

# ROBOTSKO POLIRANJE

---

**Ožanić, Mario**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2021**

*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:128:099762>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-31**



**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 REPOZITORIJI

# ROBOTSKO POLIRANJE

---

Ožanić, Mario

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2021

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:128:099762>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2023-02-13**



**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 REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STROJARSKI ODJEL  
*Stručni studij Strojарstva*

Mario Ožanić  
**ROBOTSKO POLIRANJE**  
**Robot Polishing**  
Završni rad

Karlovac, 2021.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STROJARSKI ODJEL  
*Stručni studij Strojарstva*

Mario Ožanić  
**ROBOTSКО POLIRANJE**  
**Robot polishing**  
Završni rad

Nikola Šimunić, mag.ing.mech.

Karlovac, 2021.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se na pomoći, savjetima i ustupljenoj literaturi, te utrošenom vremenu i trudu svome mentoru prof. Nikoli Šimuniću, mag.ing.mech.

Posebno se zahvaljujem roditeljima i kolegama na velikoj podršci, strpljenju i motivacija za vrijeme trajanja studija.

Mario Ožanić

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	6
1.1. Robot.....	7
1.2. Robotika .....	8
1.3. Povijest robotike .....	8
2. PODJELA I VRSTE ROBOTA.....	16
2.1. Vrste i primjena robota (medicinska, industrijska, vojna, zabavna, uslužna i svemirska).....	16
3. INDUSTRIJSKI MANIPULATORI .....	29
3.1. Poliranje .....	32
4. POLIRANJE PROIZVODA UZ POMOĆ INDUSTRIJSKOG MANIPULATORA .....	34
4.1. Vrsta i varijante proizvoda .....	47
4.2. Program .....	49
5. ZAKLJUČAK.....	51
LITERATURA.....	54

## POPIS SLIKA

Slika 1 "Arhitov golub" [5] .....	9
Slika 2 Leonardov robot-vitez [7] .....	10
Slika 3 Unutrašnjost Vaucansonove patke [8] .....	11
Slika 4 Unimatov prvi robot [10].....	12
Slika 5 Roboti prve generacije [12].....	13
Slika 6 Roboti druge generacije [13].....	14
Slika 7 Roboti treće generacije [14] .....	15
Slika 8 Heksapodna struktura .....	17
Slika 9 Suvremeni robot [18] .....	18
Slika 10 Primjena robota u medicini [21] .....	21
Slika 11 Primjena robota u industriji [22] .....	22
Slika 12 Primjena robota u vojnoj industriji [24] .....	23
Slika 13 Mini dron [26] .. ..	24
Slika 14 Primjena robota u zabavnoj industriji .....	25
Slika 15 Primjena robota u uslužnoj djelatnosti [28].....	26
Slika 16 Primjena robota u istraživanju Svemira [31] .....	28
Slika 17 Robotizirano MIG/MAG zavarivanje .....	30
Slika 18 Prikaz robota za dohvatanje i robota za prijevoz robe [36].....	31
Slika 19 Robotska ruka FANUC-710iC (50) [44] .....	37
Slika 20 Brusna traka i brusni kotači.....	39
Slika 21 Upravljačka jedinica .....	40
Slika 22 Izgled obratka (zatvarača) prije poliranja.....	41
Slika 23 Izgled okretnog strola .....	42
Slika 24 Dva brusna kotača s ventilacijom .....	42
Slika 25 Hvataljka zatvarača .....	43
Slika 26 Vodilice za brusnu traku.....	44

---

Slika 27 Prikaz istrošene brusne trake sa vulkaniziranim kotačićem.....	44
Slika 28 Prikaz istrošenog vulkaniziranog kotačića nakon skidanja brusne trake.....	45
Slika 29 Prikaz izgleda zatvarača nakon procesa poliranja .....	46



## **SAŽETAK**

Tema ovog diplomskog rada je robotsko poliranje. Cilj rada je prikazati razvoj robota kroz povijest te razvoj i primjenu robota u medicinskoj, industrijskoj, vojnoj, zabavnoj, uslužnoj i svemirskoj industriji. U uvodnom dijelu opisat će se razlozi zbog kojih se sve više koriste i uvode roboti, u sljedećem poglavlju će biti prikazan razvoj robota i robotike kroz povijest. Treće poglavlje donosi prikaz industrijskih manipulatora kroz vrste i primjenu, zavarivanje, poliranje i sortiranje. U četvrtom poglavlju navedeno je poliranje zatvarača pištolja uz pomoć industrijskog manipulatora robotske ruke, uz detaljan opis postupka poliranja. I na kraju dolazi zaključak koji predstavlja sintezu svih prethodnih poglavlja.

Ključne riječi: robot, robotika, industrijski manipulatori, robotsko poliranje

## **SUMMARY**

The topic of this thesis is robot polishing. The aim of this paper is to present the development of robots through the history of development and application of robots in the medical, industrial, military, entertainment, service and space industries. The introductory part will describe the reasons why robots are increasingly used and run, the next chapter will show the development of robots and robotics throughout history. The third chapter provides an overview of industrial manipulators through types and applications, welding, polishing and sorting. The fourth chapter describes the polishing of the gun shutter with the help of an industrial manipulator robotic arm, with a detailed description of the polishing procedure. And finally comes the conclusion that represents a synthesis of all the previous chapters.

Key words: robot, robotics, industrial manipulators, robotic polishing

## 1. UVOD

U današnjem globalnom svijetu, proizvodni sustavi sve su više automatizirani te su u različitim sferama ljudskog života inkorporirani roboti. Danas je robotika ključni pokretač konkurentnosti u velikim proizvodnim industrijama. Bez robota u radnim procesima, mnogi uspješni europski proizvođači ne bi se mogli natjecati na globalnom tržištu. Roboti su postali nezamjenjivi pri pronalaženju potonulih brodova, uklanjanju radioaktivnog otpada, istraživanju vulkana, te pri svim svemirskim misijama. U industrijama u koje su roboti već inkorporirani pojavljuje se potreba za novom ljudskom radnom snagom. Isto tako, u manjim tvornicama koje su ključne za proizvodnju i zaposlenost u Europi, javlja se potreba za robotima. U najrazvijenijim zemljama robotika utječe na svaki aspekt rada i života, i ima potencijal pozitivno promijeniti živote, poslovne procese, povećati učinkovitost i razinu sigurnosti te osigurati bolju razinu usluga. Smatra se da će robotika postati okidač koji će potaknuti razvoj novih generacija autonomnih i kognitivnih uređaja, koji će svojim sposobnostima učenja neprimjetno komunicirati sa svijetom oko sebe i time omogućiti vezu koja danas nedostaje između digitalnog i fizičkog svijeta. Robotizacija će sljedećih desetak godina dovesti do dramatičnih promjena, koje će utjecati na konkurentnost neproizvodnih industrija poput agronomije, transporta, zdravstva i distribucije energenata.

Osnovni razlozi zbog kojih se primjenjuju roboti u proizvodnim sustavima su tehničke i ekonomske prirode. Ovdje se ponajprije misli na povećanje efikasnosti koje se ogleda u: povećanju kvalitete gotovih proizvoda, smanjenju škartu, povećanju sličnosti proizvoda, smanjenje potrebnog broja radnika, smanjenje troškova proizvodnje itd. Za razliku od čovjeka, roboti mogu raditi u kontinuitetu koliko god je to potrebno, što ih čini značajno efikasnijim rješenjem od ljudi. Roboti se najviše koriste u automobilskoj industriji, zatim u sektoru industrijske elektronike, koji uključuje proizvodnju računala, radio i TV uređaja, preciznih i optičkih instrumenata, industriji gume i plastike, sljedeća industrija u kojoj se značajno instaliraju roboti je farmaceutska i kozmetička industrija, a slijedi je prehrambena industrija.

U samom radu će biti opisan razvoj robota kroz povijest. Također, bit će prikazana podjela i vrste robota, industrijski manipulatori vrste i primjene te postupak poliranja uz pomoć industrijskog manipulatora.

## 1.1. Robot

Ideja o robotima vrlo je stara, a datira još od Leonarda da Vincija koji je na neki način prevideo moderne robote zamislivši model pokretnog stroja u obliku lava. Čovjek je u tijeku svoje povijesti nastojao izraditi strojeve koji bi mu dostatnoj mjeri nalikovali. U starogrčkim je mitovima je postojalo vjerovanje da bogu vatre Hefesu pomažu dva živuća kipa od zlata. Ne postoji jedinstvena definicija robota. Za robote nalik čovjeku moglo bi se reći da su ti strojevi koji potpuno ili djelomično zamjenjuju čovjeka u mnogim poslovima. Leonardo da Vinci je oko 1500. godine izradio mehanički automat u obliku lava koji se pokrenuo, rastvorio prsni koš i pokazao francuski grb. Industrijski robot je uređaj koji može manipulirati dijelovima, alatima, pomagalima te prilagodljivim promjenama programa obavljati različite proizvodne zadaće. Industrijski roboti poznatiji su pod nazivom "robotska ruka". Razvoj robota i robotike usko je povezan s razvojem računala i matematike, te mehanike elektrotehnike i elektronike. Industrijska revolucija potaknuta izumom parnog stroja dovela je do poboljšanja rada strojeva, a potom i do pojave automatskog upravljanja strojevima. H. Ford u svojoj tvornici automobila 1914. godine uvodi montažnu vrpcu, koja omogućuje bržu izradu automobila (radnik se specijalizira za izradu/montažu samo jednog dijela automobila, ne mora znati sklopiti čitav auto). Prvim industrijskim robotom smatra se programirani prijenosnik dijelova, a izumio ga je Amerikanac George Devol 1954. godine. [1]

Robot (češ. Robot, prema robota: tlaka, kmetski rad), automatizirani stroj višestruke namjene, koji može obavljati neke zadaće slično ljudskomu djelovanju. Naziv je prvi put upotrijebio 1920. K. Čapek u drami R. U. R. (Rossum's Universal Robots), za opis čovjekolikoga stroja sposobnoga za rasuđivanje, a konstruiranoga kako bi zamijenio ljudski rad u tvornicama. Ta se predodžba o robotima zadržala, no roboti koji se danas praktično primjenjuju ipak se od nje ponešto razlikuju. [2]

## 1.2. Robotika

Robotika, interdisciplinarno znanstveno područje koje se bavi projektiranjem, konstruiranjem, upravljanjem i primjenom robota. Zasniva se na mehanici (strojarstvu), elektrotehnici i informatici, odn. disciplini mehatronici, koja se razvila iz njihove povezanosti; u novije doba istražuju se i rješenja na području bionike. Riječ robotika uveo je I. Asimov u svojoj znanstvenofantastičnoj pripovijetki Izmotavanje (Runaround), objavljenoj 1942., u kojoj je iznio i tri zakona robotike, koji reguliraju postupke inteligentnih robota. (→ robot). [3]

Robotika je nauka sa dizajnom, proizvodnjom, teoretskim proučavanjem i upotrebom robota. Neki autori smatraju da se ne radi o zasebnoj nauci nego o disciplini u sklopu vještačke inteligencije.

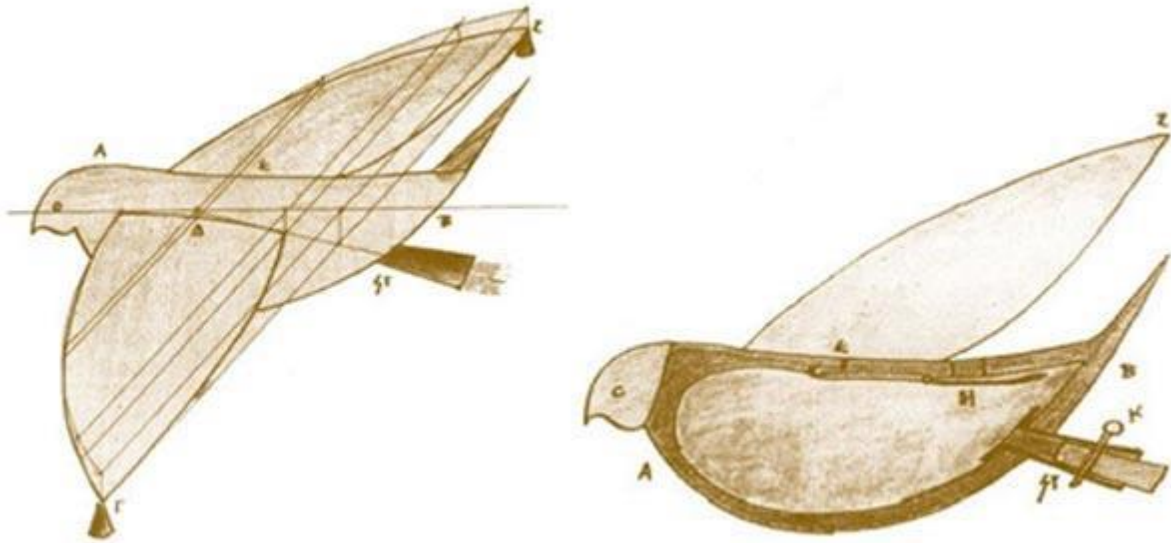
Al-Jazari je 1206. proizveo humanoidni programabilni automat, preteču robota.

Ogranci su:

- animatronika (konstrukcija robota koji liče na životinje - razvijena za Disneyland) i
- telerobotika (područje robotike u vezi sa daljinskom kontrolom robota).

