Robotics).



Slika 7. Prikaz rasta primjene robota u medicini [7]

Zbog sve veće primjene robota u medicini povećao se i broj operacija koje su izvršene uz pomoć robota, stoga na slici 8 vidimo da je u razdoblju od 2000. do 2012. godine izrazito povećanje broja ovakvih operacija. Danas su te brojke i znatno veće.



Slika 8. Godišnji broj operacija s robotima u svijetu u razdoblju 2000. - 2012. [7]

Robotizacija dijagnostičkih i terapijskih uređaja postupke čini jednostavnijim, bržim i lakšim, skraćuje vrijeme dijagnosticiranja i terapije te daje bolji prostorni položaj bolesti

što rezultira uspješnijom terapijom. Još jedna posljedica robotizacije je veća efikasnost u postupcima, manje stresa u radu i zadovoljnije zdravstveno osoblje. [9]

3.3. Kolaborativni roboti

Kolaborativni roboti su oblik robota posebno dizajniran za izravnu interakciju s ljudima unutar definiranog zajedničkog radnog prostora. Omogućuju istovremeni rad robota i čovjeka bez opasnosti da dođe do ozljeđivanja radnika. Roboti se odlikuju jednostavnim i ponavljajućim operacijama dok čovjek posjeduje mentalne sposobnosti koje omogućuju razumijevanje i prilagođavanje potrebama i radnim zadacima. Upravo iz ovih razloga, kombinacija ljudi i robota može značajno poboljšati učinkovitost rada. Suradnja čovjek-robot omogućuje različite stupnjeve automatizacije i ljudske intervencije. Također same operacije ne moraju nužno biti potpuno automatizirane ako takvo rješenje nije ekonomično ili je previše složeno, stoga se sami rad raspoređuje na čovjeka i robota, odnosno djelomično ga automatiziramo.

Većina naprednih tehnologija i dalje zahtijevaju pretjerana ulaganja za mala i srednja poduzeća, ali kolaborativni roboti su sve rašireniji prvenstveno zbog njihove pristupačnosti i naglasku na sigurnost. U današnje vrijeme ljudi mogu raditi s kolaborativnim robotima bez potrebe za sigurnosnim ogradama ili označenim dijelovima na podovima što je temeljna značajka njihove kolaborativne prirode. Kolaborativni roboti nisu predviđeni da u potpunosti zamjene radnike, nego da skupa s radnikom izvršavaju potrebne zadatke bez potrebe za dodatnim sigurnosnim mjerama. [10]

Prema međunarodnim standardima ISO 10218 postoje četiri vrste kolaborativnih značajki robota:

1. sigurnosno zaustavljanje praćenjem stanja;
2. ručno vođenje;
3. nadgledanje brzine i odvijanja;
4. ograničenje snage i sile.

Sigurnosno zaustavljanje koristi se kad robot radi samostalno, ali uz povremenu intervenciju čovjeka u radnom prostoru. Npr. kada se određena operacija na izratku mora izvesti u radnom prostoru robota, robot manipulira teškim dijelom dok čovjek obavlja sekundarne operacije u prostoru robota, a u slučaju da čovjek uđe u zabranjenu zonu tada će se robot momentalno zaustaviti i prekinuti svoj rad.

Ručno vođenje, prikazano na slici 9, je aplikacija koja se koristi za rukovođenje i preciznije pamćenje putanje. Ova značajka se koristi za brzo memoriranje puta koji robot mora prijeći kroz određenu putanju.



Slika 9. Ručno vođenje robota [3]

Kod nadgledanja brzine i odvijanja postupka, robota zapravo prate laseri ili vidni sustavi koji prate poziciju radnika. Robot će djelovati prema funkcijama sigurnosne zone koje su već dizajnirane za njega. Ukoliko se čovjek nađe unutar određene sigurnosne zone, robot će na to odgovoriti prilagođavanjem svoje brzine ili će se skroz zaustaviti ukoliko mu se radnik previše približi.

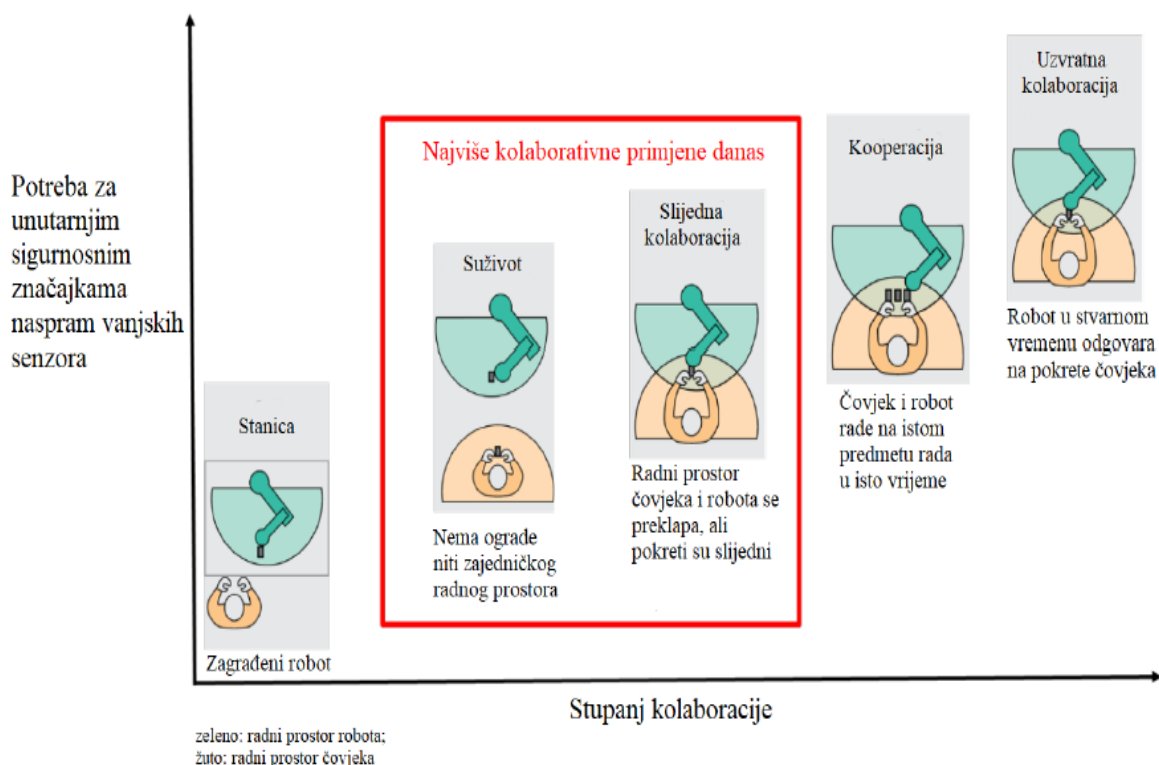
Kolaborativni roboti često se susreću s velikim silama tijekom operacija. Zbog toga je robot programiran tako da se zaustavi kad osjeti preopterećenje nekom silom.

Postoje inačice robota koje se nalaze u kavezu, kao u slučajevima kada se koriste opasni alati kao što su oštri noževi. Roboti čija je glavna zadaća prijenos teškog tereta također moraju biti u kavezima. Postoje dva temeljna pristupa za sigurnost robota. Prvi pristup temelji se na potpunoj sigurnosti, ako dođe do kontakta robota i čovjeka, robot automatski prestaje s radom. Ovaj pristup ograničava maksimalnu težinu kojom robot može manipulirati kao i brzinu kojom se može kretati. Drugi pristup temelji se na sensorima koji omogućuju rad s teškim predmetima i pri većim brzinama. Sensori osim što ukazuju na prisutnost čovjeka, imaju sposobnost točnog definiranja udaljenosti od robota. Ovime se postiže obustava rada u slučaju da je sigurnost čovjeka ugrožena. Kada čovjek izađe iz radnog prostora robota, robot automatski nastavlja s radom. Najvažniji dio robota u

pogledu sigurnosti je robotska ruka, jer u slučaju da operater stavlja određene dijelove direktno u robotsku ruku, ruka treba biti dizajnirana na način da ne može ozlijediti radnika ili da se robot u tom trenutku zaustavi, odnosno oduzmemo mu napajanje. [3]

Krajnji korisnici moraju izraditi procjenu rizika za točno određenu namjenu kako bi se zadovoljili zakonom propisani standardi za zdravlje i sigurnost. Procjena mora pokrivati cijelu upotrebu, uključujući radno okruženje robota, krajnjeg korisnika, alate, radne komande te ostale potencijalno opasne elemente poput kablova i rasvjete.

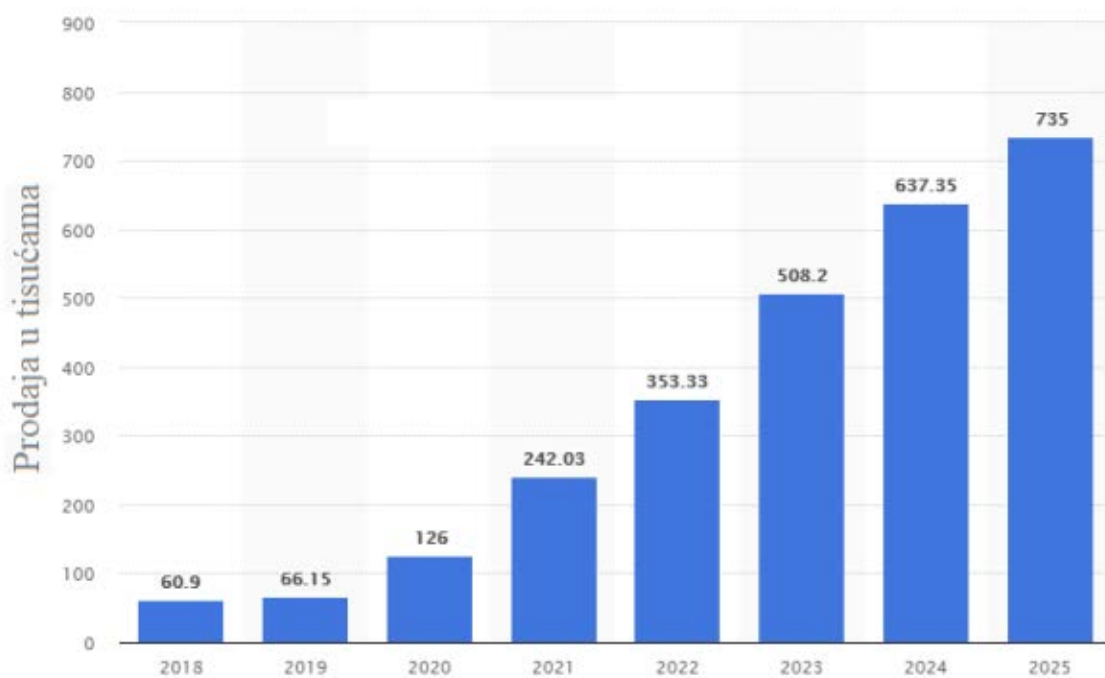
Kolaboracija čovjeka i robota može varirati od dijeljenog radnog prostora bez izravnog kontakta čovjeka i robota ili usklađenosti obavljanja zadataka do robota koji prilagođava svoje kretnje u realnom vremenu kako bi se uskladio s ljudskim radnikom. Na slici 10 prikazane su vrste kolaboracije. Najčešća primjena je gdje robot i radnik zajedno rade, obavljajući zadatke slijedom jedan iza drugog.



