

Upravljanje robotskom rukom

Šimić, Kristian

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Istrian University of applied sciences / Istarsko veleučilište - Università Istriana di scienze applicate**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:212:465734>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-20**



image not found or type unknown

Repository / Repozitorij:

[Digital repository of Istrian University of applied sciences](#)



image not found or type unknown



Istarsko veleučilište
Università Istriana
di scienze applicate

Kristian Šimić

UPRAVLJANJE ROBOTSKOM RUKOM

Završni rad

Pula, 2023.



Istarsko veleučilište
Università Istriana
di scienze applicate

Kristian Šimić

UPRAVLJANJE ROBOTSKOM RUKOM

Završni rad

JMBAG: 0233008948 , redoviti student

Studijski smjer: Prijediplomski stručni studij Mehatronike

Predmet: robotika

Mentor: Sanja Grbac Babić, viši predavač

Komentor: dr. sc. Ivan Lorencin, predavač

Pula, rujan 2023.

IZJAVA O SAMOSTALNOSTI IZRADE ZAVRŠNOG RADA

Ovom izjavom potvrđujem da sam završni rad pod nazivom “Upravljanje robotskom rukom ” napisao samostalno uz pomoć mentorice Sanje Grbac Babić i komentora dr.sc. Ivana Lorencina, primjenjujući znanje stečeno tijekom studiranja te stručnu literaturu koja je navedena na kraju rada. Završni rad je napisan u duhu hrvatskog jezika.

Student: *Kristian Šimić*

Potpis: _____

ZAHVALA

Posebno se zahvaljujem komentoru dr. sc. Ivanu Lorencinu te mentorici Sanji Grbac Babić koji su pratili tijek pisanja završnoga rada.

Veliko hvala svim profesorima i asistentima Istarskog veleučilišta na prenošenju znanja i vještina tijekom studijskog programa.

Zahvaljujem se svojoj obitelji i prijateljima koji su me poticali i ohrabriali tijekom studiranja.

S poštovanjem

Kristian Šimić

SAŽETAK

U radu je prikazan način upravljanja robotskom rukom. Općenito, robotska ruka ima široku primjenu i to ponajviše u opasnim i repetitivnim poslovima. Ovaj rad je podijeljen na dva dijela, na praktičan i na teorijski dio. U praktičnom dijelu izrađen je model postolja, te objekti koje robotska ruka podiže i provlači kroz postolje. U teorijskom dijelu je pojašnjeno gdje se i zašto se robotska ruka koristi, koje su njene prednosti i kako se koristi. Također je opisan program u kojem su isprogramirani zadaci koje robotska ruka izvršava.

KLJUČNE RIJEČI

Programiranje, robotska ruka, upravljanje

ABSTRACT

The method of controlling a robotic arm is presented in the paper. In general, the robotic arm is widely used, mostly in dangerous and repetitive jobs. This work is divided into two parts, a practical and a theoretical part. In the practical part, a model of the stand was made, as well as objects that the robotic arm lifts and pulls through the stand. In the theoretical part, it is explained where and why the robotic arm is used, what are its advantages and how it is used. The program in which the tasks performed by the robotic arm are programmed is also described.

KEYWORDS

Programming, robotic arm, control

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PICK AND PLACE	2
2.1. Prednosti pick and place-a	3
2.2. Primjena	4
3. KONSTRUKCIJSKI ELEMENTI ROBOTA	5
3.1. Zglobovi	6
3.2. Senzori i pogoni	8
4. FANUC ER-4iA	9
5. 3D MODEL	14
5.1. Roboguide.....	15
6. ONLINE PROGRAMIRANJE	17
6.1. Robot objekti i postolje	17
6.2. Program	20
.....	21
7. ZAKLJUČAK	24
LITERATURA	25
POPIS SLIKA	26
TABLICE	27

1. UVOD

U ovom radu napravljen je primjer upravljanja robotske ruke korištenjem metode „odaberi i postavi“ („pick and place“). Cilj ovog završnog rada je opisati način djelovanja robotske ruke, definirati prednosti i nedostatke te obujam njene primjene. Izrađeno je postolje i tri oblika koje robotska ruka uzima jedan po jedan i ubacuje kroz postolje ovisno o kojem se obliku radi.