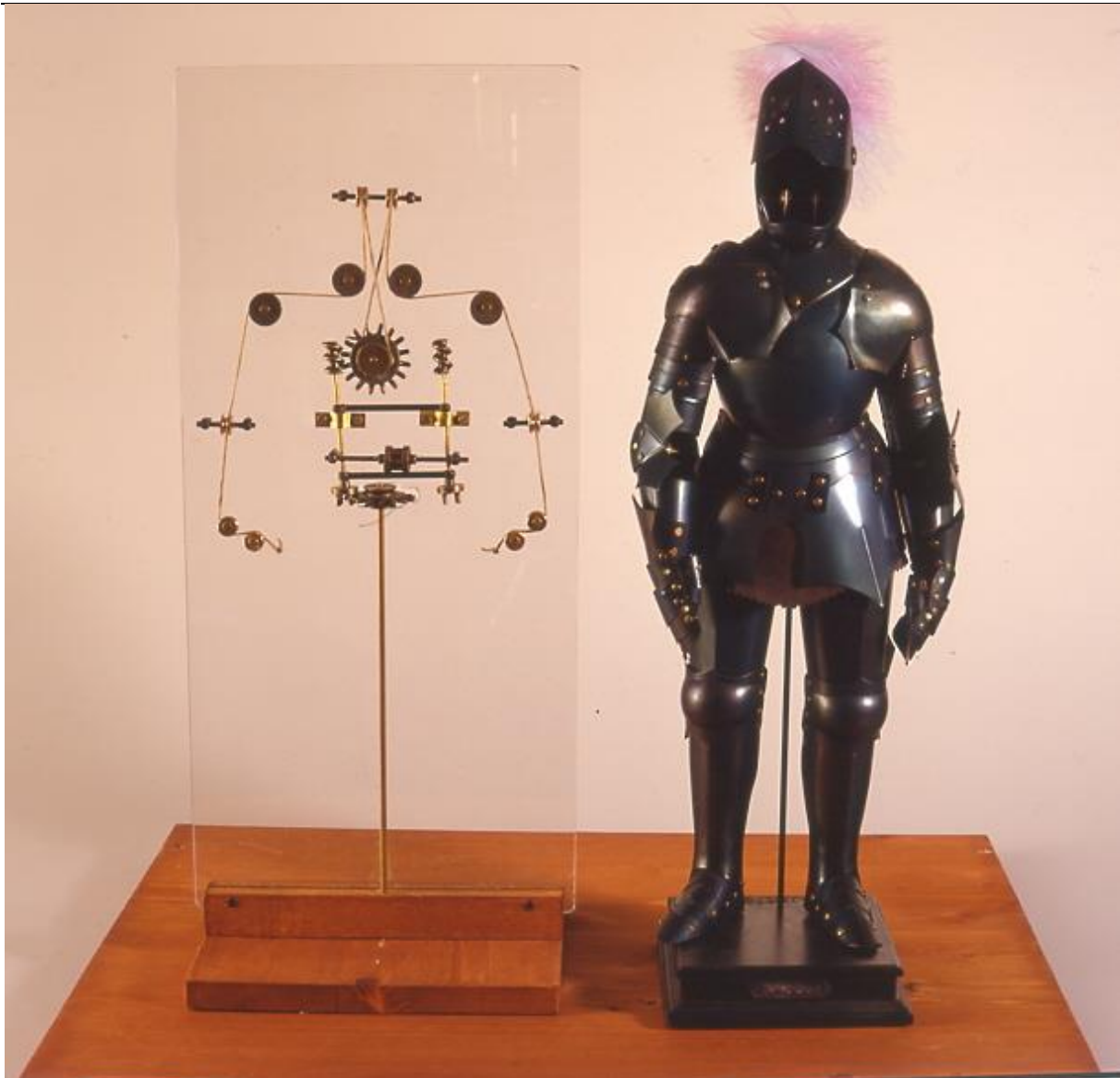
## 1.3. Povijest robotike

Ideja o razvoju robota je iznimno stara, a proizašla je iz čovjekove težnje da pronađe zamjenu za sebe koja bi mogla izvršavati zadatke na efikasniji način od ljudi. Naziv robot prvi je upotrijebio K. Čapek 1920. godine u svojoj drami "R.U.R." za opis čovjekolikog stroja konstruiranog kako bi zamijenio ljudski rad u tvornicama. Ipak, začetke razvoja robota treba tražiti u antičkoj Grčkoj. Koncepti slični robotu mogu se naći u 4. stoljeću prije Krista kad je grčki matematičar Arhita konstruirao mehaničku pticu koja je bila pogonjena parom. Valja napomenuti da je Aristotel u svom djelu "Politika" naglašavao da bi upravo upotreba robota trebala omogućiti ukidanje ropstva.[4]



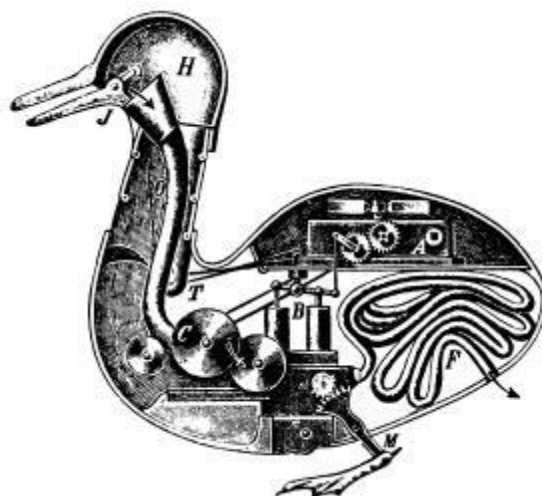
**Slika 1. „Arhitov golub“. [5]**

Unatoč brojnim idejama za konstrukciju automata i robota, prvi pravi oblici modernog robota se javljaju oko 1500. godine kada je Leonardo da Vinci izradio mehaničkog lava koji se pokrenuo, rastvorio prsni koš i pokazao francuski grb. Jedan od prvih snimljenih nacрта humanoidnih robota također potječe od Leonarda da Vincija, gdje se iz njegove bilježnice mogu naći crteži mehaničkog viteza koji je mogao sjesti te pomaknuti svoje ruke i čeljust. Cijeli sustav ovog viteza se temeljio na remenicama i kabelima. Smatra se da je robot nastao kao inspiracija da Vincijevog istraživanja o vitruvskom čovjeku. [6]



**Slika 2. „Leonardov robot-vitez “. [7]**

Oko 1700. godine izrađeno je mnogo automata koji su mogli hodati, crtati, letjeti ili reproducirati glazbu među kojima se posebno ističe djelo Jacquesa de Vaucansona "The Digesting Duck". Vaucansonova patka je mogla oponašati pravi let krila patke (svako krilo je sadržavalo 400 dijelova), jesti zrno te ga probaviti. Japanski obrtnik Hisashige Tanaka, poznat pod nazivom "Japanski Edison", stvorio je niz iznimno složenih mehaničkih igračaka, od kojih bi neke mogle poslužiti čaj.



**Slika 3. Unutrašnjost Vaucansonove patke. [8]**

Vozila na daljinu prikazana su krajem 19. stoljeća u obliku nekoliko vrsta daljinski upravljanih torpeda. Louis Brennan je 1877. izumio svoja torpeda koja pokreću dva kontra-rotirajuća propelera koji se rotiraju brzim izvlačenjem žica iz bubnjeva ugrađenih u sami torpedo. Različite brzine žica su bile povezane s obalnom stanicom što je omogućavalo da torpedo bude usmjeren prema svome cilju, što ga je činilo prvim praktičnim svjetskim pilot projektilom. 1898. godine Nikola Tesla napravio je bežični torpedo koji je trebao prodati američkoj mornarici. Archibad Low je bio poznat kao "otac radijskih vodilica" koje je primijenio na rakete i zrakoplove tijekom Prvog svjetskog rata. Godine 1917. demonstrirao je zrakoplov s daljinskim upravljanjem, a iste je godine izgradio i prvu ručnu raketu.

Industrijski robot je uređaj koji može manipulirati dijelovima, alatima, pomagalicama te prilagodljivim promjenama programa obavljati različite zadatke. Industrijski roboti su poznatiji pod nazivom "robotska ruka". Industrijska revolucija potaknuta razvojem parnog stroja rezultirala je poboljšanjem rada strojeva, a zatim i do pojave automatskog upravljanja strojeva. Prvi industrijski robot koji je našao svakodnevnu primjenu je korišten u Fordovoj tvornici radi povećanja produktivnosti proizvodnje automobilskih dijelova i samih 5 automobila. Bili su to numerički upravljani strojevi za obradu metala, u početku programirani pomoću bušenih kartica, a kasnije elektroničkim računalom. Osim toga, Henry Ford je koristio montažnu vrpцу koja omogućuje bržu izradu automobila. Međutim, to nije bilo dovoljno za maksimalno povećanje



produktivnosti jer je dolazilo do vremenskih zastoja iz razloga što se prijenos dijelova između strojeva vršio ručno. Upravo se prvim pravim industrijskim robotom smatra programirani prijenosnik dijelova, kojeg je izumio Amerikanac George Devol 1954. godine. On je zajedno s Joseph F. Engelbergerom osnovao tvrtku Unimation koja je prva proizvela robota. Njihovi roboti su se još nazivali programibilni prijenosni strojevi jer je njihova glavna uloga u početku bila prenošenje objekata s jedne točke na drugu. Koristili su hidraulične aktuatora i tzv. zglobni koordinatni sustav. [9]



**Slika 4. Unimatov prvi robot . [10]**

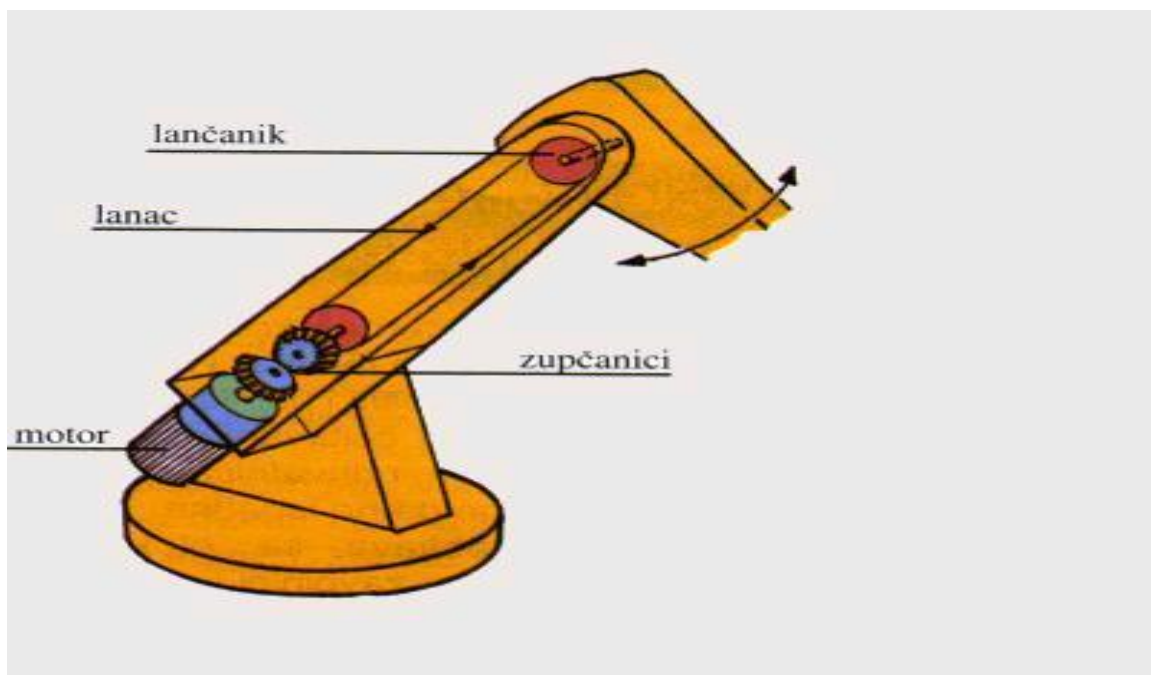
Nakon Fordove uspješne implementacije robota koja je rezultirala povećanjem produktivnosti cijelog proizvodnog sustava, istraživanje i primjena robota je krenula u brojnim poduzećima diljem svijeta. Tu valja posebno istaknuti SAD i Japan koji su najbrže prihvatili implementaciju robota u proizvodni sustav. Unimation je kasnije prodao svoju licencu tvrtki Kawasaki Heavy Industries koja je postavila temelje robotike u Japanu. Godine 1969. Victor Scheinman na Sveučilištu Stanford je izumio tzv. Stanford ruku koja je bilo potpuno električni robot i djelovala je u smjeru 6 osi. To mu je omogućilo točno praćenje proizvoljnih putanja u prostoru i proširilo potencijalnu upotrebu robota na sofisticirane primjene poput montaže i zavarivanja. Industrijski roboti su vrlo brzo preplavili i Europu gdje se posebno ističu tvrtke ABB Robotics i KUKA Robotics koje su lansirale svoje robote na tržište 1973. Osamdesetih godina došlo je do ekspanzije

robota u industriji, ali i svim ostalim granama. Japanci su tako najviše napredovali, pa su 1983. posjedovali 16 000 robota u različitim sektorima proizvodnje. Slijedi, SAD koji je imao čak dvostruko manje robota, dakle oko 8 000. Japan je i danas vodeći po broju korištenih robota u proizvodnji i smatra se da se tamo nalazi čak polovina ukupnog broj robota na svijetu.