Slika 10. Vrste kolaboracije čovjek-robot [10]

Kolaborativna primjena omogućuje proizvođačima automatizaciju onih postupaka koji su naporni za ljude, od dohvatanja dijelova do provjere kvalitete, gdje je ljudima teško ostati dosljedan kroz duži vremenski period. Radnici s minimalnom edukacijom mogu

prenamijeniti robota za novi zadatak, što je važno za ona poduzeća kod kojih nije zastupljena masovna proizvodnja, nego često trebaju prenamijeniti robota za novu proizvodnu liniju. Ovakvi roboti su obično lagani te ih zbog toga možemo lako pomicati unutar tvornice na željeno mjesto. Kada su brzina i apsolutna preciznost osnovni kriterij automatizacije, nije vjerojatno da će kolaborativna primjena biti ekonomski opravdana. Međutim, i dalje postoje određeni poslovi koji su jednostavni za ljude, a komplicirani za automatizaciju, kao što je izuzimanje nesortiranih dijelova ili nepravilnih i savitljivih predmeta. Kolaborativna robotika omogućuje poboljšanje produktivnosti dopunjavanjem ljudskih vještina pomoću robota, ali i sprječava zdravstvene rizike poput kronične upale leđa koji su česti prilikom završnih operacija sklapanja u automobilskoj industriji. [10]



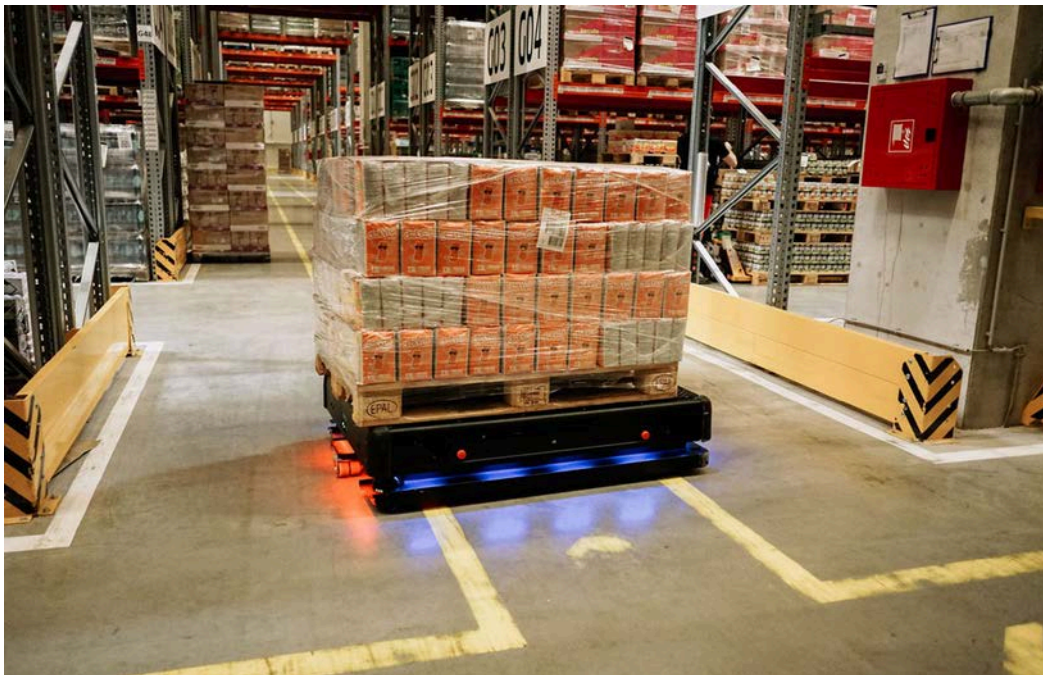
Slika 11. Procjena prodaje kolaborativnih robota [10]

Na slici 11 nalazi se prikaz procjene prodaje kolaborativnih robota. Tehnološki napredak senzora, hvataljki te povećana razina umjetne inteligencije, nudi obećavajuću perspektivu za širenje raspona onoga što je robot u stanju učiniti.

3.4. Logistički roboti - Gideon Brothers

Tvrtka Gideon Brothers, osnovana u Osijeku 2017. godine, krenula je kao startup na području robotike i umjetne inteligencije. Razvija i proizvodi mobilne robote za

manipulaciju teretom u skladištima. Tijekom razvoja, primjenu svojih rješenja su implementirali na logističkim robotima. U vrijeme razvoja bili su jedna od tri tvrtke u svijetu, a jedina u Europi koja je razvijala autonomiju robotskih jedinica na temelju računalnog vida. Računalni vid je kombinacija laserskog 2D radara i 3D kamere pomoću kojeg se dobiva vizualna percepcija. Tehnologija koja je razvijana u tvrtki nazvana je Advanced Visual Perception te njihovim robotima, opremljenim skupovima podataka, omogućava prepoznavanje okruženja, predmeta, osoba te čak i razumijevanje njihovih kretnji. To znači da umjetna inteligencija uzima u obzir vjerojatnost da se prepreka kreće ili će se pomaknuti u nekom trenutku i prema tome prilagođava svoju putanju kretanja. Prvi proizvod tvrtke Gideon Brothers, prikazan na slici 12, robot je za prijevoz paleta predstavljen 2018. godine.



Slika 12. Robot za prijevoz paleta [11]



Slika 13. Znak opasnosti - radno područje robota [11]

Postavljanjem znaka opasnosti, kao na slici 13, sprječavamo eventualne sudare između radnika i robota. Bez obzira na to što roboti mogu prepoznati da im se netko nalazi na putu, ovim znakom dodatno povećavamo sigurnost radnika. Znak moramo postaviti na vidljivo i uočljivo mjesto. Radno područje se označava trakama na podu kao što je prikazano na slici 12 u obliku žutih traka. Na taj način radnik je informiran da ne ulazi u to područje.

Ovaj robot je autonomni manipulativni robot sa raznim mogućnostima nadogradnje. Opremljen je škarastim sistemom za manipulaciju paleta, kontejnera ili kaveza nosivosti do 800 kilograma. Robot se u radu oslanja na 2D LiDAR (eng. *Light detection and ranging*) senzor i 3D kamere koje su razvijene unutar tvrtke, jer niti jedna kamera na tržištu nije odgovarala potrebnim zahtjevima. Uz kamere robot ima pokrivenost od 360° LiDAR senzorima sa sigurnosnim certifikatima, svjetlosni pojas, način rada, signalizaciju smjera i prilagodljiv audio signal što su dodatne značajke sigurnosti. Maksimalna brzina je 2 m/s, ali propisi ju ograničavaju na 1,39 m/s što je oko 5 km/h i u skladu je s našim

Pravilnikom o zaštiti na radu za mjesta rada. Roboti preventivno komuniciraju međusobno radi usklađivanja putanja kako bi se izbjegnuli zastoji.

Kombinacija softvera i hardvera, koju su razvili u ovoj tvrtki, omogućuje robotu da uoči prepreke koje LiDAR ne vidi, kao što su vilice praznog viljuškara. Prema pravilima sigurnosti na radu, kad viličar nište ne nosi, vilice se moraju postaviti u najniži mogući položaj koji ne ometa daljnju putanju robota i tada ih LiDAR jednostavno ne vidi. Još jedna značajka koja je jedinstvena jest sustav baterija koji omogućuje zamjenu tijekom rada i bez gašenja tako da je gubitak vremena zbog punjenja sveden na minimum.