Roboti koji se koriste za metodu „pick and place“ najčešće se koriste u modernim proizvodnim okruženjima. Metoda „pick and place“ ubrzava proces odabiranja dijelova ili predmeta i njihovog postavljanja na druga mjesta. Definirani pristup omogućava učinkovitiju proizvodnju. Roboti koji se koriste za ovu metodu odrađuju zadatke koji su ponovljivi, i tako oslobađaju ljudske radnike da se usredotoče na složeniji posao.

Jedan od primjera primjene ovakve metode je preuzimanje stavki za narudžbu i njihovo stavljanje u kutiju za pakiranje ili se mogu koristiti za preuzimanje dijelova potrebnih za sastavljanje i njihovo premještanje na sljedeću lokaciju.

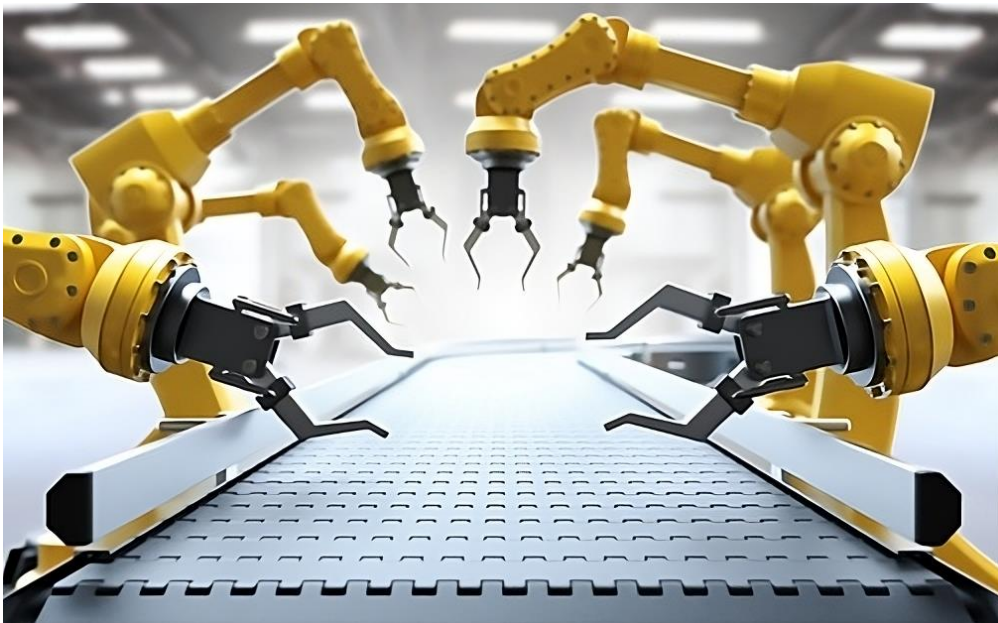
2. PICK AND PLACE

Robot za „pick and place“ je vrsta industrijskog robota koja se koristi za rukovanje i postavljanje proizvoda na proizvodnu liniju. Koriste se u industrijskim postrojenjima gdje se proizvode velike količine određenih proizvoda, gdje mogu brzo i točno postaviti proizvode na pokretne trake ili drugu proizvodnu opremu.

Roboti za odabir dizajnirani su tako da obavljaju zadatke rukovanja i postavljanja proizvoda na proizvodnoj liniji, a primjer takvih je prikazan na slici 1. Takvi zadatci uključuju preuzimanje proizvoda od pokretne trake i njegovo postavljanje na drugu pokretnu traku ili na neki drugi komad proizvodnje.