Razvoj robota i robotike može se podijeliti u nekoliko faza [11]:

#### 1. Roboti prve generacije:

- automatski ponavljaju zadane pokrete
- najbrojniji u tvornicama i pogonima
- upravljački sustav prilagođen ručnim operacijama
- upotreba: prešanje, zavarivanje itd.



Slika 5. Roboti prve generacije. [12]

## 2. Roboti druge generacije:

- mogućnost snalaženja u nepredvidljivim prostorima- posjeduju senzore
- od senzora dobivaju potrebne informacije
- orijentiranje i postupci u radnom prostoru su programirani
- upotreba: pokretna traka, montaža, bojenje itd.



**Slika 6. Roboti druge generacije. [13]**

### 3. Roboti treće generacije:

- korištenje brojnih senzora i umjetne inteligencije
- opremljeni računalima i specijaliziranim programima
- mogućnost prepoznavanja okoline, analize svojih učinaka i učenja na greškama
- samostalno i inteligentno mijenjaju svoj način rada kako bi se prilagodili uvjetima rada i okolini te na taj način poboljšati učinak



**Slika 7. Roboti treće generacije. [14]**

Roboti 1. generacije nazivaju se još i programski roboti, roboti 2. generacije nazivaju se adaptivni roboti dok se roboti 3. generacije nazivaju još i inteligentni roboti.

Četvrta industrijska revolucija, kolokvijalno Industrija 4.0, nije potaknuta nekim posebnim izumom poput prethodne tri, tako da se javljaju dvojbe radi li se o četvrtoj industrijskoj revoluciji ili kontinuiranom trendu modernizacije.[15]

## 2. PODJELA I VRSTE ROBOTA

### 2.1. Vrste i primjena robota (medicinska, industrijska, vojna, zabavna, uslužna i svemirska)

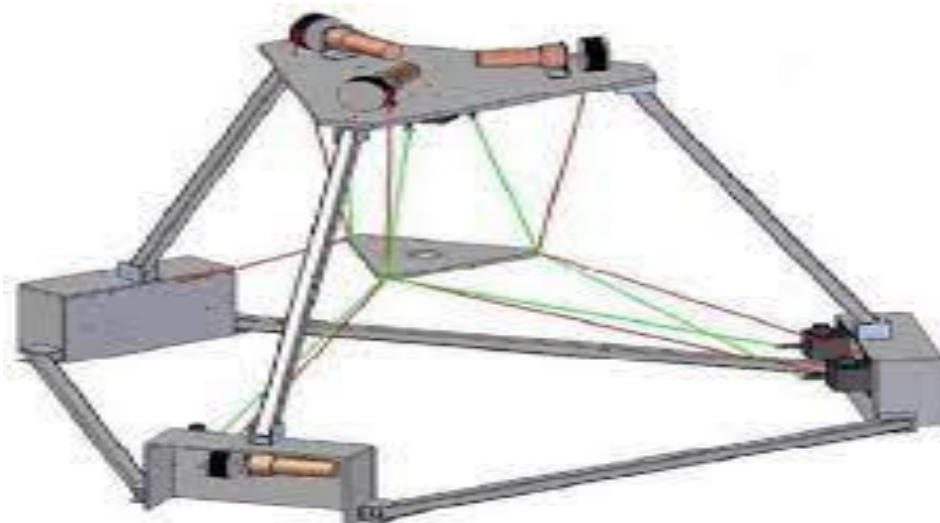
Roboti se razlikuju s obzirom na svoju veličinu, materijale kojima mogu rukovati, motore kojima pogone segmente, vrste senzorskih sustava, kompjuterske sustave koji ih kontroliraju itd. Opća podjela se vrši u odnosu na vrstu pogona, geometriju radnog prostora i načine upravljanja gibanjem. [16]

Prema vrsti pogona se [17] dijeli na slijedeće:

- 1) Električne – koriste se *električni motori* – istosmjerni, izmjenični i koračni, jer su relativno jeftini, s velikom brzinom i točnosti i kod njih je 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 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 njihove su visoke cijene, buka i onečišćavanje okoline zbog mogućeg istjecanja ulja.

Podjela robota s obzirom na geometriju radnog prostora je:

- 1) pravokutne (eng. Cartesian or rectangular) ili TTT,
- 2) cilindrične (eng. Cylindrical) ili RTT,
- 3) kvazicilindrični ili RTR,
- 4) sferne (eng. spherical) ili RRT,
- 5) rotacijske (eng. Articulated) ili RRR,
- 6) scara ili RRRT,
- 7) heksapodne.



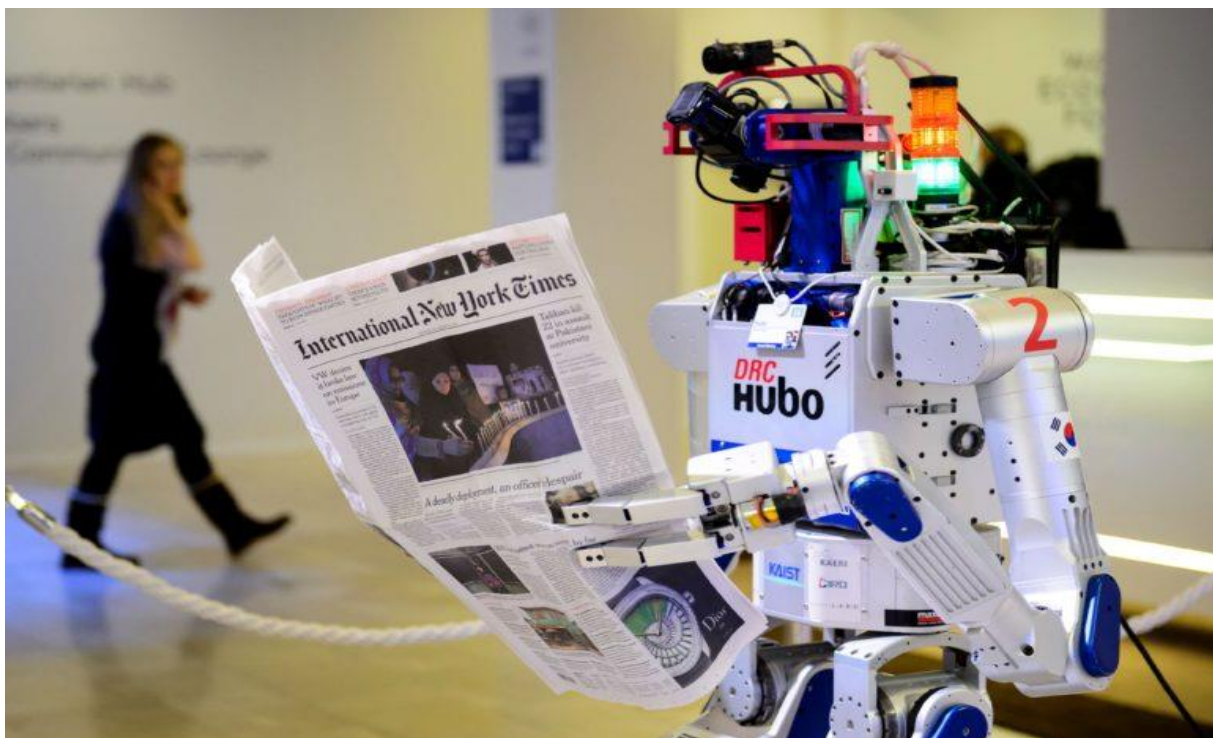
**Slika 8. Heksapodna struktura.**

Postoje dva osnovna načina kretanja vrha robota:

- 1) Od točke do točke (Point to Point)
- 2) Kontinuirano gibanje po putanji (Continuous path)

Kod kretanja od točke do točke vrh robota se kreće po točkama u radnom prostoru pri čemu nije bitna putanja između točaka, ali je važna točnost pozicioniranja.

Pri kontinuiranom kretanju vrh robota se mora kretati po unaprijed određenoj putanji pri čemu je bitna i putanja kretanja i točnosti.



**Slika 9. Suvremeni robot .[18]**

Suvremena se proizvodnja znatno automatizira. Osnovni su razlozi za to:

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

### ➤ **Primjena robota u medicini**

Robote u medicini karakterizira prilagođavanje ljudskim potrebama, roboti moraju imati mogućnost kretati se svugdje, koristiti se rukama i nogama te, kako bi što bolje zadovoljili ljudske potrebe, sve više počinju ličiti na čovjeka. Mikro i nanoroboti izgledna su budućnost i već se naveliko radi na njihovoj implementaciji u medicini. Koristit će se za sprečavanje i otklanjanje krvnih ugrušaka, uništavanje stanica karcinoma, odstranjivanje masnih nakupina u krvnim žilama, uklanjanje parazita i bakterija, razbijanje bubrežnih kamenaca i još mnogo drugih stvari u pružanju zdravstvene zaštite i brizi za pacijente.

Korisnost primjene robota u medicini već je uvelike prepoznata – preciznije i brže obavljanje operativnih zahvata, ovladavanje novim znanjima i uvođenje novih tehnologija što jamči brži oporavak pacijenata i kraći boravak u bolnici. To dugoročno za sobom povlači bolje iskorištavanje resursa bolnice i niže troškove. [19]

Posebno je važan razvoj robota za medicinsku primjenu. Tržište medicinskih robota bilježi stalan rast sa stopom od 11,5 %. Roboti mogu biti od pomoći i u slučaju skrbi za bolesnike u manjim mjestima ili na udaljenim lokacijama gdje nema liječnika specijalista. Za takve namjene razvijaju se TelePresence roboti za udaljenu prisutnost. Osim kretanja i interaktivne komunikacije preko robota liječnik promatra pacijenta, gleda njegove nalaze, a po potrebi uz pomoć medicinskog osoblja sluša mu stetoskopom pluća i srce.



Robotika nalazi svoju primjenu i u razvoju novih robotiziranih proteza i ortoza. Za razliku od postojećih konvencionalnih rješenja koja pasivno pomažu kretanju udova, robotizirane proteze su aktivni uređaji koji se prilagođuju svakom pokretu i omogućuju kvalitetniji život osobama s poteškoćama. Razvoj je usmjeren na povezivanje impulsa iz mozga prema umjetnim udovima.

Na Sveučilištu Johns Hopkins znanstvenici su 2014. montirali pacijentu obje umjetne ruke bez kojih je ostao prije 40 godina. Već samo nakon deset dana pacijent je mogao putem mozgovnih funkcija upravljati s obje umjetne robotizirane ruke.

Kirurška robotika je najfascinantnije interdisciplinarno područje medicine i tehnike. Primjena robota u kirurgiji usmjerena je na minimalno invazivnu kirurgiju u području abdomena, na urologiju i ginekologiju, ali i u području transplantacije organa, oftalmologije i na kraju neurokirurgije. Primjena robota zbog različitih najčešće tehničkih razloga nije jednako zastupljena.

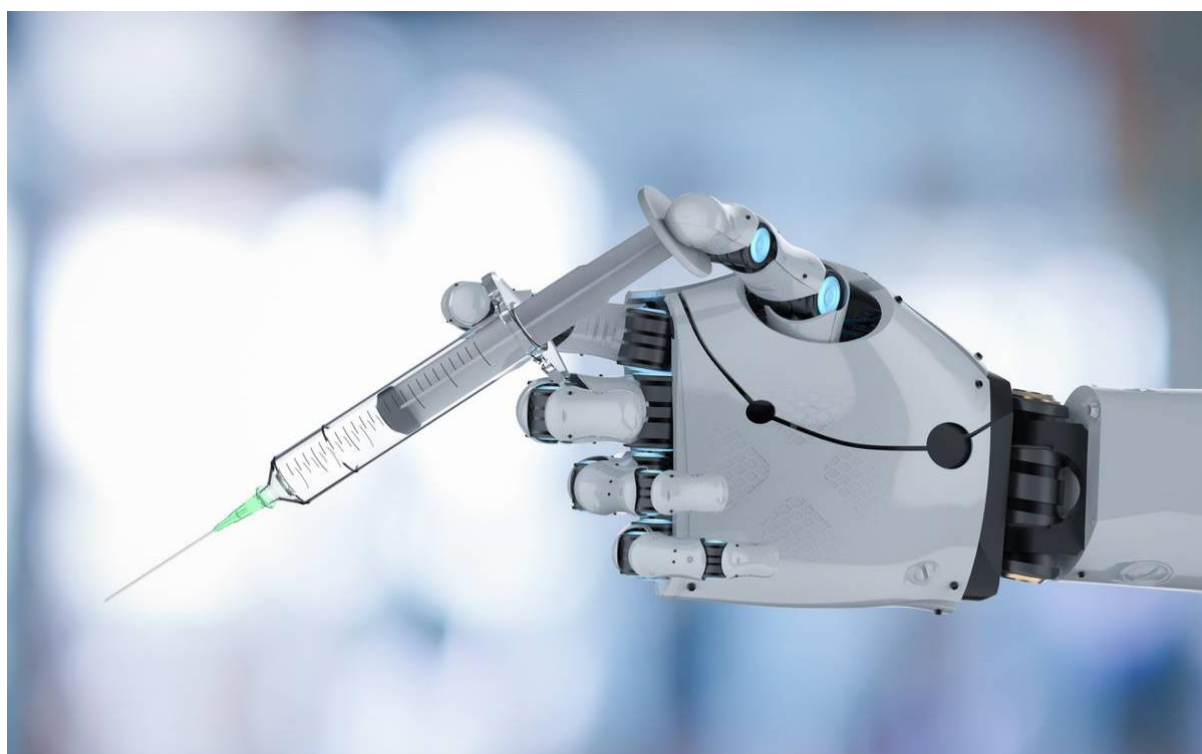
Razvoj umjetne inteligencije i robotike je evolucijski korak koji predstavlja svojevrsni sociološki skok, ističući da tehnologija može biti spremna, ali mi nismo, barem ne još. Potrebna nam je vizija budućnosti u kojoj će nas računala i roboti upotpunjavati kao ljude.