Implementacija sustava, ovisno o potrebama i mogućnostima zainteresiranih, može se izvršiti u roku od tjedan dana, što uključuje opremanje i mapiranje prostora te edukaciju korisnika. Nakon početnog, odnosno osnovnog mapiranja prostora moguće je i naknadno nadopunjavanje prikupnih/dostavnih točki. Sama implementacija može ovisiti i o trećoj strani kao što je *wireless* infrastruktura o kojoj su autonomna rješenja ovisna. Multifunkcionalnost sustava očituje se u različitim područjima u kojima bi mogao biti primijenjen. U trenutnoj situaciji, kada smo suočeni s pandemijom, tvrtka je ponudila ovaj sustav s opcijom nadogradnje uređajima za dezinfekciju prostora skladišta, škola, bolnica, itd. [2]

3.5. Tvrtka Dok - Ing

Dok-Ing je poduzeće osnovano u Zagrebu 1991. godine, koje se bavi razvojem i proizvodnjom robotizirane opreme, strojeva, sustava za razminiranje te sustava u rudarstvu i vatrogastvu. U svojim počecima su prodavali, instalirali i servisirali sustave za satelitsku televiziju, videosustave i druge tehničke uređaje. Od 1996. usredotočili su se za provođenje humanitarnog razminiranja na području Republike Hrvatske i susjednih zemalja te su započeli razvoj daljinski upravljanih sustava za razminiranje. Tako je 1997. godine konstruirano daljinski upravljano protuminsko vozilo AMV za lociranje i detoniranje nagaznih mina. U suradnji za Ministarstvom znanosti, obrazovanja i sporta RH, Fakultetom elektrotehnike i računarstva te Međunarodnim centrom za humanitarno razminiranje, unaprjeđuju konstrukciju AMV-a i razvijaju laki sustav za razminiranje MV-4 i njegovu veću inačicu MV-10, koji su danas najpoznatiji strojevi za razminiranje i koriste se u oružanim snagama, humanitarnim organizacijama, vladinim agencijama i privatnim poduzećima u dvadesetak zemalja širom svijeta. S poslovnim partnerom iz Afrike razvijaju daljinski upravljani bager za podzemno kopanje rude u rudnicima platine

i kroma. Poslije je taj stroj prilagođen i za rad u građevinarstvu te za vojne i obrambene svrhe. Za gašenje požara u opasnim uvjetima i na nepristupačnim terenima osmišljen je vatrogasni sustav JELKA-4, a nešto kasnije po narudžbi Ruske Federacije i vatrogasni sustav JELKA-10 za gašenje požara u industrijskim objektima, tvornicama opasnog i eksplozivnog materijala te petrokemijskim postrojenjima. [12]

Godine 2013. dizajniran je i proizveden višenamjenski robotizirani protupožarni sustav MVF-5 [13]. Osnovna namjena mu je zamijeniti čovjeka u okolinama koje predstavljaju opasnost za život i zdravlje ljudi. Vozilo se može primijeniti za gašenje požara, za analizu područja opasnosti u industrijama kao što su kemijska, naftna te nuklearna, skladištima streljiva, obavljanje raznih poslova u šumama te u okolini u kojoj vlada velika temperatura. Na vozilu je ugrađen video sustav za nadzor kretanja vozila, sustav za gašenje požara, te alat za zahvaćanje ili guranje predmeta. Vozilom se upravlja daljinski putem upravljačke jedinice i na taj način osoba koja upravlja vozilom nalazi se izvan područja opasnosti, a upravljanje je moguće do 1500 metara. Neke od karakterističnih veličina samog stroja: duljina 3,8 metara, širina 2,18 metara, visina 1,95 metara, osnovna masa vozila iznosi 8.000 kilograma, a s prednjim alatom i punim spremnikom vode 10.500 kilograma. Na slici 14 prikazano je korištenje mlaza višenamjenskog robotiziranog sustava MVF-5.



Slika 14. Višenamjenski robotizirani protupožarni sustav MVF-5 [14]

Bacač vode ostvaruje domet mlaza vode do 55 metara, dok je domet mlaza pjene do 50 metara. Volumen spremnika vode je 2.000 litara, a može se dopunjavati iz nekog vanjskog izvora pomoću vatrogasnog vozila koji ima spremnik vode ili spajanjem na hidrantsku mrežu. Spremnik pjenila je 600 litara.



Slika 15. MVF-5 prikaz alata za zahvaćanje i guranje [14]

Na slici 15 prikazan je alat za zahvaćanje predmeta koji je ugrađen s prednje strane vozila. Maksimalan raspon otvaranja krakova je 180° , masa koja se može podići iznosi 2.000 kilograma, a maksimalna masa guranja alatom je 10.000 kilograma.

Na stražnjem dijelu vozila nalaze se LED bljeskajuća sigurnosna svjetla koja ukazuju da je vozilo u stanju upravljanja. Svjetla svojim signalom upozoravaju ljude da ostanu na sigurnosnoj udaljenosti od vozila te da mu se ne približavaju dok je u stanju upravljanja. Također, na stražnjoj strani imamo još jedno LED svjetlo koje je važno za čovjeka koji upravlja samim vozilo, jer nam to svjetlo ukazuje ukoliko dođe do kvara vozila, ali i prikazuje mu se pogreška na upravljačkoj jedinici, tako da postoji dvosmjerna komunikacija. [13]

4. ZAŠTITA NA RADU S ROBOTIMA

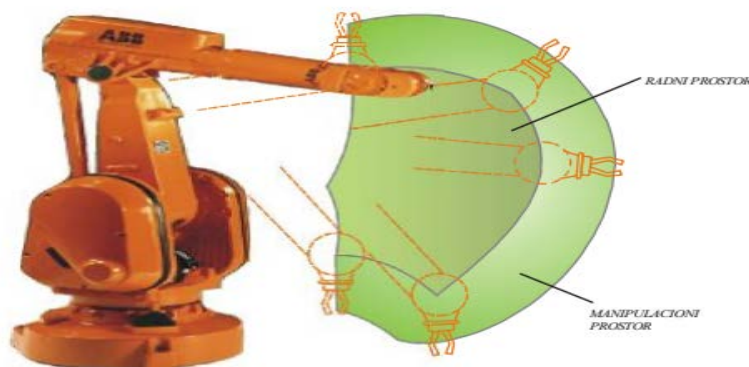
Svrha primjene robotike u zaštiti na radu je zamjena čovjeka robotom u obavljanju zamornih, ponavljajućih, opasnih i štetnih poslova za zdravlje kao što mogu biti:

- nepovoljni mikroklimatski uvjeti - hladnoća, visoka temperatura, buka;
- pojava opasnih plinova i kemikalija prilikom rada;
- rad u skućenim prostorima;
- razminiranje minskih sumnjivih područja;
- gašenje požara;
- stavljanje ulaznog materijala na proizvod - monotona operacija;
- opasnost od zračenja.

Primjenom robota smanjuju se fizički, ergonomske i psihosocijalni rizici. Svakako je potrebno voditi brigu o zaštiti zdravlja i sigurnosti pri radu s robotima. Pokreti robota mogu biti nepredvidivi i djelovati "mrtvo", a ustvari robot čeka određeni senzorski podatak kao npr:

- kada se vraća s kraja programa na početak ili na novi program;
- nakon prekida napajanja vraća se u početni položaj;
- zbog kvara na softveru ili mehaničkoj strukturi.

Glavni rizik, odnosno najveća opasnost pri radu s robotima je sami radni i manipulacijski prostor robota koji su prikazani na slici 16. Sposobnost robota da se kreće u slobodnom prostoru i izvodi neočekivana kretanja, može izazvati rizike za radnike koji se nalaze u radnom prostoru robota. Zbog toga se mora izvršiti analiza rizika i njihova identifikacija tako da se mogu implementirati određene mjere zaštite za prevenciju nastanka ozljeda na radu.



Slika 16. Radni i manipulacijski prostor robota [5]

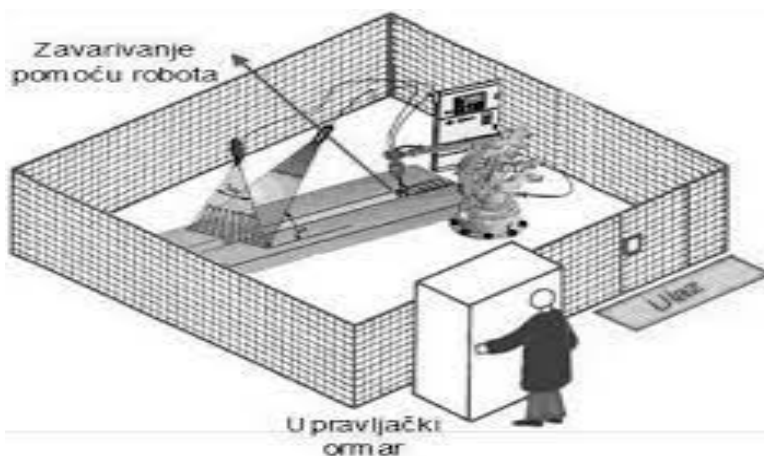
Tri osnovna potencijalna rizika povezana s primjenom robotskih sustava su:

1. udar - neočekivano kretanje robota, udar pri ispuštanju ili pad radnih komada;
2. hvatanje - može se pojaviti kod kretanja robota kad nema dovoljno prostora između radne opreme (strojevi, zaštitne ograde);
3. ostalo - uključuje opasnosti poput električnog udara, svjetlosni luk, zapaljivost, eksplozija, zračenje, otrovne tvari.

Svaki robot bez obzira u kojoj grani industrije se primjenjuju mora imati velike crvene tipke, tzv. gljive za sigurnosno zaustavljanje, moraju biti vidljive i smještene na dohvat ruke na upravljačkom pultu ili uređaju na daljinsko upravljane te moraju biti apsolutno pouzdane.

4.1. Mjere zaštite radnog prostora robota

Zaštita radnog prostora ima za cilj svesti potencijalne opasnosti na najmanju moguću mjeru. To se postiže projektiranjem robotskog sustava, osposobljavanjem radnika i nadgledanjem procesa. Osnovni oblik zaštite radnog prostora je upotreba mehaničkih barijera (slika 17) koja ne dopušta pristup u radni prostor robota sve dok se izvode operacije. Takva zaštita okružuje radni prostor robota ogradom s pristupnim vratima. Ograda treba biti dovoljna visoka da se spriječi ulazak u radni prostor robota, a vrata se mogu otvoriti tek kad je napajanje robota isključeno ili ako se otvore vrata prilikom rada robota, robot se mora odmah zaustaviti jer su vrata povezana s napajanjem robota. U nekim sustavima vrata imaju bravu koja tijekom rada robota zaključava vrata i otključava ju tek nakon što robot izvrši radne procese i vrati se u sigurnosni početni položaj.