Postoji više vrsta robota koji se koriste za ovu metodu, naravno svaki ima svoj skup mogućnosti. Neki su dizajnirani tako da se koriste u određenim industrijama, kao što je to npr. industrija hrane i pića, dok su drugi više opće namjene. Također, roboti koji koriste ovu metodu mogu se razlikovati po svojoj nosivosti ili količini težine koju mogu podići.

Neki roboti za odabir su opremljeni dodatnim značajkama, poput sustava vida i hvataljke. Sustav vida omogućuje da robot identificira proizvode koji se mogu podići, a hvataljke omogućavaju robotu da uhvati proizvode.



Slika 1. Primjer robotske ruke na pokretnoj traci

Izvor: <https://www.automate.org/blogs/pick-and-place-robots-what-are-they-used-for-and-how-do-they-benefit-manufacturers>, preuzeto 15.09.2023.

2.1. Prednosti pick and place-a

Automatizacija dovodi do suvremenog proizvodnog okruženja koje razvija dosad neviđene razine produktivnosti. Najbolji primjer za to je raširena upotreba robota za odabir i postavljanje. Ovakav tip robotskog sustava izuzetno je prikladan za veliki niz zadataka koji se ponavljaju.

Neke od prednosti koje robot s ovakvom metodom korištenja donosi su (Siciliano, 2008.):

- poboljšana točnost,
- povećana brzina procesa,
- fleksibilnost za prilagođavanje promjenama proizvoda,
- poboljšana dosljednost,
- smanjenje ozljeda,
- smanjenje troškova,
- minimalni zahtjevi za prostorom,
- prilagodljivost.

Ovakvi roboti proizvođačima nude vrlo učinkovitu i isplativu alternativu korištenja ljudskih resursa za monotone fizičke poslove zadatke i operacije koje mogu biti nesigurne. Idealni zadaci kod ove metode mogu uključivati pokrete kod čovjeka koji nisu sigurni ili se stalno ponavljaju, te tako dolazi do ozljeda od naprezanja kao što je to npr. sindrom karpalnog tunela (slika 2.).



Slika 2. Primjer pokretne trake koja je nesigurna za rad čovjeka

Izvor: https://www.b92.net/automobili/aktuelno.php?yyyy=2017&mm=04&nav_id=1250086, preuzeto 15.09.2023.

2.2. Primjena

Roboti za „pick and place“ se upotrebljavaju na različitim mjestima, tj. imaju široku primjenu. Sve ovisi o tome s kojim se proizvodom radi ili o kojem automatiziranom postrojenju je riječ.

Postoje četiri glavne primjene ove metode s robotskom rukom, a to su (Siciliano, 2008.):

1. sastavljanje – roboti tijekom ovog procesa hvataju nadolazeći dio s pokretne trake te ga postavljaju na drugi radni dio koji općenito nosi druga radna traka (slika 3),
2. pakiranje – ovaj proces je sličan kao proces sastavljanja, samo što kada robot uzme određeni dio s ulazne trake, umjesto da ga sastavi s drugim dijelom, on ga velikom brzinom stavlja u spremnik za pakiranje,
3. skupljanje iz spremnika - u ovom procesu robot pomoću senzora vida uzima određeni dio iz spremnika čak i kada je više dijelova pomiješano u jednom spremniku, te ga postavlja na pokretnu traku za proizvodnju,
4. inspekcija – pomoću vizualnog sustava se nadgleda pokretna traka i otkrivaju se neispravni proizvodi, kada se otkrije jedan robotska ruka ga uzima i stavlja u otpad prije nego što taj proizvod dođe do završne faze proizvodnje.

Iako se ovakav tip metode koristi na brojne različite načine, ove četiri gore primjene su najčešće u današnjim proizvodnim sustavima.