Svim robotskim kirurškim zahvatima prethodi CT (Computed tomography) ili MRI (Magnetic resonance imaging) slika koja je polazište određivanja prostornih koordinata mjesta i plana operacije kao i programskih instrukcija upravljačkom sustavu robota. Kod medicinskih robota traži se visoka sigurnost i pouzdanost rada, jednostavna sterilizacija i zadovoljavanje svih propisa u operacijskoj sali.

Kirurški roboti imaju ugrađena haptička svojstva. Roboti za tu namjenu imaju više mogućnosti rada od kojih je najniža asistentska. Autonomni rad predstavlja konačni cilj razvoja kirurških robota koji će obavljati samostalno kompletan kirurški zahvat ili njegov dio. Njihova primjena je sve veća pa se od 2000. godine kad je bilo tisuću operacija godišnje, povećala na 300.000 operacija u 2012. Danas je u bolnicama u svijetu najzastupljeniji robot za minimalno-invazivnu kirurgiju da Vinci. Iako je to teledirigirani

uređaj naziva se robotom. Pomak robotskih ruku s laparoskopskim ili drugim instrumentima pomiče liječnik svojim rukama ili nogama na konzoli pred ekranom uvećane 3D slike unutrašnjosti mjesta operacije. Usprkos visokoj cijeni do 2013. godine prodano ih je u SAD dvije tisuće, a u ostatku svijeta još dvije tisuće i petsto.

Ortopedija se pokazala izrazito prikladna za primjenu robota te se koristi robot RoboDoc tvrtke CUREXO za ugradnju endoproteza i postavljanje najnovije vrste takozvane pokrovne proteze kuka (hip resurfacing). [20]



**Slika 10. Primjena robota u medicini .[21]**

### ➤ **Primjena robota u industriji**

Prema definiciji, industrijski roboti su prilagodljivi (fleksibilni) programabilni strojevi i može se reći da su u današnje vrijeme postali neizostavani dio suvremene industrijske automatizacije. Analize su pokazale da se uvođenjem robota produktivnost sustava povećava za 20 do 30 %. Neki od vodećih svjetskih proizvođača robota su ABB, Frauc, Kawasaki, Motoman, Kuka, Denso itd.



**Slika 11. Primjena robota u industriji .[22]**

Današnja područja primjene robota u industriji se mogu prema [14] svrstati u četiri kategorije:

- Transport materijala i posluživanje strojeva
- Procesna industrija
- Operacija montaže
- Operacije kontrole kvalitete

#### ➤ **Primjena robota u vojnoj industriji**

Već danas je jasno da će robotika utjecati na društvene i ekonomske promjene snažnije negoli ijedna druga tehnologija dosad. Robot je informacijski stroj koji ima i fizičku stranu. To znači da kao fizičko proširenje računalne tehnologije pretvara informacije u rad neposredno utječući na nas i našu okolinu. Kada se uzme u obzir činjenica da takav stroj koji radi u ljudskoj okolini mora imati određene kognitivne sposobnosti, onda je jasno da će njegov rad snažno utjecati ne samo na pretvorbu materijalnog svijeta već i na socijalne, kulturne i emotivne aspekte našeg života.

Inteligentni strojevi stvorit će nove prilike, ali vjerojatno i probleme. Problemi su već sada upozorjući u društvima koja se presporo prilagođuju ubrzanom razvoju znanosti i tehnike. Iako se problematika ubrzanih promjena i pretvorbe društva u novo tehnološko društvo može promatrati iz različitih perspektiva, glavni problemi proizlaze iz zastarjelog ekonomskog modela o kojemu više-manje ovisi cijeli svijet. Ekonomija koja se temelji na stalnom rastu potrošnje nema budućnost. Ona ujedno usporava prilagodbu društva novim tehnologijama koje traže nove djelatnosti temeljene na novim profitnim načelima. U sadašnjim uvjetima robotika je otimač radnih mjesta. Bez sumnje, u budućnosti će nestati neka zanimanja, kao što se to događalo i ranije kroz povijest. Međutim, svaka nova tehnologija mijenja sliku tržišta rada te donosi nova radna mjesta s novim potrebnim znanjima, odnosno nova zanimanja. Istraživanja Europske unije pokazuju da je uvođenje jednog milijuna robota u proizvodnju izravno zaslužno za otvaranje tri milijuna novih radnih mjesta. Suvremeni tehnološki razvoj također zahtijeva brzu prilagodbu obrazovnog sustava koji mora pratiti nova znanja i izravno sudjelovati u njihovom razvoju, jer je proces obrazovanja spor i zahtijeva vrijeme.

Odnos između čovjeka i stroja ubrzo će postati iznimno važno etičko pitanje. Već se danas vode rasprave o socioekonomskim, pravnim i etičkim pitanjima povezanim s robotskom primjenom u uslužnim i suradničkim djelatnostima. Roboti kao suradnici na radnom mjestu imat će svoja prava i svi ćemo se morati ponašati u skladu s novom roboetikom. Izgleda li nam ta budućnost daleka? Vjerojatno već kuca na vrata, a ako u to uključimo i razdoblje naše prilagodbe već je počela. [23]



**Slika 12. Primjena robota u vojnoj industriji .[24]**

No, najviše je u fokusu javnosti primjena robota u vojsci. Pentagon je nedavno objavio svoju viziju razvoja vojnih robota po kojoj bi sljedećih 25 godina roboti bili presudni za američku vojsku. Od tih već razvijenih robota posljednjih godina najviše pozornosti privlači robot BigDog ili inačica WildCat za prijenos tereta po neravnim terenima. Vrlo je stabilan na svojim nogama i može se kretati vrlo brzo - do 45 kilometara na sat. Njegova je osnovna namjena prijenos tereta za vojne postrojbe koje se kreću po terenu. Drugi još značajniji robot je Atlas koji je namijenjen intervencijama u područjima opasnim za ljude poput nesreća u nuklearnim elektranama, ali očita je krajnja namjena dobivanje vrhunskog robota vojnika. Oba robota razvila je tvrtka Boston Dynamics.

Bespilotne letjelice, dronovi dobivaju konkurenciju u malim robotima letećim kukcima koji u okolišu izgledaju sasvim prirodno i teško su uništivi, jer su mali cilj. Namijenjeni su za djelovanje na kratkim udaljenostima. Dronom s kamerom upravlja se bežično putem laptopa. Mogu biti opremljeni otrovnim kemikalijama za onesposobljavanje neprijatelja, zapaljivim materijalom ili eksplozivom, uz sposobnost preciznog ciljanja mete. Najmanji od njih ima dva centimetra, a najveći dvadeset. Konačni cilj je da svaki američki vojnik ima svog kukca-robotu. [25]



Slika 13. Mini dron. [26]

### ➤ Primjena robota u zabavnoj industriji

Igranje videoigara nekada se smatralo isključivo gubitkom vremena, no razvojem tehnologije i industrije videoigara ta se negativna percepcija uvelike smanjila. Tome je pripomogla i činjenica da danas na tržištu postoji **velik broj igara s edukativnom komponentom**, namijenjenih upravo djeci. [27]

Tehnološki procvat u zabavnoj industriji razvija kreativnost i maštu kroz igranje videoigrica i stvaranje umjetnog virtualnog svijeta. Ubrzani razvoj znanosti i tehnologije doprinosi ubrzanoj dinamici tehnološkog procvata.



Slika 14. Primjena robota u zabavnoj industriji .

➤ **Primjena robota u uslužnim djelatnostima**



**Slika 15. Primjena robota u uslužnim djelatnostima .[28]**

Nakon godinu dana pandemije vlasnici restorana suočili su se s mnogim problemima kada su opet odlučili otvoriti svoja vrata. Nedostatak radnika doveo je do poteškoća u poslovanju kao i poskupljenje hrane koje je umanjilo profit. Na proljeće većina restorana nije bilo adekvatno opremljena. Predviđanja su da će razlike između izvrsnih i prosječnih restorana biti puno uočljivije nego dosad te da osim poskupljenja cijena u budućnosti možemo očekivati da će umjesto konobara goste barem djelomično posluživati roboti, piše Insider.

Vlasnici restorana su se često oslanjali na radnike do krajnjih granica, a niske plaće i što jeftiniji sastojci ključni su za natjecanje u ugostiteljskom sektoru. Vrhunski restorani opravdavaju zlouporabu ako je potrebna za stvaranje vrhunskog iskustva u objedovanju, kao i verbalno zlostavljanje koje se smatra ključnim za održavanje točnosti kuhinja.

Radnici u restoranima su zbog takvog ponašanja napuštali svoja radna mjesta tijekom proljeća. S obzirom na to da je broj radnih mjesta rekordno visok, ne čudi da zaposlenici restorana preispituju svoj rad. Ležerna mjesta i mjesta s brзом hranom također teško zapošljavaju, a intenzivna konkurencija čini povećanje plaća manje izvedivim.

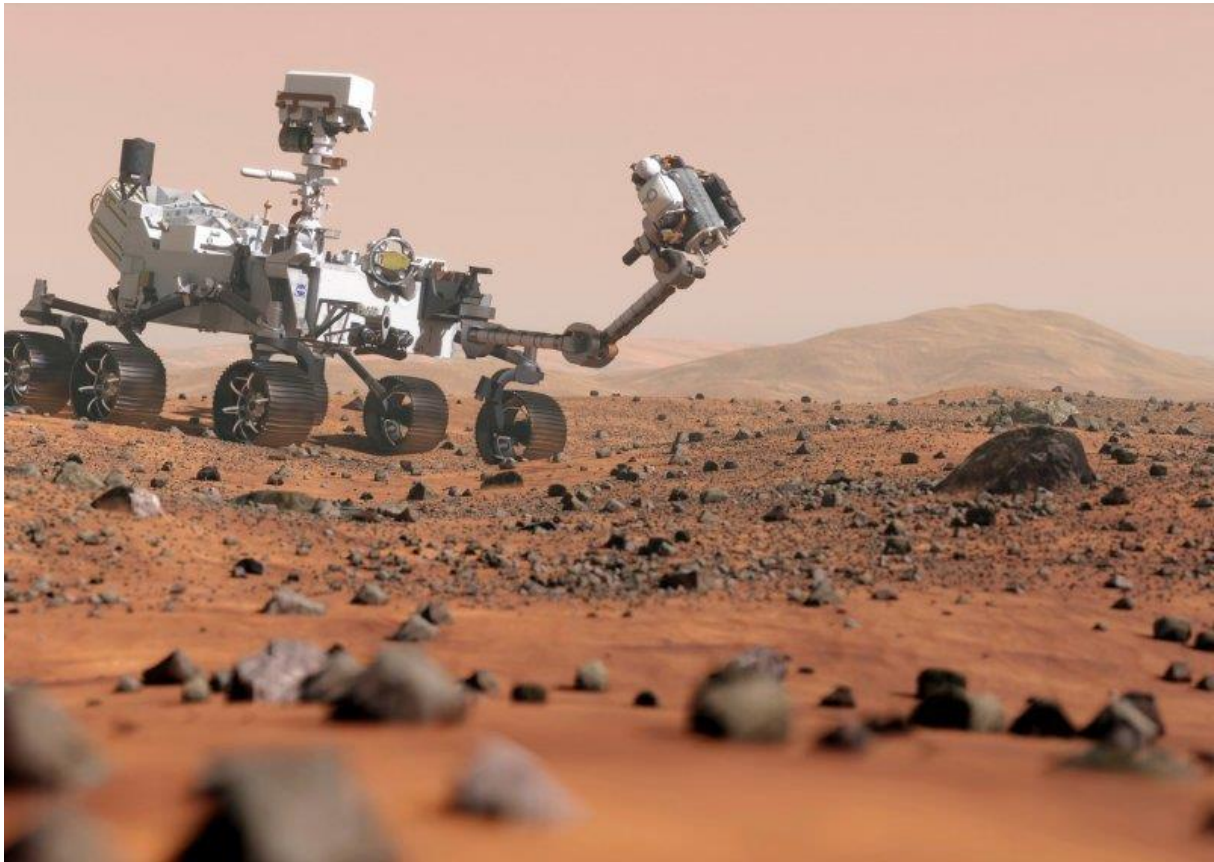
McDonald's trenutno testira AI softver za naručivanje, Dave & Buster's proširuje svoj sustav beskontaktnog naručivanja, Cracker Barrel sada omogućuje plaćanje obroka pomoću aplikacije, Starbucks uvodi automatizirani sustav naručivanja zaliha u 1.500 trgovina itd. Stephen Klein, izvršni direktor robotske tvrtke Hyphen rekao je da je tvrtka nedavno uvela automatizaciju koja može napraviti 350 obroka u jednom satu, zamijenivši cijeli tim osoblja. Roboti se mogu programirati da svaki obrok ili piće naprave točno onako kako je planirano. Ta učinkovitost štedi novac za vlasnike, smanjuje stres za radnike i neugodnost za kupce. [29]