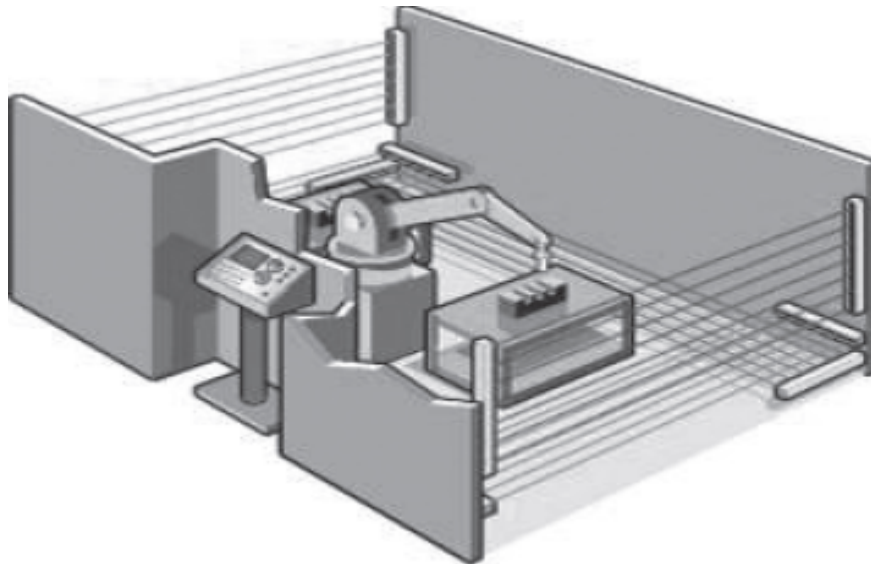


Slika 17.

mehaničkom barijerom [1]

Zaštita

Pored mehaničkih barijera koriste se i sigurnosne svjetlosne zavjese (slika 18) koje koriste zrake infracrvene svjetlosti za detekciju osoba koje su ušle u "zatvoreni" prostor robota. Sigurnosna zavjesa detektira sve što se nalazi u radnom prostoru robota i odmah zaustavlja rad ukoliko se netko nađe u radnom prostoru. Robot ne može biti reaktiviran sve dok radni prostor ne bude slobodan, a ponovno uključivanje robota obavlja osoba iz kontrolne sobe ili direktno na upravljačkom ormaru na ogradi. [1,15]



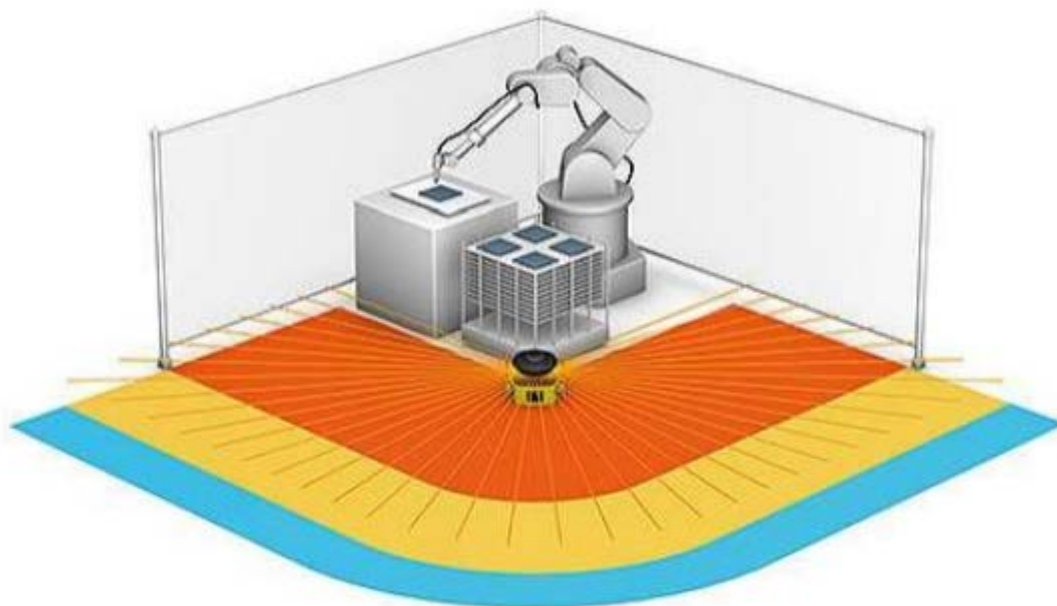
Slika 18. Zaštita sigurnosnom svjetlosnom zavjesom [1]

Postoje i sigurnosni podovi odnosno sigurnosna podloga (slika 19). To je uređaj za detekciju pritiska koji se sastoji od dvije vodljive ploče odvojene s tlačnim dielektričnim elementima. Kada se sigurnosni pod opteretiti dovoljnim opterećenjem, šalje signal upravljačkoj jedinici koja zaustavlja rad robota.



Slika 19. Sigurnosna podloga [16]

Kao mjera zaštite koriste se i uređaji za skeniranje površine. Sigurnosno laserski skeneri su optičko-elektronički uređaji koji odašilju infracrvenu svjetlost u luku širine minimalno 190°. Kada objekt uđe u lasersko polje, skener na temelju vremena potrebnog da difuzna reflektirana svjetlost od objekta dođe do senzora, izračuna udaljenost od skenera do objekta. Zbog toga je moguće definirati zonu upozorenja i zonu zaustavljanja robota u laserskom polju sigurnosnog skenera. Kada se osoba nalazi u zoni upozorenja (žuta boja na slici 20), robot nastavlja s radom ali sa smanjenom brzinom, a robot se zaustavlja ukoliko osoba uđe u zonu zaustavljanja (narančasta boja). [16]



Slika 20. Lasersko polje skenera [16]

Navedeni primjeri mjera zaštite radnog prostora robota ponajviše su primjenjivi za industrijske robote. Ove mjere teško da ćemo primjenjivati kod vojnih, logističkih ili medicinskih robota gdje čovjek u većini slučajeva zajedno s robotom obavlja operaciju, odnosno odvija se kolaboracija čovjek-robot. Zbog toga, ukoliko dođe do pokreta robota koje nismo očekivali, mora postojati gljiva koju sam već naveo u ovome radu i koja mora biti apsolutno pouzdana. Na primjer, prilikom razminiranja minski sumnjivog područja potpuno isključujemo korištenje mjera poput mehaničkih barijera. Ali, zato čovjek upravlja strojem putem konzole na sigurnosnoj udaljenosti i mora se obilježiti minski sumnjivi prostor kako civili ne bi nastradali.

4.2. Procjena rizika

Prilikom instaliranja robota u bilo koji proizvodni proces mora se provesti procjena rizika i definirati radni prostor da ne bi došlo do ozljeda radnika pri radu s robotom.

Prema Zakonu o zaštiti na radu te Pravilniku o izradi procjene rizika, identifikaciju opasnosti i procjenu rizika obavezno je izraditi za sve poslove i mjesta rada pa tako i za poslove i mjesta rada koja se odnose na robote. Procjena rizika je postupak kojim se utvrđuje razina opasnosti, štetnosti i napora u smislu nastanka ozljeda na radu, profesionalnih bolesti i bolesti u vezi s radom koje bi mogle izazvati štetne posljedice po zdravlje i sigurnost radnika.

Pravilnikom se propisuju uvjeti, načini i metode izrade procjene rizika, obavezni sadržaji obuhvaćeni procjenom i podaci na kojima se procjena rizika temelji te sama klasifikacija opasnosti, štetnosti i napora na radu i u vezi s radom.

Moraju se predvidjeti potrebne fizičke barijere za rad s robotima i dodatne sigurnosne elemente te nimalo nevažna stvar, a to je osposobiti radnike za rad na siguran način. Uvođenje dodatnih aktivnosti predviđenih međunarodnom normom ISO 45001 - Sustav upravljanja zaštitom zdravlja i sigurnosti na radu, pridonosi dodatnom povećanju sigurnosti rada koje se odnose na mjesta rada s robotima. [1]

4.3. Osposobljavanje radnika

Osposobljavanje radnika je izrazito važno za radnike koji će raditi na području gdje se primjenjuju roboti sa stajališta njihove sigurnosti prilikom programiranja, rukovanja ili održavanja robota. Prilikom osposobljavanja poseban fokus stavljen je na sigurnost, također se razmatra nove tehnologije primijenjene iz iskustva rukovatelja, programera i radnika na održavanju. Pri tome se radnik podsjeća na to da mora dobro poznavati sve radne aspekte robota uključujući poznavanje rizika, maksimalno kretanje u radnom prostoru, programiranje robota, gljivu u slučaju krajnje nužde i sigurnosne barijere, prije nego što započne operativni rad ili rad na održavanju. [15] Velika većina ljudi nema iskustva u interakciji s robotima, no to će se morati mijenjati i prilagoditi programe osposobljavanja trenutnom znanju koje posjeduje radnik. Programi osposobljavanja moraju se pružiti radnicima koji će programirati, održavati, dijeliti radno mjesto s robotom ili upravljati njime zajedno s robotom. Zbog razlike između područja primjene nije moguće pružiti identične smjernice za sigurnost i upravljanje rizikom.

4.4. Održavanje robotskih sustava

Jedan od glavnih ciljeva uvođenja robotskih sustava u industrijska postrojenja je zaštita radnika na opasnim i štetnim sredinama po zdravlje. Na takvim mjestima vrlo često upotrebljavamo robote koji su izloženi povišenim temperaturama, velikim količinama prašine ili štetnih plinova. Zbog toga, da bi robotski sustavi unatoč negativnim utjecajima iz okoline mogli izvršavati svoje zadatke u dužem vremenskom periodu, potrebno je posvetiti pažnju njihovom održavanju.

Održavanje je skup akcija s ciljem da se robot zadrži ili vrati u stanje u kojem izvršava zadanu funkciju. Pouzdanost robota je vjerojatnost da će cjelokupni sustav uspješno obaviti postavljeni zadatak unutar određenog razdoblja uz unaprijed određene radne uvjete. Što je niža pouzdanost robota, to su veći troškovi popravaka. Pouzdanost robota je rad bez kvarova, trajnost, prilagodljivost, pogodnost održavanja. Učestalost kvarova glavni je pokazatelj pouzdanosti.

Dvije osnovne metode održavanja su:

1. Preventivno održavanje - temelji se na izreci "bolje spriječiti nego liječiti", a redovitim pregledima i servisima ima za cilj sprječavanje nastanka kvara. Preventivno održavanje robotskih sustava obično vrši služba održavanja proizvođača robota prema ugovoru o održavanju koji se sklapa prilikom nabave robota. Radnici tvrtke koja proizvodi robote obilaze robotske sustave u dogovorenim vremenskim intervalima i provode mjere održavanja kao što su različita podmazivanja, čišćenje nepristupačnih dijelova, promjena ulja kod dijelova koji su podložni trenju, zamjena baterija kod upravljačkih jedinica.
2. Korektivno održavanje - podrazumijeva popravljavanje robota nakon nastanka kvara. U velikom broju slučajeva servis odnosno zamjena pojedinih dijelova robota vrši se tek nakon kvara što dovodi do višesatnog ili višednevnog zastoja u proizvodnji i izaziva velike gubitke.