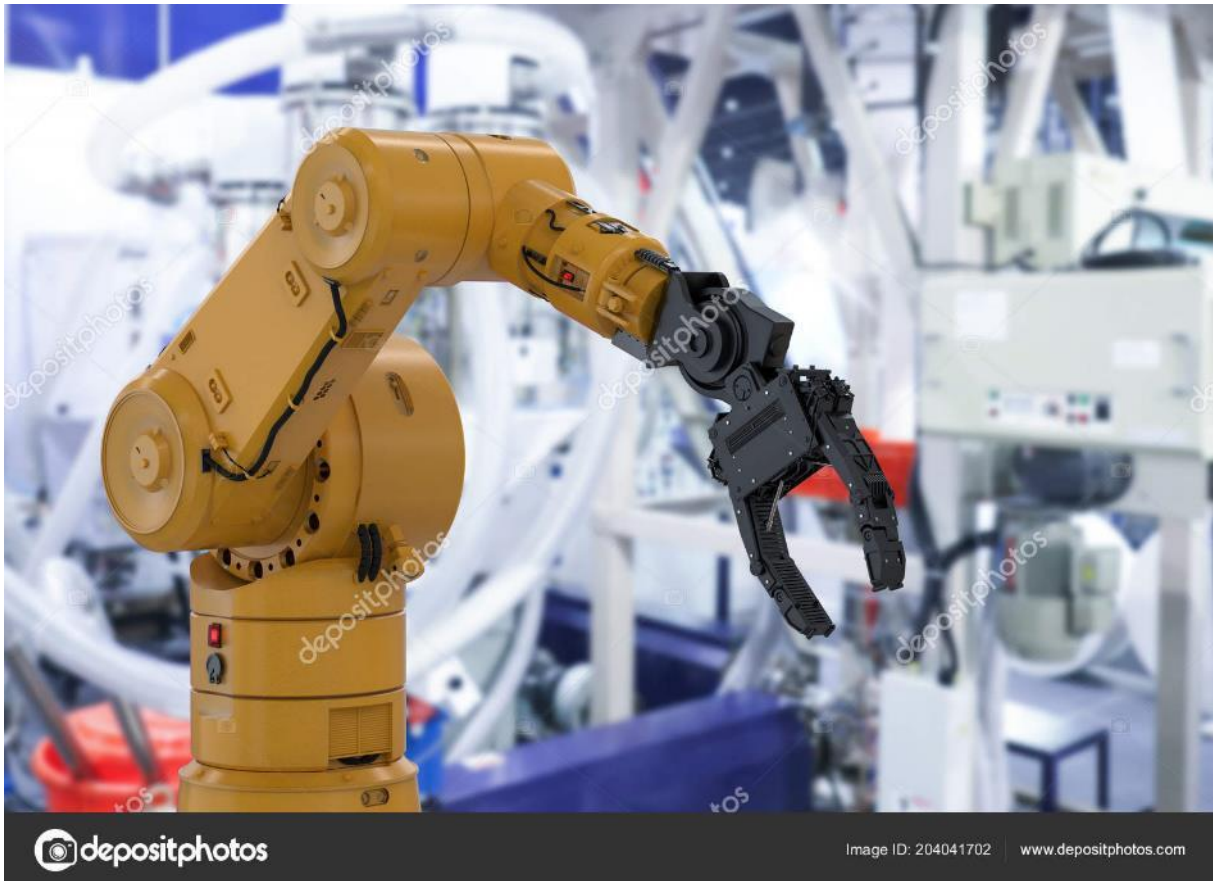


Slika 3. Primjer robota koji se koristi za metodu „pick and place“ kod sastavljanja

Izvor: <https://nixma.com/robotic-arms-in-the-manufacturing-industry/>, preuzeto 15.09.2023.

3. KONSTRUKCIJSKI ELEMENTI ROBOTA

Robotska ruka se sastoji od zglobova koji su mehanizmi za omogućavanje relativnog pomaka dvaju dijelova robotske ruke i članaka koji međusobno povezuju zglobove, a na kraju ruke se nalazi alat (end effector) (slika 4.).