### ➤ **Primjena robota prilikom ispitivanja Svemira**

Ljude je odavno zanimalo od čega je napravljen Mjesec i drugi planeti. Jesu li slični Zemlji, ili pak nisu? Odgovor na to pitanje mogu pružiti samo uzorci stijena s površine nekog planeta ili mjeseca, ali pribavljanje uzoraka nije jednostavno, niti jeftino. Tek u 20. stoljeću ostvarila se prva mogućnost da neposredno istražimo neki nezemaljski objekt, nama najbliži – Mjesec. Slanje ljudske posade u svemirskim misijama prikupljanja uzoraka je iznimno skupo i rizično, no kad su već bili na Mjesecu, astronauti su bili zaduženi i za obavljanje različitih znanstvenih eksperimenata uključujući istraživanje mjesečeve površine i prikupljanje uzoraka stijena i tla (regolita). Tako su posade programa Apollo na Zemlju donijele 380.96 kg uzorka stijena i tla (regolita) s površine Mjeseca. Robotsko sakupljanje i povratak uzoraka

Najrizičnije i najteže svemirske misije su one koje za povratak uzoraka zahtijevaju slijetanje na neko svemirsko tijelo poput asteroida, mjeseca ili planeta. Potrebno je mnogo vremena, novca i tehničke sposobnosti da bi se uopće pokrenuli takvi planovi. To je kompleksan podvig koji zahtijeva da se sve, od lansiranja do slijetanja na neko svemirsko tijelo, pa sakupljanja uzoraka i lansiranja natrag na Zemlju, isplanira s velikom preciznošću. [30]





**Slika 16. Primjena robota u istraživanju Svemira .[31]**

### 3. INDUSTRIJSKI MANIPULATORI (vrste i primjena, zavarivanje, poliranje, sortiranje)

Najčešće industrijski roboti, fiksne robotske ruke i manipulatori koriste se prvenstveno za proizvodnju i distribuciju robe. U robotici manipulator je uređaj koji se koristi za manipulaciju materijala bez izravnog kontakta. Primjene su bile izvorno za suočavanje s radioaktivnim ili biohazardnim materijala, pomoću robotske ruke, ili u nepristupačnim mjestima. U novije vrijeme se koriste u robotski-potpomognutim operacijama i u svemiru. To je ruka poput mehanizama koji se sastoji od niza segmenata, obično pomičnih ili spojenih, što hvata i pomiče predmete s određenim brojem stupnjeva slobode. [32]

Robotsko zavarivanje je jedna od najzastupljenijih aplikacija industrijskih robota i ovo je područje gdje do punog izražaja dolazi brzina, preciznost i neprekidan rad robota, bilo da je u pitanju elektrolučno, točkasto ili neko drugo zavarivanje.

Osnovne odlike robota su samostalnost u radu, fleksibilnost i programabilnost. Iako im se mijenjaju parametri rada, može mu se vrlo brzo dati potpuno novi radni zadatak. U gotovo svim poslovima koji im se povjeravaju, roboti se pokazuju kao znatno precizniji i brži od čovjeka. Također, robot nema određeno radno vrijeme, ne umara se, nema pauze, nema godišnjeg ni bolovanja. Najvažnije od svega roboti mogu raditi u uvjetima koji nisu dobri za zdravlja čovjeka ili su opasni po život čovjeka.

Roboti rade brže nego ljudi, a rade uvijek isto – precizno i nepogrešivo – pa je krajnji rezultat i kvalitetniji proizvod i zadovoljavajuće kvalitete.

Pored uštede u vremenu i angažiranoj radnoj snazi, ušteda može biti i u tome što roboti mogu zamijeniti bolje plaćen kvalificirane radnike (varioce) manje kvalificiranim radnikom koji služi robota (koji vari). Problem kod robota je što nisu jeftini. Cijena, naravno, ovisi od primjene. Za najjednostavniji robotski sustav treba izdvojiti oko 50.000 eura, dok primjerice, cijela linija od više desetaka robota za sklapanje karoserija u automobilskoj industriji može koštati i do 50 milijuna eura. Čisto ekonomski gledano, robot može se može isplatiti već za pola godine, što pokazuju upravo primjer roboti zavarivači, pod uvjetom da se mudro i intenzivno uposle.

Najvažnije prednosti automatiziranog zavarivanja su preciznost i produktivnost. Robotsko zavarivanje poboljšava ponovljivost vara. Kad se jednom robot programira točno, robot će proizvesti precizne, identične zavare svaki put na dijelovima istih dimenzija i specifikacija. Automatizirani pokreti pištolja smanjuju potencijalnu grešku, što znači smanjenje otpada i

prepravljanja. Sa robotskim zavarivanjem se može postići i povišena produktivnost. Robot ne samo da radi brže od čovjeka, već može raditi i 24 sata dnevno, 365 dana u godini bez prestanka (nema bolovanja i godišnjeg), što je mnogo učinkovitije od ručnog zavarivanja, pod uvjetom da je potpuno opremljen i optimiziran.

To je možda i najbitnija prednost automatiziranog zavarivanja je ta što robotsko zavarivanje uklanja rizik ozljede, pomjerajući operatera dalje od štetnih isparavanja i rastaljenih metala blizu varnom luku. [33]



**Slika 17. Robotizirano MIG/MAG zavarivanje**

Zbog svojstava rukovanja materijalima, manipulacije i mjerenja, industrijski roboti imaju uspješnu primjenu u proizvodnim procesima. U proizvodnim procesima svaki objekt (materijal) može se prenijeti sa jednog mjesta tvornice na drugi radi čuvanja, daljnje obrade, montiranja i pakiranja. Tijekom prijenosa, fizičke karakteristike objekta nisu podvrgnute nikakvim promjenama. Sposobnost robota da podigne objekt, prenese ga u prostoru po unaprijed definiranoj stazi i otpusti, čini ga idealnim kandidatom za rukovanje materijalima.

Neke od najvećih tvrtki, kao što je svjetski poznati Amazon, ulažu u robotizaciju svojih skladišta kako bi povećali produktivnost smanjenjem nepotrebne radne snage i povećanjem preciznosti rada. Jednom kada su radnici zamijenjeni robotima, krenuli su na tečajeve kojima bi postali operatori tih robota te bi samim time mogli upravljati njima te ih nadzirati [34].

Postoje različite vrste robotizacije skladišta, te je svaki sustav prilagođen skladištu u kojem radi. Za primjer ćemo ovdje koristiti robote tvrtke Fetch Robotics. Potrebno je napomenuti da su ti roboti još uvijek u razvoju, no odabrani su jer obećavaju značajnu prednost nad trenutnim robotskim sustavima koju su u praktičnoj primjeni. Fetch Robotics je razvio dvije vrste robotskih vozila, od kojih svaki obavlja određene zadatke. Jedan robot služi za prijevoz robe dok drugi služi za dohvaćanje robe sa polica te stavljanje te robe na robota za prijevoz [35]. Primjer toga možemo vidjeti na slici 18.



**Slika 18. Prikaz robota za dohvaćanje i robota za prijevoz robe [36]**

### 3.1. Poliranje opis postupka

Poliranje (njem. polieren: laštiti < starofranc. polir < lat. polire: gladiti), postupak fine obradbe materijala za postizanje glatkoće i sjaja površine. Provodi se trošenjem (habanjem) površine uz pomoć tvrdih čestica male znatosti (→ abrazivi), koje se u pasti ili tekućini nanose na tekstilnu, krznenu ili drugu prilagodljivu površinu alata za poliranje. Mehaničko poliranje trljanjem površine može se provoditi ručno ili uz pomoć stroja. Obično se ne primjenjuje kao samostalan postupak, već se redovito provodi nakon brušenja ili druge fine obradbe. Zbog malene količine materijala što se skine u jedinici vremena, razmjerno je dugotrajan postupak. Osim mehaničkoga poliranja, postoji i kemijsko poliranje te elektropoliranje. [37]

Kvalitetno poliranje provodi se u nekoliko faza: [38]

1. Priprema površine: sušenje, čišćenje, prepoznavanje najneispravnijih područja i ogrebotina, odmašćivanje površine, lijepljenje trakom. Nanošenje gline za poliranje na čisto tijelo. Ovo će ukloniti sve preostale ostatke. Ako se na tijelu nađu ozbiljniji metalni iver, tada će naknadno biti upadljivi. Stoga se takva oštećenja moraju popraviti bojanjem lakom, a zatim obraditi.
2. Brušenje abrazivnom pastom. U ovoj se fazi uklanjaju duboke ogrebotine. Abraziv uklanja lakiranje debelo do sedam mikrona. Majstor koristi diskove za poliranje na koje se nanosi abrazivna pasta. Ovo je najduži i najteži postupak koji zahtijeva određene vještine. Potrebno je ne samo ukloniti ogrebotine, već i ne pokvariti lak.

*Kotači za poliranje također se razlikuju po tvrdoći. Obično se razlikuju po boji: bijeloj, narančastoj, plavoj, crnoj.*

Prva dva imaju tvrdu i srednje tvrdu teksturu. Također, obrtnici-potrošači koriste strojeve za poliranje i ekscentrične strojeve. Rad s abrazivnom pastom odvija se pri brzinama od 900 do 2000 o / min.

3. Restorativno brušenje finom abrazivnom pastom. Uklanjaju se mali rizici i ogrebotine.
4. Zaštitno brušenje neabrazivnom pastom. Zaštita tijela i poboljšanje sjaja. Za završno poliranje uzmete meke kotačiće za poliranje crne i plave boje.

#### **4. POLIRANJE PROZVODA UZ POMOĆ INDUSTRIJSKOG MANIPULATORA**

Industrijski manipulatori roboti, robotske ruke nezaobilazan su alat u serijskoj proizvodnji. Današnji roboti najčešće se sastoje od konstrukcije s pripadnim pogonskim uređajima, senzora i upravljačkog uređaja. Industrijski roboti često imaju mehanizam nalik na ljudsku ruku sastavljen od niza segmenata povezanih rotacijskim ili translacijskim zglobovima; svaki od njih daje završnomu dijelu (šaci) slobodu gibanja oko ili u smjeru jedne od triju osi. Upravljanje robotima ostvaruje se kontrolom njihove kinematike i dinamike. Kinematika robota opisuje geometriju njihova gibanja, poziciju i orijentaciju pojedinih dijelova, njihove brzine i ubrzanja. Dinamika robota opisuje njihovo dinamičko ponašanje u stvarnim uvjetima gibanja, koje uključuje sile i momente. Ukupni dinamički model robota ujedinjuje dinamiku pojedinih sloboda gibanja (manipulatora), kao i dinamiku senzora i pogona (aktuatora). Za procese upravljanja rabe se vrlo brza računala, koja imaju sposobnost izračunavanja upravljačkih varijabla u realnom vremenu, tj. vremenu u kojem treba izračunati nove upravljačke varijable za sljedeći interval vođenja robota u određenom procesu. Računala za vođenje robota koriste se i za optimiranje i adaptiranje procesa vođenja, te za kontinuirano podizanje stupnja inteligencije, odnosno stupnja autonomnosti robota. [39]

Industrijski naziv za robote koji mogu automatski polirati su roboti za poliranje. Najčešće se koristi u području IT, 3C, u proizvodnji industrijskih i auto dijelova, uređaja u medicini i civilnih proizvoda. Roboti mogu polirati gotovo sve materijale kako bi se postigla visoka završna kvaliteta obrade i to na jednostavan, fleksibilan i precizan način. U proizvodnji se često podrazumijeva kao obrada odvajanja čestica: skidanje srha i poliranje.

Najveća ekspanzija primjene robota je u industrijama, no danas se sve više koristi u medicinskim svrhama. Područje primjene je široko, ali isto tako nisu prikladni za sve vrste zahvata, ovisе o vrsti istog te o raspoloživosti korištenja današnje tehnologije.

U robotici pod pojmom manipulatora podrazumijeva se uređaj za manipuliranje materijala bez ikakvog izravnog kontakta. Takvi manipulatori su prvotno bili za suočavanje s radioaktivnim materijalima i za rad na nepristupačnim mjestima.

Industrijski roboti su danas vrlo važan sastavni dio brojnih automatiziranih proizvodnih procesa. Zahvaljujući razvoju modernih tehnologija cijena industrijskih robotskih sistema je sve niža. Zbog toga raste isplativost primjene robota, a broj instaliranih industrijskih robota neprekidno raste. Zahvaljujući raznovrsnosti senzora i izvršnih elemenata roboti danas mogu biti efikasno korišteni u velikom broju industrijskih primjena. Snažno razvijena automobilska industrija učinila je zavarivanje glavnom smjernicom za primjenu industrijskih robota. U Njemačkoj se npr. oko 30% svih instaliranih robota koristi za točkasto i linijsko zavarivanje. Predviđa se kako će kod montaže snažno porasti broj instaliranih robota u budućnosti. Kod montaže se zahtijeva velika preciznost kod spajanja pojedinih dijelova (posebno kod nano i mikrotehnologija), što će biti omogućeno primjenom modernih visokopreciznih senzora.