Održavanje robotskih sustava dozvoljeno je samo stručnim radnicima na održavanju. Prilikom održavanja, robot je potrebno isključiti odnosno odvojiti od napona i osigurati da ga netko neovlašteno ne uključi te postaviti znakove opasnosti odnosno u ovome slučaju zabrane kao na slici 21. Znak se postavlja na robot ili na zid iznad robota tako da bude uočljiv. Svrha postavljanja znaka je sprječavanje ozljeđivanja radnika koji obavlja

održavanje robota. Zabranjeno je vršiti podešavanje robota kad je u pokretu / funkciji. Zaštitni uređaji za prekid dovoda bilo koje vrste energije moraju se aktivirati:

- prije početka čišćenja radne opreme;
- prije početka rada na održavanju i popravku radne opreme;
- radi dugotrajnog prekida rada;
- nakon završetka dnevnog rada.



Slika 21. Zabranjeno uključivati [17]

Za održavanje robota sve se više koriste i suvremena rješenja poput upotrebe senzora koji mjere određene karakteristične veličine pojedinih dijelova i daju signal upravljačkom sustavu kada je potrebno izvršiti zamjenu. Na primjer, stalnim i preciznim mjerenjem dimenzija dijela koji je podložan trenju i trošenju tijekom rada možemo utvrditi kada je taj dio dostigao kritičnu vrijednost i upravljačkoj jedinici se šalje signal koji čovjek na monitoru očitava i sukladno tome izvršava se zamjena tog dijela. Također postavljaju se i tzv. vanjski senzori na robotu koji mjere temperaturu ili vlažnost jer mogu utjecati na životni vijek pojedinih dijelova robota.

Sve mjere održavanja robotskog sustava u velikoj mjeri doprinose pouzdanosti rada robota i znatno smanjuju gubitke u proizvodnji nastale prekidima rada uslijed kvarova. Sa stajališta zaštite na radu, pouzdanost robota je od izuzetne važnosti jer pouzdan robot je i siguran robot. [18]

4.5. Pravno reguliranje - pitanje odgovornosti

Tko će biti odgovoran ako robot pogriješi ili nekoga ozlijedi?

Kod izvanugovorne odgovornosti za štetu propisane Direktivom 85/374/EEZ - odgovornost za proizvode, obuhvaćena je samo šteta koja nastane zbog greške u proizvodnji robota i pod uvjetom da oštećena osoba može dokazati neispravnost proizvoda, stvarnu štetu i uzročnu vezu između štete i neispravnosti, što ne predstavlja dostatan okvir koji uključuje strogu odgovornost. Hrvatsko zakonodavstvo odgovornost za štete nastale od opasne tvari (strojevi, roboti), što je najbliži propis kojim se sankcionira šteta nastala robotskim djelovanjem, normira člancima 1063. do 1072. Zakona o obaveznim odnosima. Za štetu od opasne stvari odgovara njezin vlasnik (proizvođač). Korisnik kojem je vlasnik povjerio stvar da se njome služi je odgovorna za štetu, a ako je šteta proizašla iz neke skrivene mane ili skrivenog svojstva stvari na koje vlasnik nije skrenuo pozornost tada je odgovoran vlasnik. Vlasnik opasne stvari koji ju je povjerio osobi koja nije osposobljena ili nije ovlaštena njome rukovati, odgovara za štetu koja potekne od te stvari. Vlasnik se oslobađa odgovornosti ako dokaže da šteta potječe od nekog nepredvidivog uzroka, a koji se nije mogao spriječiti, otkloniti ili izbjeći, zatim ako dokaže da je šteta nastala radnjom korisnika na koju vlasnik nije mogao utjecati. Vlasnik se djelomično oslobađa odgovornosti ako je korisnik djelomično pridonio nastanku štete.

Ovako određene opće odredbe prava u području odgovornosti za štetu od strojeva su preopćenite i nedovoljno razrađene, uzimajući u obzir da današnji roboti nisu samo sposobni za obavljanje mehaničkih ponavljajućih radnji koje su ranije bile tipične i isključivo vezane za ljude, već su zahvaljujući razvoju kognitivnih i autonomnih obilježja, kao što je sposobnost učenja iz iskustva i donošenje neovisnih odluka, u kojem kontekstu se postavlja ključno pitanje pravne odgovornosti koja proizlazi iz štetnog djelovanja robota. Stoga su u Rezoluciji Europskog parlamenta s preporukama Komisiji o pravilima građanskog prava o robotici, navedeni razlozi potrebni za novim, ažuriranim i učinkovitim pravilima koja trebaju biti usklađena s nedavnim tehnološkim razvojem. Trenutačni pravni okvir ne bi bio dovoljan da se podmiri šteta koju uzrokuje robot nove generacije zbog učenja iz iskustva i nepredvidljive interakcije s okolinom. Sve te probleme jednako otvara i pitanje nedorečenosti Zakona o obaveznim odnosima koji je na snazi u Republici Hrvatskoj. [19]

5. BUDUĆNOST LJUDSKOG RADA I POSLJEDICE

Društvo se mijenja iz informacijskog u društvo znanja te iz njega u društvo "sveprisutnog znanja". U takvom društvu, pažnja će biti usmjerena na tehnološke valove poput digitalizacije, robotike i informacijske i komunikacijske tehnologije. Nadalje, u "sveprisutnom svijetu", kao i do sada ljudi će komunicirati jedni s drugima i strojevima s ljudima, ali također dolazi do komunikacije između samih strojeva. Takvi razvoji u komunikaciji već su doveli do tzv. "interneta stvari" (eng. *Internet of Things*, IoT) kojim se opisuje sustav koji se oslanja na autonomnu komunikaciju između fizičkih predmeta. Robotika će se u mnogočemu povezivati s internetom stvari i takav će proces znatno promijeniti staro umreženo društvo. U tekućoj revoluciji interneta stvari, širenje robota u mnoge aktivnosti u svakodnevnom životu čini primjenu robotike potpomognute internetom stvari opipljivom stvarnošću. Sve ove kvantitativne promjene potaknuti će kvalitativne promjene koje je nemoguće predvidjeti zbog složenosti.

Što se tiče budućnosti rada, važno je razmotriti u kojoj mjeri roboti mogu poboljšati, zamijeniti ili nadopuniti rad ljudi. Budućnost u kojoj se roboti i dalje razvijaju uglavnom kao nadopuna ljudima predstavlja najmanji izazov za društvo jer se ljudi ne bi trebali natjecati s robotima te bi tradicionalne uloge uglavnom bile zadržane. Međutim, zbog ekonomske dobiti i produktivnosti, rezultirati će zamjenom pojedinaca ili skupina u radu koje će zamijeniti robotika. Općenito će manje radnika biti potrebno za poslove s jasno definiranim zadaćama i za rutinske poslove jer će njih obavljati industrijski roboti. Rezultat ove tehničke promjene biti će blagi porast u potražnji za visokoobrazovanim radnicima, a smanjenja potražnja za radnicima koji su obavljali rutinske kognitivne i manualne zadatke. Takav gubitak srednjoškolskih radnika dovesti će do gubitka jedne trećine svih trenutačnih poslova.

Sve su učestalija predviđanja kako će robotizacija u svim područjima ljudske djelatnosti dovesti do nestanka radnih mjesta. Neki primjeri koji su se dogodili su: bankomati su zamijenili službenike na šalterima, samoposlužni automati zamjenjuju trgovce, govorni automati zamjenjuju osobe koje su bile zadužene za telefoniranje u službama za korisnike, u proizvodnim linijama tvornica roboti su zamijenili radnike na ponavljajućim i poslovima koji zahtijevaju preciznost. U budućnosti bi samovozeća vozila mogla ugroziti profesionalne vozače i taksiste, a dronovi dostavljače. Zanimljiva je činjenica da robotizacija ne prijeti samo zanimanjima za koje je potreban kraći obrazovni put odnosno