U posljednje vrijeme se povećava i broj primjena robota u obradnim procesima kao što su struganje, brušenje, bušenje, poliranje itd., pri čemu se razlikuju dvije varijante:

1. kod manjih obradaka, robotska ruka drži sam obradak koji se na mašini obrađuje alatom
2. kod većih obradaka, robotska ruka drži alat za obradu, a sam obradak je fiksiran na postolju

Kod obje varijante robot mora biti u stanju slijediti zadane putanje obrade, te ih ispravljati uz pomoć ugrađenih senzora.

Primjena industrijskih robota vodi do povećanja produktivnosti proizvodnog sistema. Također se postiže povećanje kvalitete izrade proizvoda i smanjenja škarta. Uvođenjem robota u proizvodni proces radnici se oslobađaju teškog fizičkog posla i premještaju se iz po zdravlje opasne radne sredine na mnogo ugodnija radna mjesta upravljana strojevima, čime ih se potiče na dodatnu edukaciju kako bi te nove zadatke mogli izvršiti. [40]



Poliranje se koristi za poboljšanje izgleda obratka, za uklanjanje oksidacije, za stvaranje reflektirajuće površine, za smanjenje trenja na stjenkama cijevi, u medicini za spriječavanje onečišćenja instrumenata. U metalografiji i metalurgiji poliranje se koristi za stvaranje ravne površine bez grešaka (defekata) za ispitivanje mikrostrukture metala pod mikroskopom. Poliranje je dorada zaglađivanja površine obratka pomoću abraziva i alata lamelnog koluta. To je široko rasprostranjen postupak obrade površine. Najčešće se koristi nakon brušenja. Fino brušenje može postići stupanj hrapavosti površine do N3, dok se kod poliranja može dostići stupanj hrapavosti površine N1. Poliranje se izvodi radi odstranjivanja ogrebotina zaostalih nakon brušenja. [41]

Roboti za poliranje povećavaju ukupnu kvalitetu i produktivnost na proizvodnoj liniji. Automobilske proizvodne linije koriste robote za poliranje kako bi osigurale automobilima sjajnu završnu obradu. Industrijska obrada robota poliranjem robota važna je jer će poboljšati ukupnu estetsku kvalitetu proizvoda.

Današnji proizvođači koriste automatizaciju za sve vrste procesa u svojim trgovinama. Od svih proizvođača koji koriste automatizaciju, automobilska industrija možda je najjače automatizirana od svih. Imaju robote koji zavaruju automobile i sastavljaju automobile - imaju čak i robote za poliranje kako bi bili sigurni da ti automobili imaju lijep sjajni završetak dok silaze s crte.

Robotsko poliranje važno je proizvođačima automobila jer uistinu dobro završavaju proizvod poboljšavajući ukupnu estetsku kvalitetu proizvoda. Robot za poliranje može isporučiti namjeran, čist i dosljedan sjaj svakom dijelu radnog komada. Time se smanjuju pogreške ili nedostaci u završnoj obradi koji mogu oštetiti vrijednost komada na tržištu.

Također, roboti za poliranje mogu primijeniti točan i dosljedan pritisak na komad, pri čemu ručne aplikacije mogu primijeniti pritisak teži u jednom području od drugog, što opet uklanja dosljednost koja komadu daje besprijekoran završetak.

Automatizirajući svoje aplikacije za poliranje robotikom, proizvođači automobila mogu pratiti i svoje stope proizvodnje. Na primjer, jedan internetski članak navodi da Toyota proizvodi oko 1.546 automobila dnevno. Ljudski radnici ne bi mogli u jednom danu na odgovarajući način ispolirati sve te automobile. Iako poliranje preko 1.000 automobila dnevno možda nije moguće za čovjeka, sve je u dnevnom poslu za robota koji može raditi 24 sata dnevno, 7 dana u tjednu bez zastoja.

Sve u svemu, roboti za poliranje štede vrijeme i novac proizvođačima, kao i nekoliko drugih industrijskih robota koji rade u tvornicama širom svijeta. Poznati certificirani robotski polirači su tvrtke poput FANUC, Motoman, ABB, Universal Robots i KUKA. [42]

U stručnom dijelu rada daje se prikaz robotskog poliranja zatvarača koji čini sastavni dio pješačkog naoružanja pištolja hrvatske tvrtke HS produkt d.o.o. koja je trenutni lider Hrvatske obrambene industrije. Proizvodni pogoni i sjedište Tvrtke je na području grada Karlovca, HS Produkt ukratko predstavlja trenutno jednu od najmodernijih tvornica za proizvodnju pješačkog naoružanja te je jedna od tvornica sa najvećom proizvodnjom pištolja u svijetu. Ključni referentni proizvodi tvrtke su: poluautomatski pištolji i revolveri raznih kalibara (Pištolji HS Produkta proglašavani su pištoljem godine u SAD-u u 2003., 2006., 2009 i 2013. godine.) te proizvodnja jurišne puške VHS koja se trenutno nalazi u službenoj upotrebi u Ministarstvu obrane RH.[43]

Poliranje zatvarača pištolja obavlja se pomoću industrijskog manipulatora robotske ruke na pneumatski pogon. Pneumatski pogon ima relativno nižu cijenu, veliku brzinu rada, ne očišćuje okolinu te takvi pogoni nisu pogodni za rad s velikim teretima. Robotska ruka odnosno inudistrijski manipulator pomoću kojeg se obavlja poliranje zatvarača pištolja je poznati certificirani robotski polirač tvrtke FANUC model FANUC M-710iC (50). Slika 19 prikazuje robotsku ruku FANUC M-710iC (50) koja se koristi za poliranje zatvarača.



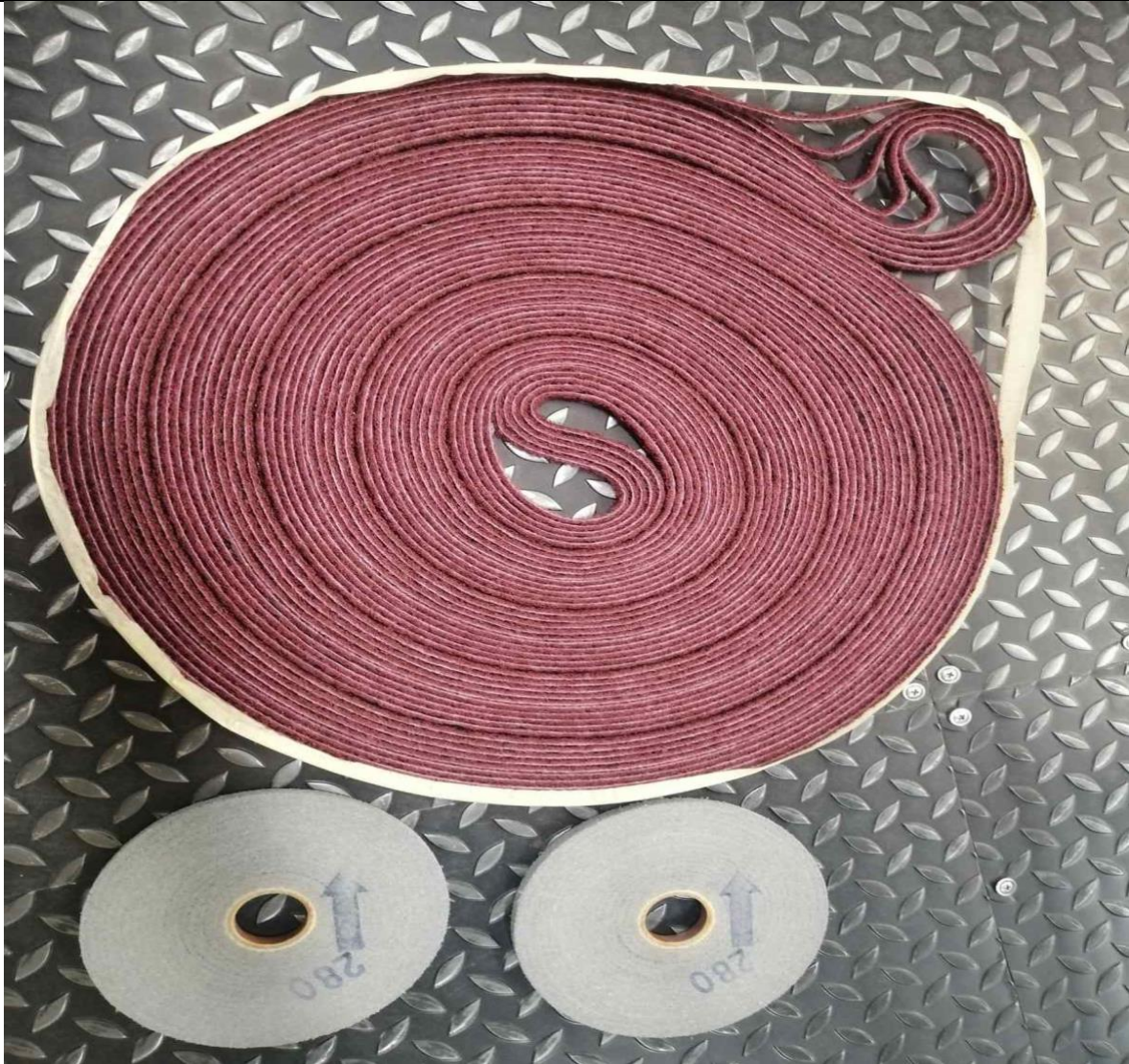
**Slika 19. Robotska ruka FANUC M-710iC (50) [44]**

FANUC M-710iC (50) jedan je od inteligentnih robota FANUC- a. Izvođenje aplikacije za doziranje, rukovanje materijalom i pakiranje nije problem za ovu industrijsku ruku robota. Robot je premazan zaštitinim epoksidom. Zglob, koji je često izložen najgorem stanju, može izdržati pranje pod visokim tlakom. Svaki spoj ima dodatne brtve i svaki vijek je premazan. 710 iC (50) može se uroniti u tekućinu od 15 cm do 1 m i certificirano je zaštićen od sve prašine, čime se smanjuje trošenje. Čak je robotova baza zaštićena, dizajnirana da istisne zrak, čime se sprječava prodiranje vanjskog zraka u robotsku ruku.

FANUC 710ic-50 ima prirubnicu za ručni zglob i osnovnu montažu koja je standardna za seriju, što omogućuje besprijekornu kompatibilnost unatrag i mršaviji proizvodni proces. Robot je robustan i brz. 710iC/50 može podići nosivost od 50 kg i vodoravno doseći 2050 mm. M-710iC/50 savršen je za postavke lijevaonice-može izvesti niz aplikacija, uključujući rukovanje materijalom, utovar stroja, montažu, brušenje, poliranje i uklanjanje ivice. Fleksibilnost ga čini vrlo privlačnim za potrošače kao način povećanja produktivnosti uz uštedu novca. [45]

Važno je istaknuti da je FANUC korporacija koja razvija najnoviju generaciju robotskih sustava koja pruža značajna poboljšanja kvalitete, proizvodnje i povrata ulaganja u prerađivačku industriju. Fanuc proizvodi vrlo intuitivno, jednostavne kontrolere i poznatu NC numeričku kontrolu: s antropomorfnim robotima, FANUC je u dominantnom položaju na tržištu kako bi postigao izvrsne rezultate. [46]

Za poliranje zatvarača koji čini sastavni dio pištolja koriste se brusna traka i brusni kotači. Brusna traka je naštimana isprogramirana da ispolira 100 komada zatvarača, nakon što ispolira 100 komada zatvarača okrene stol i robot stane sa radom. Brusna traka koja je navedena u samom poročenju rada prikazana je na slici 20., koristi se za poliranje 100 – 110 komada zatvarača, a kotači imaju duži vijek mogu trajanja tako da kotači mogu izdržati poliranje i do cca 250 komada zatvarača. U samom procesu poliranja zatvarača pomoću robotske ruke FANUC M-710iC (50) jedna brusna traka se mora zamijeniti nakon cca 1,5 h ili 2 h, nakon postupka poliranja dok brusni kotači izdrže u prosjeku cca 3 h. Brusna traka se troši brže od brusnih kotačića prilikom postupka poliranja zatvarača.



**Slika 20. Brusna traka i brusni kotači**

U samom procesu poliranja zatvarača pomoću robotske ruke neophodna je stalna prisutnost operatera. Uloga operatera je da cijelo vrijeme nadzire i kontrolira rad industrijskog manipulatora robotske ruke, te da uz pomoć upravljačke jedinice joysticka korigira rad robotske ruke ukoliko se za tim ukaže potreba. Operater pored toga što upravlja pomoću joysticka cijelim procesom rada robotske ruke mora također u svakom trenutku pratiti i nadzirati da li robotska ruka ima sve od pomoćnih materijala kao što su brusna traka i/ili brusni kotačići kako bi se cijeli proces poliranja zatvarača odvijao kontinuirano. Slika 21. prikazuje upravljačku jedinicu FANUC M-710iC (50) odnosno kontrolni ekran.



**Slika 21. Upravljačka jedinica**

Prva faza u postupku poliranja započinje na taj način da operater ulazi u kavez u kojem se nalazi industrijski manipulator robotska ruka te fizički uzima prvi komad zatvarača te stavlja u robotsku ruku te upravlja ručno robotskom rukom dio po dio usporeno na 5% brzine robotske ruke. Uloga operatera je da prilikom poliranja prvog obratka provjerava da li robotska ruka prati pravac točno zadanih osi, sve se odvija vrlo usporeno tako da operater ima dovoljno vremena da pomoću joysticka usmjeri robotsku ruku da pravilno obavlja sve faze poliranja. Nakon što operater ručno provjeri i utvrdi da su sve zadane koordinate točne, precizne i pravilne pušta automatski jedan komad. Ukoliko prvi komad zatvarača robotska ruka započne pravilno polirati tada se brzina od 5% poveća te se pomoću joysticka prebaci na automatsko upravljanje. Nakon toga operater upravlja s joystickom te pušta da robotska ruka ispolira preostalih 99 komada zatvarača. Na postavkama softvera programski je definirano poliranje 100 komada zatvarača. Na slici 22. može se vidjeti izgled obratka zatvarača prije poliranja.



**Slika 22. Izgled obratka (zatvarača) prije poliranja**

Važno je napomenuti da je robot FANUC M-710iC (50) na pneumatski pogon, isprogramiran je na engleskom jeziku te se kreće od točke do točke. Tijekom druge faze poliranja robot uzima jedan po jedan komad zatvarača sa stola te ga polira, nakon što ga ispolira uzima drugi komad zatvarača i sve tako dok ne ispolira posljednji komad. Prilikom rada robotska ruka cijelo vrijeme obavlja iste funkcije uzima zatvarač sa stola, zatim polira zatvarač, te ga vraća odlaže na isto mjesto odakle ga je uzeo, te uzima novi komad zatvarača sve dok ne dođe do posljednjeg zatvarača odnosno u našem slučaju 100-og komada. Robotska ruka uzima jedan po jedan dio za poliranje i prislanja ga na os x, y, z korigira se linija kretanja robotske ruke. Operater djeluje u kontekstu usmjeravanja robota uz minimalne korekcije, koordinate su već zadane isprogramirane. Slika 23. prikazuje okretni stol sa kojeg robotska ruka uzima zatvarače prije poliranja, te vraća ispolirane obratke nakon poliranja.



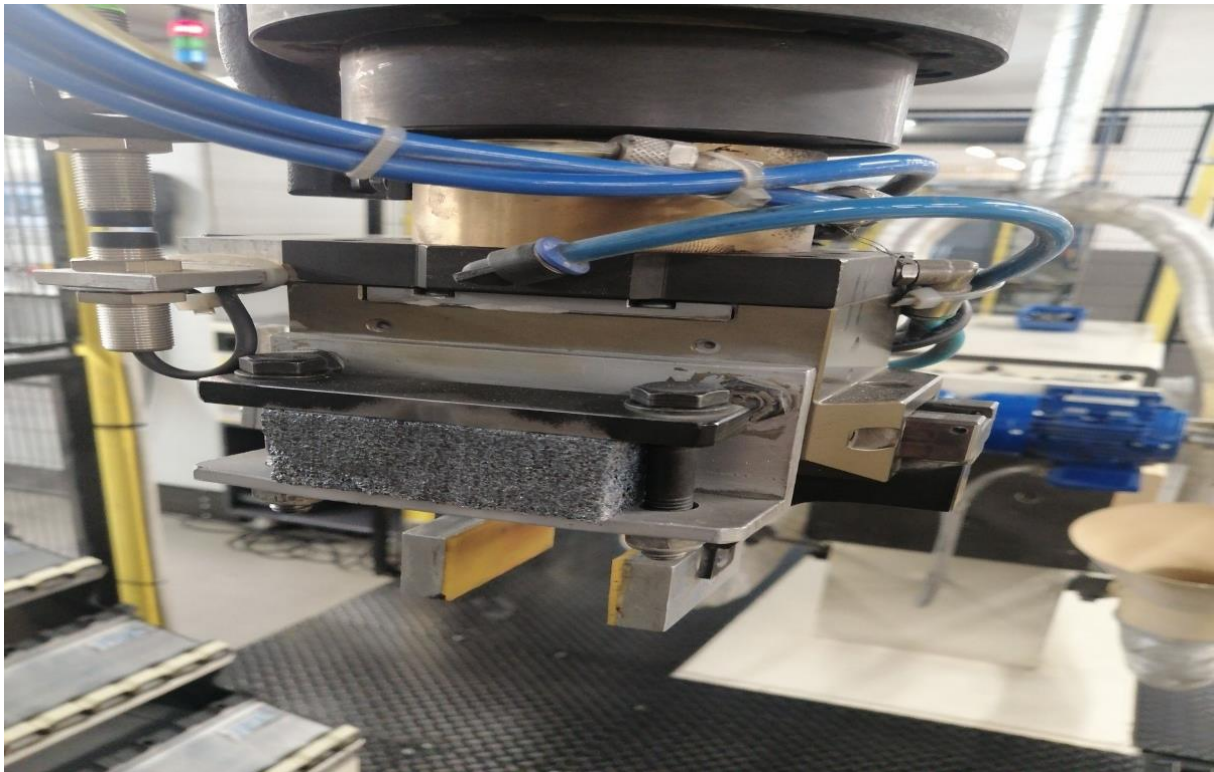
**Slika 23. Izgled okretnog stola**

Na slici 23. je prikaz okretnog stola koji se nalazi u kavezu gdje je industrijski manipulator robot. Osim okretnog stola u kavezu se nalaze i dva brusna kotača sa ventilacijom koji momentalno odvlače brusnu prašinu isto kao i čestice sa skinutog komada obratka.



**Slika 24. Dva brusna kotača s ventilacijom**

U procesu poliranja brusna traka se vrti oko vulkaniziranih kotačića koji se troše. Kotačići se troše uslijed trenja trake, ta traka se brusi odnosno odmiče od obratka. Na slici 25. označeno žutim je hvataljka šta prima zatvarač (griper) iznad je brusni kamen šta nakon svakih 5 zatvarača ravna odnosno brusi kotače.



**Slika 25. Hvataljka zatvarača**

Slika 26. prikazuje vodilicu za brusne trake, slika 27. i 28. daju prikaz vodilice sa vulkaniziranim kotačićem koja se troši uslijed procesa poliranja te potrošen kotačić kada se skine brusna traka.





**Slika 26. Vodilice za brusnu traku**



**Slika 27. Prikaz istrošene brusne trake sa vulkaniziranim kotačićem**



**Slika 28. Prikaz istrošenog vulkaniziranog kotačića nakon skidanja brusne trake**

Industrijski manipulator robotska ruka pokreće svoj mehanizam za cijelo vrijeme trajanja procesa poliranja od točke do točke gdje je važna točnost preciziranja. Važno je napomenuti da poliranje poboljšava kvalitetu površine proizvoda i doprinosi ujednačenosti kvalitete gotovog proizvoda, čineći ga glatkijim i sjajnijim. Za razliku od ručnog poliranja te ručnog kretanja po površini koje se je koristilo u prošlosti prilikom poliranja proizvoda te imalo za posljedicu upitnost kvalitete poliranja, današnja napredna tehnologija industrijskih manipulatora uvelike doprinosi poboljšanju kvalitete proizvoda. Kroz prikazan proces poliranja zatvarača transparentno je da je robotska ruka u potpunosti zamijenila ručni mauelni rad čovjeka te da su u posljednje vrijeme roboti sve popularniji za proces i zadatke poliranja. Industrijski manipulatori su fleksibilni i imaju mogućnost širokog raspona aplikacija za poliranje. Nastavno na naprijed navedeno važno je istaknuti da je moguće lako reprogramirati robota za potpuno nove zadatke kroz sam proces poliranja.



**Slika 29. Prikaz izgleda zatvarača nakon procesa poliranja**

Na slici 29. prikazan je izgled zatvarača nakon procesa poliranja. U tijeku procesa poliranja kod zatvarača polira se čelo i sredina zatvarača kroz poliranje brusnom trakom i poliranje brusnim kotačem. Poliranje zatvarača pištolja ima za cilj da pospješi kliznost i funkcionalnosti udarne igle da igla ne zapinje u zatvaraču odnosno cijevi.

#### **4.1. Vrsta i varijante proizvoda**

Primarna svrha bilo kojeg poliranja je jednostavna i transparentna – hrapavu površinu s ogrebotinama učiniti glatkom i sjajnom. Na primjer ako je karoserija automogila izgubila svoj prijašnji izgled, pomoću poliranja može se osvježiti.

Za površinsku obradu (metal, plastika) upotrijebite spojeve za brušenje i poliranje, koji se nanose na posebne krugove i uz njihovu pomoć donose površinu na potrebnu razinu glatkoće.

Ako proizvod ima neprerađenu ili grubo obrađenu površinu koja zahtijeva dodatnu obradu i izravnavanje, tada se upotrebljavaju spojevi za mljevenje. Oni sadrže abraziv, a kada su izloženi površini, izbočene nepravilnosti se skidaju i dopuštaju da se dovedu do razine kada su ogrebotine i oštrice vidljive samo pod povećalom. Abrazivne čestice koje se nalaze u spoju za mljevenje ulaze u ogrebotine i praznine na površini i uklanjaju sav višak abraziva.

Nakon abrazivnog tretmana koristi se poliranje - površina se dovrši do završnog sjaja gotovog proizvoda. Važna razlika između poliranja i poliranja je da tijekom poliranja praktički nema uklanjanja metala. Većina pasta i abrazivnih smjesa uklanja površinu metala od 180 zrna s brusnim papirom do potpune završne obrade u 4-6 stupnjeva, možemo ponuditi uklanjanje površine do završnog sjaja u 1-2 stupnja.

Brušenje i poliranje proizvoda pomoću brusnog motora ili bušilice vrši se gotovim brusnim kotačima i diskovima ili krugovima uz primjenu spojeva za brušenje i poliranje. Gotove abrazivne mlaznice mogu biti različitih veličina (od 1 mm u promjeru), a to su metalni, plastični, poliuretanski, kose, papirni, filcni diskovi i krugovi, kao i mlaznice različitih oblika za uklanjanje obrađene površine ili za završnu obradu proizvoda.

Krugovi za nanošenje spojeva i pasta su pamuk, muslin, filc, flanel, krupni platno različitih veličina (od 50 mm u promjeru). Najčešće se sastoje od nekoliko desetaka slojeva istog promjera, ušivenih u sredini ili ušivenih ravnomjerno po cijeloj dužini. Pamučni krugovi dolaze u različitim bojama (žuta, narančasta, plava, zelena), što znači da su ti krugovi impregnirani škrobom kako bi se osigurala visoka temperatura zagrijavanja spoja tijekom rotacije kruga. Bijeli krugovi pamuka ne sadrže nikakvu impregnaciju i idealni su za spojeve niskih temperatura.

Proizvodi koji se mogu polirati uz pomoć industrijskog manipulatora su određeni dijelovi medicinske opreme, konstrukcije zrakoplova, sklopni uređaji, željeznička oprema, te dijelovi u automobilskoj industriji.

Roboti se posebno koriste za poliranje obojenih dijelova karoserija automobila, kabina kamiona ili poljoprivrednih strojeva i općenito svih onih plastičnih i neplastičnih komponenti koje su obojane. Zrcalno poliranje metala tipično je za zrakoplovnu primjenu, poput poliranja lopatica rotora helikoptera ili dijelova zrakoplova. Među potrebama koje roboti mogu zadovoljiti za zrakoplovno -svemirski sektor nalazimo i poliranje nadstrešnica zrakoplova izrađenih od akrilnih spojeva u polikarbonatu: poliranje je faza obrade za zaštitu visokih optičkih standarda i ima svrhu spriječiti vjetrobransko staklo od generiranja najmanjeg izobličenja do pogleda.

Cilj poliranja može biti estetski ili funkcionalan: naš robotski sustav uspijeva biti učinkovit u oba slučaja, preuzimajući s izvrsnim rezultatima proces koji se do sada obavljao ručno, odmjeravajući radnu snagu i sa stajališta zdravlja i sigurnosti. Robot u prosjeku obavlja 90% poliranja, a samo preostalih 10% prepušta operateru, koji može posvetiti svoje vrijeme drugim zadacima. [47]

Joke Technology je razvila inteligentni robot za uklanjanje srha, brušenje i lagano poliranje, koji je predstavljen publici na sajmu Molding Expo. Ne radi se o uređaju, već o cjelovitom konceptu koji izvlači radne korake i odgovarajući dizajn od željenog rezultata. Rezultat je kobot (kolaborativni robot) koji se lako trenira i preuzima monotone, ergonomske ili zdravstveno kritične radne korake.

Mnogi proizvodni procesi zahtijevaju završnu obradu površine. Ako se poveća broj obradaka koji se dodatno obrađuju i poliraju može doći do nekoliko posljedica.

S jedne strane, korisnici moraju uvijek ponavljati ista kretanja, što je ergonomski nepovoljno. Rizik za zdravlje se povećava, osobito kada se obrađuju materijali koji otpuštaju prašinu koja je opasna po zdravlje. Uostalom, sve je teže pronaći kvalificirano osoblje za ove zahtjevne proizvodne korake, osobito ako su potrebne samo povremeno ili, naprotiv, ako nalikuju na rutinske aktivnosti na pokretnoj traci.

Osim toga, kvaliteta ljudske završne obrade može varirati ili čak opadati tijekom proizvodnje. Eneska-robotics nudi pouzdano i reproducibilno rješenje za to, što u konačnici omogućuje veću pažnju posvećenu detaljima u završnoj obradi.