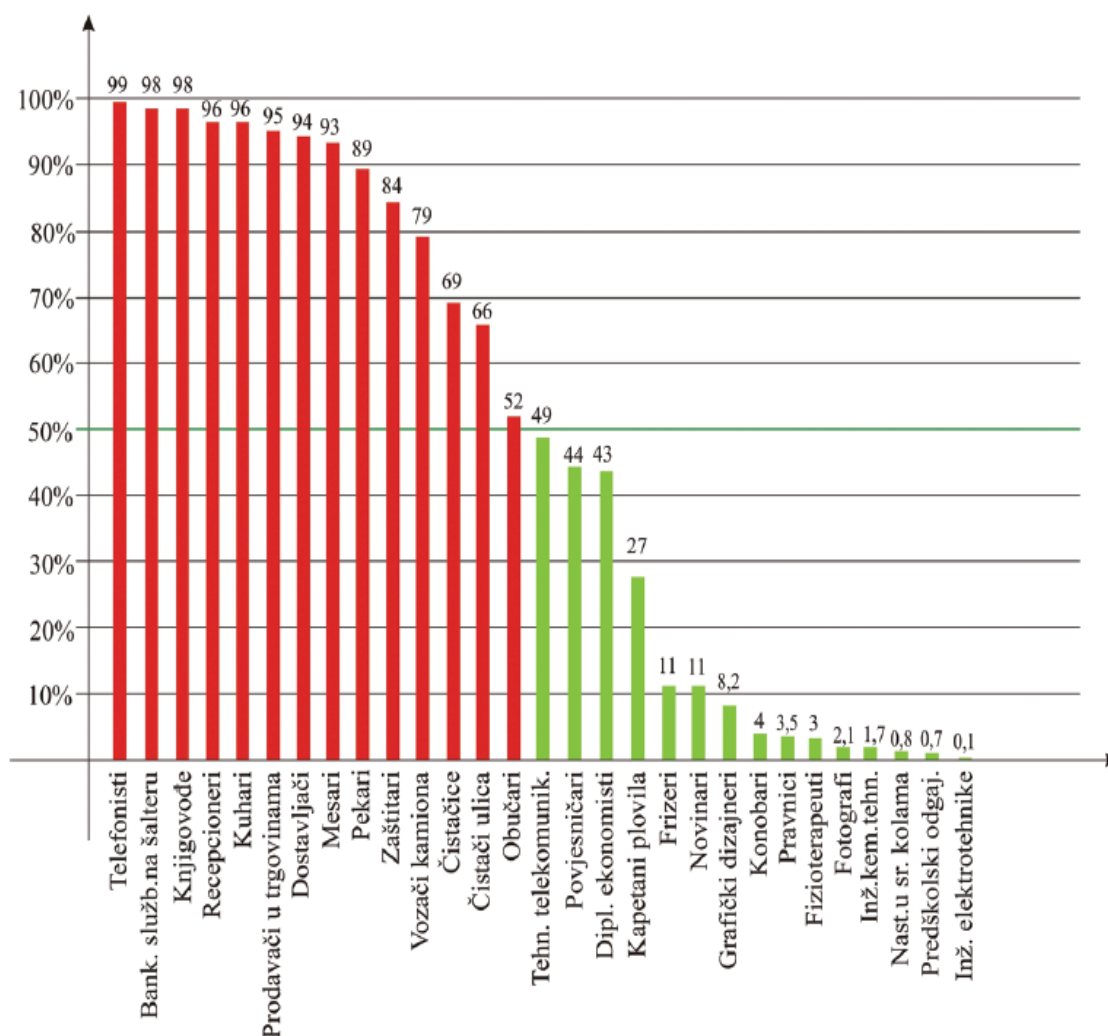
niži stupanj obrazovanja. Primjerice, robotska kirurgija danas postiže nevjerojatnu preciznost potrebnu u određenim specifičnim zahvatima.

Istraživanje sveučilišta u Oxfordu pokazuje da će do 2033. godine 47% sadašnjih poslova biti zamijenjeno robotima, računalima i automatizacijom. Narasti će potreba za novim vrstama poslova i zanimanjima, prije svega kreativnim. Globalni trendovi ukazuju na to da će do 2050. godine drastično smanjiti broj zaposlenih u izradi materijalnih dobara zbog zamjene s robotima. Dokazano je da roboti poslodavcu predstavljaju manji trošak od klasičnog radnika, kako su u obavljanju rutinskih radnji najčešće točniji od čovjeka, da poboljšavaju kvalitetu proizvodnje te minimiziraju potrošnju različitih resursa i ne stvaraju otpad. Cijena radnog sata robota (troškovi održavanja, energija, oprema) je 60 centi (oko 4 kn) dok je prosječna cijena radnog sata nekvalificiranog radnika u SAD-u 15 dolara (oko 105 kn). Kod visokoserijske proizvodnje kad se radi jedanaest mjeseci u tri smjene (jedan mjesec se remontiraju strojevi) bez praznika, pauza, godišnjih odmora, bolovanja, robot koji košta 60.000 dolara isplatio bi se već nakon sedam mjeseci. S druge strane, procjena je da će se otvoriti tri milijuna radnih mjesta kao posljedica korištenja milijun robota.

Razvoj umjetne inteligencije često se veže uz davanje autonomije robotima odnosno njihovog samostalnog odlučivanja. Trenutačne sposobnosti robota, omogućene umjetnom inteligencijom, pružaju mogućnost da izvode zadatke bez ljudske intervencije, ali vrlo važna stvar - unutar parametara kojeg je odredio programer. Napredak umjetne inteligencije znači da programeri mogu postavljati parametre šire nego ranije, što dovodi do većeg rizika za nenamjerne posljedice. Stoga su mnogi znanstvenici izrazili svoju zabrinutost zbog sigurnosti koju donosi umjetna inteligencija i robotika. Iako roboti ne mogu pokazivati emocije, pa niti možemo očekivati da budu namjerno dobronamjerni ili pak zlonamjerni, ali određene osobe mogle bi ih programirati tako da imaju razarajuće učinke. Zbog toga ostaje na društvu da definira etičke, sigurnosne i pravne aspekte razvoja i istraživanja na području robotike i umjetne inteligencije.

Širenje inovacija u robotici ima važne posljedice za budućnost rada. Roboti omogućavaju proizvodne djelatnosti i zadatke koje ne mogu obavljati ljudi, poput analiziranja i uređivanja masovnih podataka ili rada u okruženjima koja su opasna. Iz perspektive sigurnosti i zaštite zdravlja na radu, širenje robotike predstavlja prilike, ali i izazove.

Najveća prednost je zamjena za ljude koji rade u opasnim i nezdravim okolišnim uvjetima odnosno korisni su za zamjenu ljudskih radnika koji obavljaju prljave, nesigurne i monotone zadatke, čime se izbjegava izlaganje opasnim uvjetima te smanjuju fizički, psihosocijalni i ergonomske rizici. Postoje određene vještine u kojima će ljudi i dalje biti prikladniji. Prednosti robotike uključuju teške, precizne i ponavljajuće poslove, dok prednosti ljudi uključuju kreativnost, donošenje odluka, prilagodljivost i fleksibilnost. U budućnosti će se suradnja između ljudi i robota promijeniti kako će roboti povećavati svoju autonomiju i suradnja će poprimiti sasvim novi oblik. Trenutačni pristupi namijenjeni zaštiti radnika od rizika rada sa suradničkim robotima morati će se izmijeniti da bi se pripremio za takav razvoj. [1, 20]



Slika 22. Vjerojatnost zamjene radnih mjesta robotima prema zanimanjima [21]

Na slici 22 je prikazana vjerojatnost zamjene nekih zanimanja s robotima, no to ne znači da će se za toliki broj radnika povećati njihov broj na burzi rada. Jedan manji dio otpada na potrebu za novim zanimanjima, koja se u ovom trenutku teško mogu procijeniti, za primjer imamo činjenicu da je deset zanimanja koja su bila najtraženija u 2010. godini, uopće nisu postajala 2004. godine.

Ne smijemo kriviti robote za takav budući scenarij. U povijesti su zabilježeni slučajevi prilikom kojih je došlo do gubitaka velikog broja radnih mjesta poput prve industrijske revolucije i dolaskom parnih strojeva. Nastaje bunt radnika, ali ništa nije moglo zaustaviti taj trend. Slično se dogodilo i u poljoprivredi kada je oko 70% stanovništava bilo uključeno u proizvodnju hrane, tehnološkim inovacijama i razvojem poljoprivrednih strojeva, danas je taj postotak u razvijenim zemljama iznosi samo 3%.

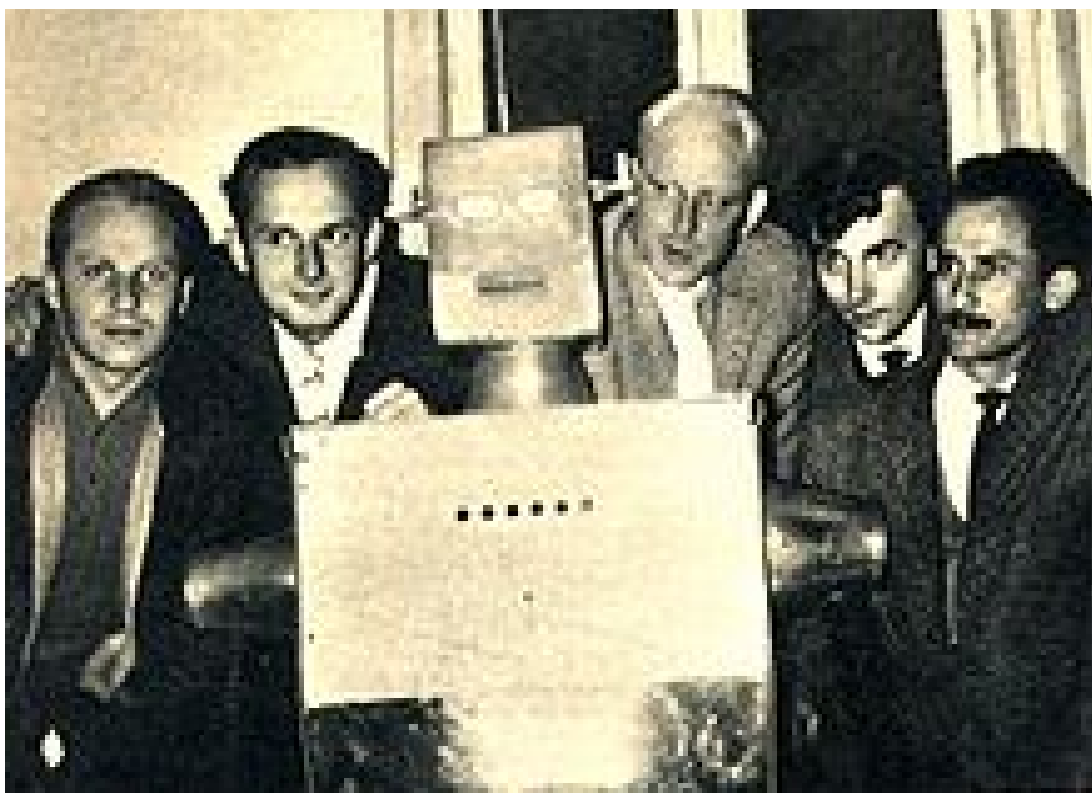
Današnji pojam robot ima izrazito široko značenje jer to više nije robot koji odgovara definicijama robota prema standardima. Razvoj robota je daleko odmakao od tih definicija koje su isključivo opisivale industrijskog robota. Danas se pod robotom podrazumijevaju uređaji koji izvršavaju svoju funkciju koristeći aktuatorske, upravljačke i senzorske sustave, ali i koji također dobivaju samostalnost u odlučivanju uz pomoć umjetne inteligencije. Zbog široke mogućnosti rješenja robot će vrlo lako naći primjenu u mnogim područjima.