Kod strojne obrade i uklanjanja srha obično postoji problem prilično visoke stope oboljenja.

„Te su zadaće često zamorne ili štetne po zdravlje“, objašnjava upravitelj joke Tehnology Udo Fielenbach. Istovremeno, potražnja raste zbog uvođenja aditivne proizvodnje. Mnoga se poduzeća stoga suočavaju s problemom pronalaska radne snage. “S Eneska-robotics, dajemo tvrtkama, na primjer u području implantata, mogućnost da zaposle svoje stručnjake za važne poslove i odlučujuće testove kvalitete”, kaže Fielenbach, navodeći viziju. “Budućnost površinske obrade je suradnja!” [48]

Možemo istaknuti da je HS Produkt d.o.o. hrvatska tvrtka za proizvodnju vatrenog oružja, poznata po proizvodnji poluautomatskog pištolja HS 2000 i jurišne puške VHS koji se uspješno prodaju na tržištu SAD-a pod imenom Springfield Armory XD (SPRINGFIELD ARMORI). Njihov revolver RHS dobio je nagradu za inovacije ARCA 2012.

Pištolj HS Produkta proglašavan je pištoljem godine u SAD-u u 2003., 2006., 2009 i 2013. godine. Danas je HS Produkt tvornica sa najmodernijim tehnologijama za proizvodnju pješačkog naoružanja te je jedna od tvornica sa najvećom proizvodnjom pištolja u svijetu. [49]

## 4.2. Program

Primjena industrijskih manipulatora robota u praksi zahtijeva programiranje. Programiranjem se prije svega određuje ponašanje robota u svim fazama realizacije zadatka tako da ono bude što kvalitetnije i uspješnije. Kroz programiranje industrijskih manipulatora treba se detaljno specificirati ponašanje robota u svim fazama rada ili proizvodnog procesa.

Programski jezik se može formirati na dva osnovna načina. Prvi način je da se iskoristi potencijal koji pružaju neki od već postojećih viših programskih jezika za programiranje računala poput FORTRAN, PASCAL ili C s tim što je potrebno da se dodaju neophodne rutine za pogon robota. Ukoliko postojeći programi nisu kompatibilni problematici manipulacije objektima može se napraviti poseban jezik za programiranje robota, te se tako izrađuju posebni softveri koji zahtijevaju određeni hardver i vrijede odnosno mogu se upotrijebiti za određenu „vrstu“ robota. Nastavno na naprijed navedeno tržište odnosno korisnici industrijskih manipulatora trebaju imati na umu, da primjena industrijskih manipulatora znači često i promjenu jezika za programiranje ili doradu postojećeg softvera.

Osnovne metode (vrste) programiranja robota: [50]

- ON - LINE programiranje
- OFF - LINE programiranje
- Hibridno (miješano) programiranje

Također unutar navedenih osnovnih metoda programiranja postoje daljenje podjele npr.:

- „Teach in“ metoda
- izravno programiranje
- indirektno programiranje
- programiranje kretanjem po stazi
- programiranje postavljanjem na točku
- programiranje sa senzorskom podrškom
- makroprogramiranje
- grafičko programiranje
- programiranje orijentirano zadatku
- programiranje orijentirano pokretu

## 5. ZAKLJUČAK

Razvoj robotike datira još od života Leonarda da Vinci koji je oko 1500. godine izumio u obliku lava mehanički automat koji se mogao pokretati. Robot se može definirati poput tehničkog uređaja s odlikama automatizacije u svrhu kretanja i funkcija koje inače obavlja čovjek. U današnjem globalnom svijetu, proizvodni sustavi sve su više automatizirani te su u različitim sferama ljudskog života inkorporirani roboti. Ovo 21. stoljeće biti će stoljeće u kojem će dominirati roboti, koji će se koristiti skoro za sve poslove koje čovjek radi. Danas je robotika ključni pokretač konkurentnosti u velikim proizvodnim industrijama. Bez robota u radnim procesima, mnogi uspješni europski proizvođači ne bi se mogli natjecati na globalnom tržištu. Roboti su postali nezamjenjivi pri pronalaženju potonulih brodova, uklanjanju radioaktivnog otpada, istraživanju vulkana, te pri svim svemirskim misijama. Roboti daju ogromne mogućnosti primjene, a ideje i sposobnost stručnjaka usmjerava primjenu u nešto novo. U najrazvijenijim zemljama robotika utječe na svaki aspekt rada i života, i ima potencijal pozitivno promijeniti živote, poslovne procese, povećati učinkovitost i razinu sigurnosti te osigurati bolju razinu usluga. Smatra se da će robotika postati okidač koji će potaknuti razvoj novih generacija autonomnih i kognitivnih uređaja, koji će svojim sposobnostima učenja neprimjetno komunicirati sa svijetom oko sebe i time omogućiti vezu koja danas nedostaje između digitalnog i fizičkog svijeta. Robotizacija će sljedećih desetak godina dovesti do dramatičnih promjena, koje će utjecati na konkurentnost neproizvodnih industrija poput agronomije, transporta, zdravstva i distribucije energenata.

Industrijski roboti najzastupljeniji su u području gdje do punog izražaja dolazi preciznost, brzina, kontinuitet rada robota. Osnovne odlike robota su fleksibilnost i programabilnost, moguće je lako promijeniti parametre rada, može se u kratkom vremenu dati potpuno novi radni zadatak. Roboti nemaju određeno radno vrijeme, ne umaraju se, ne koriste godišnji odmor niti bolovanje. Roboti mogu raditi u uvjetima i okruženju koji nisu dobri za zdravlje ljudi, rade brže i preciznije.

Može se zaključiti da roboti uvelike doprinose razvoju proizvodnih sustava te se danas nijedan efikasan sustav ne može zamisliti bez robota. Ipak, koliko god roboti bili korisni, prisutnost čovjeka je nužna. Stoga, nužno je odrediti optimalnu razinu interakcije radnika i robota koja će donijeti najbolje rezultate. Robotizacija će sljedećih desetak godina dovesti do



---

dramatičnih promjena, koje će utjecati na konkurentnost neproizvodnih industrija poput agronomije, transporta, zdravstva i distribucije energenata.

Sa daljnjim razvojem mogućnosti robotskih sustava samo je pitanje vremena kada će takvi sustavi potpuno zamijeniti radnike u proizvodnim procesima, dok će ljudski rad ostati sveden na umni rad koji će uključivati istraživanje, programiranje i nadgledanje izvođenih programa.

## LITERATURA

- [1] <http://web.studenti.math.pmf.unizg.hr/~kmaruna/odabranetemeracunarstva/rani%20poc%20etc.html> (10.09.2021.)
- [2] <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=53100> (12.09.2021.)
- [3] <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=53102> (10.09.2021.)
- [4] Reese, M.R.(2014): *The steam-powered pigeon of Archytas – the flying machine of antiquity*
- [5] Dabro Ante, Prilagodba robota za glodači ispitni postav, Diplomski rad, Zagreb, 2016.
- [6] [https://en.wikipedia.org/wiki/Leonardo%27s\\_robot](https://en.wikipedia.org/wiki/Leonardo%27s_robot) (12.09.2021.)
- [7] <https://medium.com/@pournasserian/artificial-intelligence-in-medicine-64d7f98b0fef> (19.09.2021.)
- [8] <https://www.timetoast.com/timelines/le-canard-de-vaucanson-cfdca38e-a680-4ec7-a7a7-59c89b86c8e9> (12.09.2021.)
- [9] Dabro Ante, Prilagodba robota za glodači ispitni postav, Diplomski rad, Zagreb, 2016.
- [10] <https://medium.com/@ReachRobotics/the-7-robots-that-shaped-the-industry-and-the-engineers-who-created-them-4f5bd42b0681> (12.09.2021.)
- [11] Tibor Šimunčić, Razvoj virtualnog modela robota za offline programiranje ABB serije robota, Završni rad, Rijeka, 2009.
- [12] <http://web.studenti.math.pmf.unizg.hr/~kmaruna/odabranetemeracunarstva/rani%20poc%20etc.html>, (12.09.2021.)
- [13] <https://pcpress.rs/kako-buduce-generacije-sacuvati-od-robota-radnika/> (12.09.2021.)
- [14] <https://zimo.dnevnik.hr/clanak/sto-nam-to-umjetna-inteligencija-sprema-u-2020---588311.html> (12.09.2021.)
- [15] <https://mreza.bug.hr/uloga-robota-u-industriji-4-0/> (12.09.2021.)
- [16] Danijel Strmota, Upotreba industrijskih robota u FOS, Seminarski rad, Karlovac, 2012.
- [17] Tibor Šimunčić, Razvoj virtualnog modela robota za offline programiranje ABB serije robota, Završni rad, Rijeka, 2009.
- [18] <https://mreza.bug.hr/uloga-robota-u-industriji-4-0/> (12.09.2021.)
- [19] <https://www.hlz.hr/iz-sredisnjice/roboti-pomoc-u-medicini/> (12.09.2021.)
- [20] <http://www.infotrend.hr/clanak/2015/7/kljucna-znanost-21.-stoljeca,84,1172.html> (12.09.2021.)

- [21] <https://www.24sata.hr/native-sadrzaj/doktori-od-celika-predstavljamo-vam-top-5-robotu-u-medicini-672753> (12.09.2021.)
- [22] <https://mreza.bug.hr/uloga-robotu-u-industriji-4-0/> (12.09.2021.)
- [23] <http://www.infotrend.hr/clanak/2015/7/kljucna-znanost-21.-stoljeca,84,1172.html> (12.09.2021.)
- [24] <https://tuzlanski.ba/mix/britanski-vojni-avion-letio-s-dijelovima-iz-3d-printera/> (12.09.2021.)
- [25] <http://www.infotrend.hr/clanak/2015/7/kljucna-znanost-21.-stoljeca,84,1172.html> (12.09.2021.)
- [26] <http://www.infotrend.hr/clanak/2015/7/kljucna-znanost-21.-stoljeca,84,1172.html> (12.09.2021.)
- [27] <https://www.medijskapismenost.hr/pet-edukativnih-i-zabavnih-videoigara-za-djecu/> (22.09.2021.)
- [28] <https://mreza.bug.hr/uloga-robotu-u-industriji-4-0/> (12.09.2021.)
- [29] <https://lider.media/poslovna-scena/svijet/u-restoranima-buducnosti-roboti-ce-zamjeniti-konobare-138156> (12.09.2021.)
- [30] <https://panopticum.hr/roboti-u-istrazivanju-planeta-i-asteroida/> (12.09.2021.)
- [31] <https://www.tportal.hr/tag/istrazivanje-svemira> (12.09.2021.)
- [32] <http://web.studenti.math.pmf.unizg.hr/~kmaruna/odabranetemeracunarstva/U%20industriji.html> (12.09.2021.)
- [33] N. Wingfield, As Amazon Pushes Forward With Robots, Workers Find New Roles, 2017. Dostupno na: <https://www.nytimes.com/2017/09/10/technology/amazon-robotworkers.html> (12.09.2021.)
- [34] E. Ackerman, Fetch Robotics Introduces Fetch and Freight: Your Warehouse Is Now Automated, 2015. Dostupno na: <https://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/industrial-robots/fetch-roboticsintroduces-fetch-and-freight-your-warehouse-is-now-automated> (12.09.2021.)
- [35] Ivan Bogović, Tehnološki trendovi u sustavima za upravljanje skladištem, Završni rad, Zagreb, 2018.
- [36] <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=49213> (24.09.2021.)
- [37] <https://avtotachki.com/hr/tehnologiya-i-vidy-polirovki-kuzova-avtomobilya/> (20.09.2021.)
- [38] <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=53100> (20.09.2021.)
- [39] Tomislav Kirin, Sigurnost kod robota i manipulatora, Završni rad, Karlovac, 2015.

- 
- [40] Dabro, Ante. Prilagodba robota za glodaći ispitni postav, Diplomski rad, Zagreb, 2016.
- [41] <https://www.robots.com/articles/keeping-a-shiny-finish-with-polishing-robots>  
(12.09.2021.)
- [42] <https://www.robots.com/robots/fanuc-m-710ic-50> (20.09.2021.)
- [43] <https://hkkoi.hr/index.php/hs-produkt/> (24.09.2021.)
- [44] <https://www.robots.com/robots/fanuc-m-710ic-50> (21.09.2021.)
- [45] [https://www.eurobots.es/fanuc-used\\_robots-c5-in.html](https://www.eurobots.es/fanuc-used_robots-c5-in.html) (22.09.2021.)
- [46] <https://hrv.hairsalonsnaples.com/chem-otlichaetsja-shlifovka-ot-polirovki.htm>  
(22.09.2021.)
- [47] <https://www.roboticom.it/robotic-systems-for-polishing-robotic-technology-applied-to-polishing-of-complex-forms/> (12.09.2021.)
- [48] <https://blog.wor-con.com/inteligentni-robot-za-brusenje-poliranje-i-uklanjanje-srha/>  
(20.09.2021.)
- [49] <https://www.adorio.hr/hs-produkt> (24.09.2021.)
- [50] Kožuh Z., Podologe za predmet robotizirano zavarivanje i IWE tečaj T.1.15., str.32-38  
(PPT)

## **PRILOZI**

I. CD-R disc

II. Tehnička dokumentacija