Robotom je dobiven idealni radnik koji će čovjeka svugdje zamijeniti, ispunjena je težnja ljudi da uvijek neko radi za njih od nekada životinja, robova, kmetova pa do današnjih robota.

Za kraj se postavlja pitanje hoće li nove tehnologije utjecati na razdvajanje ljudi pa čak i na međusobnu netoleranciju. Trebat će vremena da se promjene prihvate, ali ga neće biti, jer razvoj ide naprijed sve bržim koracima. Takav razvoj ukazuje i na to da bi se učenici i studenti već danas trebali pripremati za poslove koji još ne postoje i trebali se osposobljavati za uspješno rješavanje problema koji nam slijede u budućnosti. [1]

6. HRVATSKA I ROBOTIKA

Proizvodnja robota u Hrvatskoj javlja se u novije doba, ali početak razvijanja robota vežemo za 1961. godinu kada Branimir Makanec, prvi s desna od robota na slici 23, osniva sekciju pod nazivom Grupa kibernetičara, u čijem je okviru izrađen prvi autonomni čovjekoliki robot na području današnje Republike Hrvatske. Branimir Makanec u svome diplomskom radu se bavio projektiranjem i izvedbom prvog digitalnog računala na području tadašnje Jugoslavije.



Slika 23. Prvi robot na području RH [22]

Hrvatski robotički savez osnovan je 2012. godine kao nasljednik tadašnje krovne organizacije po pitanju robotike, a to je Hrvatsko društvo za robotiku koje je nastalo 1994. godine. Početak značajnije primjene automatizacije u Hrvatskoj seže u osamdesete godine prošlog stoljeća, kada Tvornica telekomunikacijskih uređaja Nikola Tesla u Zagrebu, nabavlja i pušta u rad robot koji je umetao elektroničke komponente na tiskane pločice.

Tablica 2. Ukupan broj robota u Hrvatskoj [23]

Broj robota prema procjeni mentora	200
Broj robota prema procjeni HGK-a	175
Broj robota prema podacima tvrtki proizvođača i distributera robota	101
Ukupan broj robota prema podacima ankete	326 (170 potpuni podatci za robote, 156 nepotpuni podatci za robote)
Idealni broj robota za trenutno gospodarsko stanje prema procjeni HGK-a	2000

Tablica se nalazi u diplomskog radu Analiza primjene robotske tehnologije u hrvatskoj industrijskoj praksi, Marka Šćureca [23]. Prema procjeni njegovog mentora broj robota u Hrvatskoj je 200, prema procjeni Hrvatske gospodarske komore taj broj je 175, na temelju ustupljenih podataka iz tvrtki koje su proizvele i distribuirale robote taj broj iznosi 101 (nepotpuni podaci radi ugovornih obveza i povjerljivosti). Prema podacima iz ankete broj robota je minimalno 326, od toga za 170 robota imamo potpune podatke kao što je marka, funkcija, godina nabave, proizvođač, dok se za preostalih 156 robota zna samo da su prisutni u hrvatskim tvrtkama, ali nisu navedeni potpuni podaci ili su djelomični ili tvrtka nije mogla potvrditi podatke. Iz tablice je vidljivo da smo daleko od idealnog broja robota s obzirom na gospodarski potencijal i status. Hrvatska je pri dnu što se tiče broja robota na 10.000 zaposlenih (14,3 robota). Može se zaključiti da je hrvatski prosjek daleko ispod svjetskog od 66, ali i europskog od 85.

Malo povjerenja postoji u hrvatske stručne snage, stoga ni ne čudi da se svaki uspjeh našeg znanstvenika, stručnjaka i inovatora tretira kao senzacija. Na tehničkim fakultetima nije prisutna spoznaja o tome da je gospodarstvo jedino realno koje može potvrditi postignuća stručnjaka. Primjedba jednog uvaženog profesora sa FER-a glasila je "*što se vi to petljate sa neurokirurškim robotom, kada su to već sigurno izmislili Amerikanci*". Kod nas ne postoji prepoznavanje perspektivnih ideja, a kamoli izdvajanje izdašnjih sredstava za financiranje takvih projekata i ulaganje u daljnju proizvodnju. Ideje i izumi koje dobivaju najznačajnije nagrade na najprestižnijim sajmovima inovacija u svijetu, u

najvećem broju slučajeva ne nalaze proizvodnju posebno kod nas. Prethodno navedeni primjeri u radu poput neurokirurškog robota RONNA, tvrtke Gideon Brothers i tvrtke DOK-ING, primjeri su koji odskaču od hrvatske stvarnosti. Također, treba istaknuti i tvrtku INETEC (Institute for Nuclear TEChnology) iz Zagreba i tvrtku HSTEC (High Speed TEChnique) iz Zadra. Tvrtka INETEC je osnovana 1991. godine zajedničkim ulaganjem s američkim partnerom. Danas je njeno ime sinonim za tehnološku i uslužnu izvrsnosti u nuklearnoj industriji. Jedna je od najuspješnijih tvrtki u svijetu, što potvrđuje velik broj sklopljenih ugovora na međunarodnom tržištu od nuklearnih elektrana u SAD-u, Rusiji, Ukrajini, Finskoj... Stalno rade na istraživanju, razvoju i projektiranju nove opreme, alata i sonde, uključujući softvere i instrumente za ne razorna ispitivanja. Dovoljno govori činjenica da su osnovali vlastitu školu i centar za obuku te na taj način vode brigu o obrazovanju svojih radnika. U suradnju s međunarodnom agencijom za atomsku energiju sudjeluju u projektima, programima obrazovanja i usavršavanja po pitanju nuklearne sigurnosti elektrana i poboljšanja pouzdanosti. Njihovi robotski sustavi za ispitivanje nuklearnih postrojenja su njihove originalne inovacije, a sami ih proizvode i ispituju. Na slici 24 prikazan je mobilni robot za ispitivanje cijevi, može se podešavati za različite cijevne konfiguracije i promjere, a u kombinaciji s raznim modulima obavlja i popravak.



Slika 24. Robot za ispitivanje cijevi [21]

Tvrtka HSTEC osnovana je 1997. godine. Osnovna politika tvrtke zasniva se na vlastitim inovacijama, razvijanju novih proizvoda te primjeni robota. Razvijaju nove alatne strojeve i vlastito projektirane automatizirane linije koje rade po narudžbi. Uglavnom sve svoje proizvode izvoze za američko i njemačko tržište. Godine 2006. u suradnji s FSB-om krenuli su razvijati SCARA (eng. *Selected Compliance Assambly Robot Arm*) robot koji je prikazan na slici 24. Konstruirali su robotsku ruku za punjenje, pražnjenje i posluživanje strojeva u automobilskoj industriji te zavarivanje i lemljenje. Predstavlja jednu od najbržih struktura SCARA robota. Pokreću studij elektronike i robotike na Sveučilištu u Zadru kako bi mogli zapošljavati buduće inženjere u svojoj tvrtki.



Slika 25. Robot tvrtke HSTEC [24]

Hrvatska ima inovativnih ljudi i kompanija, ali vlada RH još nije usmjerena na nove tehnologije te nije potpisala deklaracije na Balkan Summitu u Skopju 2018. godine. Deklaracija o suradnji na polju umjetne inteligencije nije potpisana, a radi se o podršci i timskom pristupu tehnologijama. Umjetna inteligencija pravi je pokretač ekonomskog rasta, industrije, digitalizacije i društva u cjelini. Udruga hrvatskih poslodavaca smatra da bi se digitalnom transformacijom, koja je podloga za robotiku i umjetnu inteligenciju, mogli uključiti mnogi ljudi te značajno promijeniti način obavljanja poslova primjenom suvremenih tehnologija. Vlada Republike Hrvatske najavila je nacionalnu strategiju digitalizacije gospodarstva koja bi mogla povećati BDP za oko 11%. Bez obzira 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 zadatci nestati, ali isto tako pojaviti će se i neki novi. Odlazak radnika iz države očiti je demografski problem, stoga digitalna transformacija može tu pomoći, jer s atraktivnim radnim mjestima moglo bi se više mladih zadržati u zemlji. U Republici Hrvatskoj je 1,3 milijuna zaposlenih, a teorija kaže da bi za digitalnu transformaciju trebala masa ljudi od 15% s ICT vještinama. To znači minimalno 200.000 stručnjaka, a poželjno bi bilo 400.000. Zbog toga se smatra da nije dovoljno samo poboljšati trenutačni obrazovni sustav, jer on treba biti dugoročni plan, već treba intenzivno krenuti s prekvalifikacijama, jer već sada kasnimo s primjenom novih tehnologija i pitanje je da li će i prekvalifikacije pomoći u dostizanju naših krajnjih mogućnosti ekonomskog rasta putem tih tehnologija. [1]

7. ZAKLJUČAK

Robotika će postati dominantna, a već sada je primjena robota prisutna u svim područjima ljudske djelatnosti i svim aspektima naših života. Rapidni razvoj robotike, uvjetuje da obrazovni sustav bude prilagođavan i fleksibilan kako bi mogli imati potrebu radnu snagu koja će se koristiti novim tehnologijama. Robotika nije znanstvena fantastika kako je mnogi smatraju, nego je dio sadašnjosti, ali u još većem obujmu i naše budućnosti.

Uvođenjem industrijskih robota u proizvodne procese znatno se poboljšava kvaliteta i povećava proizvodnost, smanjuju se troškovi zbog gubitaka materijala. Ljudski faktor koji igra veliku ulogu u broju grešaka, zastoja i, nažalost, nesreća, se primjenom robota eliminira iz proizvodnog procesa. Industrijski roboti uvedeni su prije svega da bi zamijenili čovjeka prilikom rada na teškim, opasnim, monotonim i prljavim poslovima, ali njihovom primjenom javljaju se i određeni rizici kojima treba posvetiti pažnju prilikom uvođenja robotskog sustava. Stoga je potrebno primijeniti određene mjere zaštite poput mehaničkih barijera, analizirati i izraditi procjenu rizika, osposobiti radnika za rad na siguran način, provoditi periodične preglede radne opreme u koju spadaju i roboti, jer da bi jedan robotski sustav bio pouzdan potrebno je veliku pažnju posvetiti njegovom održavanju. Pouzdan robot je i siguran robot.

Što se tiče medicinskih robota, skladišnih robota, robota za razminiranje ili vatrogasnih robota, mjere zaštite poput mehaničkih barijera ne možemo primijeniti, nego moramo imati pouzdan sustav zaustavljanja rada robota ukoliko nešto pođe po zlu. Navedeni roboti se primjenjuju zbog onog što je i cilj ovoga rada, a to je ukazati na prednosti i nepotreban rad ljudi koji mogu ugroziti svoje živote i zdravlje, a koje nude roboti prilikom zamjene čovjeka u opasnim situacijama. Kako kaže jedna poznata engleska uzrečica: „*Never send a human to do a machine's job*“ [cit. 25], a ponajviše se može odnositi na vatrogastvo i razminiranje. Prilikom medicinskih operacija roboti doprinose pouzdanosti, preciznosti i efikasnosti, jer čovjek lako može pogriješiti zbog pada koncentracije dok kod robota ne postoje osjećaji.

Iako roboti donose puno prednosti, postoji i strah za budućnost po pitanju zaposlenosti i ljudskog rada. Među znanstvenicima vode se rasprave što donose nove tehnologije i kakav će utjecaj imati na čovječanstvo. Zasiurno će jedan dobar dio ljudskog rada zamijeniti roboti, kao što je i navedeno u grafikonu na slici 22. Jedan dio će otpasti na potrebu za novim zanimanjima koje donose nove tehnologije, a stvarni broj ljudi koji će

ostati bez posla je vrlo teško procijeniti. Potrebno je donijeti smjernice s tehničkog, etičkog, sigurnosnog i društvenog stajališta, ali i, najvažnije po meni, pravnog stajališta. Malo je pravne regulative koja regulira odnose između čovjeka i robota, a uz to je i nedorečena. Potrebno je odrediti pravila rada i ponašanja za budućnost u kojoj će dominantnu ulogu u društvenim odnosima imati robotika i prava robota.

Cijene robota postaju sve niže zbog velike dostupnosti i rasprostranjenosti, stoga je njihova primjena dostupna svim stručnjacima i njihovim inovativnim rješenjima. To je prilika i za male zemlje poput Hrvatske, da iskoristi šansu koja se nudi jer u Hrvatskoj postoje sposobni stručnjaci, koji bi uz intervenciju Vlade mogli postizati izuzetne rezultate.

8. LITERATURA

- [1] Lipnjak G.: „Robotika u funkciji zaštite zdravlja na radu“, Sigurnost, Vol. 62, No. 2, 2020., str. 93-126., dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/349439> (10.01.2022.)
- [2] Vukelić D.: „Primjena robota u skladišnom poslovanju“, diplomski rad, Sveučilište sjever, 2020., dostupno na: <https://repozitorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A3582/datastream/PDF/view> (10.01.2022.)
- [3] Mucić I.: „Analiza uvođenja robota u proizvodni sustav“, diplomski rad, Sveučilište u Splitu, Fakultet elektotehnike, strojarstva i brodogradnje, 2018., dostupno na: <https://www.bib.irb.hr/948224> (10.01.2022.)
- [4] Dabro A.: „Prilagodba robota za glodači ispitni postav“, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2016., dostupno na: http://repozitorij.fsb.hr/7061/1/Dabro_2016_diplomski.pdf (14.01.2022.)
- [5] Doleček V., Karabegović I.: „Robotika“, Tehnički fakultet, Bihać, 2002., dostupno na: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbntaWxhbm1pbG9zYXZsamV2aWMwMTh8Z3g6MzhkYWlyMjk3NWVhNTFjMA> (17.01.2022.)
- [6] Jerbić B., Nikolić G.: „Ključna znanost 21. stoljeća“, InfoTrend, No. 199, 2015., str. 64-68., dostupno na: <http://www.infotrend.hr/clanak/2015/7/kljucna-znanost-21.-stoljeca,84,1172.html> (17.01.2022.)
- [7] Nikolić G.: „Medicina - perspektivno područje primjene robotike“, Polytechnic and design, Vol. 4, No. 3, 2016., str. 208-224., dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/282351> (20.01.2022)
- [8] Robotska neuronavigacija, dostupno na: <https://pirikom.hr/projekti-opremanje-prostora/hrvatska-kvaliteta/robotska-neuronavigacija> (03.02.2022.)
- [9] Horvatinec D.: „Robotika u medicini - 1. dio“, Radiološki vjesnik, Vol. 24, No. 2, 2020., str. 4-10., dostupno na: <https://hdt.hr/images/casopis/RV-2020-2/RV-2020-2.pdf> (05.02.2022.)

- [10] Sinjeri L.: „Psihološki obrasci i teorije motivacije za kognitivnu i kolaborativnu robotiku“, završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2021., dostupno na:
<https://zir.nsk.hr/islandora/object/fsb%3A6804/datastream/PDF/view> (08.02.2022.)
- [11] Jurman H.: „Gideon Brothers“, dostupno na:
<https://zimo.dnevnik.hr/clanak/atlantic-grupa-uvodi-u-poslovanje-logisticke-robote-gideon-brothersa---567854.html> (05.02.2022.)
- [12] Žebec Šilj I.: „Dok-Ing d.o.o. “, dostupno na: <https://tehnika.lzmk.hr/dok-ing/> (13.02.2022.)
- [13] Župančić I.: „Specijalno robotizirano višenamjensko vozilo DOK-ING MVF-5“, Vatrogastvo i upravljanje požarima, Vol. 2, No. 2, 2012., str. 17-35., dostupno na:
<https://hrcak.srce.hr/file/152376> (23.04.2022.)
- [14] DOK-ING, dostupno na: <https://dok-ing.hr/defence-security/mvf-5/> (12.04.2022.)
- [15] Karabegović I., Vojić S., Doleček V.: „Mjere zaštite radnog prostora industrijskih robota“, Sigurnost, Vol. 49, No. 2, 2007., str. 131-136., dostupno na:
<https://hrcak.srce.hr/file/20534> (24.02.2022)
- [16] Medved M.: „Zaštita na radu kod industrijskih robota“, završni rad, Veleučilište u Karlovcu, 2017., dostupno na:
<https://repositorij.vuka.hr/islandora/object/vuka%3A799/datastream/PDF/view> (24.02.2022)
- [17] Institut za sigurnost Zagreb, Katalog sigurnosnih znakova, 2008.
- [18] Čabaravdić M.: „Održavanje i sigurnost robotskih sistema“, 1. Konferencija "ODRŽAVANJE 2010", Zenica, Bosna i Hercegovina, 2010., str. 231-235., dostupno na: <http://www.odrzavanje.unze.ba/zbornici/2010/034-O10-053.pdf> (04.03.2022.)
- [19] Đuras I.: „Sigurnost čovjeka u vladavini umjetne inteligencije“, Sigurnost, Vol. 63, No. 2, 2021., str. 237-243., dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/377911> (16.03.2022)
- [20] Europska agencija za sigurnost i zdravlje na radu, Osvrt na budućnost rada: Robotika, 2015., dostupno na: <https://osha.europa.eu/hr/publications/future-work-robotics> (18.03.2022)

- [21] Nikolić G.: „Razvoj robota i promjene koje oni donose“, Polytechnic and design, Vol. 3, No. 3, 2015., str. 326-339., dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/285064> (18.03.2022)
- [22] Branimir Makanec, dostupno na: https://hr.wikipedia.org/wiki/Branimir_Makanec (24.03.2022.)
- [23] Šćurec M.: „Analiza primjene robotske tehnologije u hrvatskoj industrijskoj praksi“, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2017., dostupno na: <https://repositorij.fsb.unizg.hr/islandora/object/fsb%3A3796/datastream/PDF/view> (27.03.2022.)
- [24] Vrdoljak J., Tvrtka HSTEC, dostupno na: <https://zadarski.slobodnadalmacija.hr/zadar/zadar-plus/shvatili-smo-da-je-bolje-kad-nam-se-izvoz-smanjio-sa-100-na-70-posto-535308> (07.05.2022.)
- [25] DOK-ING, dostupno na: <https://dok-ing.hr> (12.04.2022.)

9. PRILOZI

9.1. Popis slika

Slika 1. Robotski vitez Leonarda da Vinci [2]	2
Slika 2. Prikaz unutrašnjosti patke [3].....	3
Slika 3. Prvi industrijski robot Unimate [4]	4
Slika 4. Prikaz industrijskog robota s osnovnim dijelovima [5]	8
Slika 5. Područja razvoja medicinskih robota [7].....	9
Slika 6. Neurokirurški robot RONNA [8]	10
Slika 7. Prikaz rasta primjene robota u medicini [7]	11
Slika 8. Godišnji broj operacija s robotima u svijetu u razdoblju 2000. - 2012. [7]	11
Slika 9. Ručno vođenje robota [3]	13
Slika 10. Vrste kolaboracije čovjek-robot [10]	14
Slika 11. Procjena prodaje kolaborativnih robota [10].....	15
Slika 12. Robot za prijevoz paleta [11]	16
Slika 13. Znak opasnosti - radno područje robota [11]	17
Slika 14. Višenamjenski robotizirani protupožarni sustav MVF-5 [14]	19
Slika 15. MVF-5 prikaz alata za zahvaćanje i guranje [14]	20
Slika 16. Radni i manipulacijski prostor robota [5].....	21
Slika 17. Zaštita mehaničkom barijerom [1]	22
Slika 18. Zaštita sigurnosnom svjetlosnom zavjesom [1]	23
Slika 19. Sigurnosna podloga [16]	23
Slika 20. Lasersko polje skenera [16].....	24
Slika 21. Zabranjeno uključivati [17]	27
Slika 22. Vjerojatnost zamjene radnih mjesta robotima prema zanimanjima [21]	31
Slika 23. Prvi robot na području RH [22].....	33
Slika 24. Robot za ispitivanje cijevi [21]	35
Slika 25. Robot tvrke HSTEC [24].....	36

9.2. Popis tablica

Tablica 1. Usporedba pogonskih sustava [5].....	6
Tablica 2. Ukupan broj robota u Hrvatskoj [23]	34