Slika 4. Primjer robotske ruke

Izvor: <https://depositphotos.com/photo/rendering-robot-arm-robotic-hand-factory-204041702.html>,
preuzeto 15.09.2023.

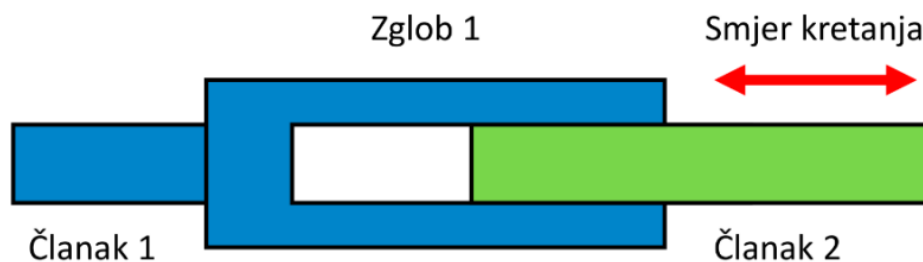
Također robot ima svoj radni prostor unutar kojeg robot može djelovati. Radni prostor robota je volumen prostora kojega end effector može dostići. S obzirom na to da robot bira i postavlja predmete s velikom preciznošću, uvijek se procjenjuje njegov doseg da se utvrdi može li robot izvršiti određeni zadatak. Maksimalni vodoravni doseg je udaljenost od središta baze robota do najudaljenije točke njegovog end effectora. Maksimalni okomiti doseg se mjeri od najniže točke koju robot može doseći do najveće visine do koje može ići zglob.

3.1. Zglobovi

Broj zglobova ovisi o tome koliki je potreban stupanj slobode i kretanja robota za odabir i postavljanje. Tako da više zglobova znači veću fleksibilnost i više pokreta, drugim riječima bolje je imati više nego manje zglobova. Kod robota koji ispunjavaju narudžbu i gdje se proizvodi stavljaju na pokretnu traku, spremnik za skupljanje ili spremnik za pakiranje, robot bi trebao imati četiri do pet zglobova. Šest ili više zglobova je potrebno kod zadataka u kojima se robot linearno pomiče ili rotira da bi obavio zadatke unutar svog radnog prostora (Siciliano, 2008.).

Postoji više vrsta zglobova koje robot može koristiti, a to su:

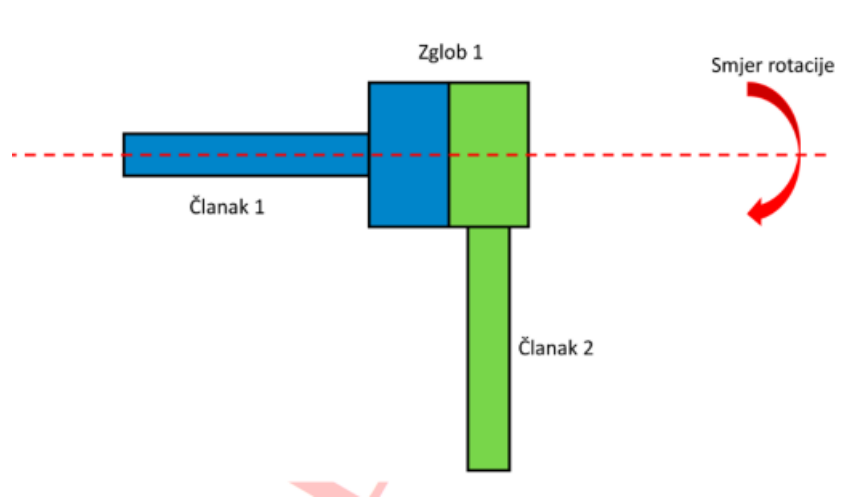
1. Translacijski zglob – drugi naziv za ovakav tip zgloba je linearni, to je osnovni zglob i dozvoljava kretanje samo u jednoj osi (slika 5.)



Slika 5. Translacijski zglob

Izvor: (Lorencin, 2023.), preuzeto 16.09.2023.

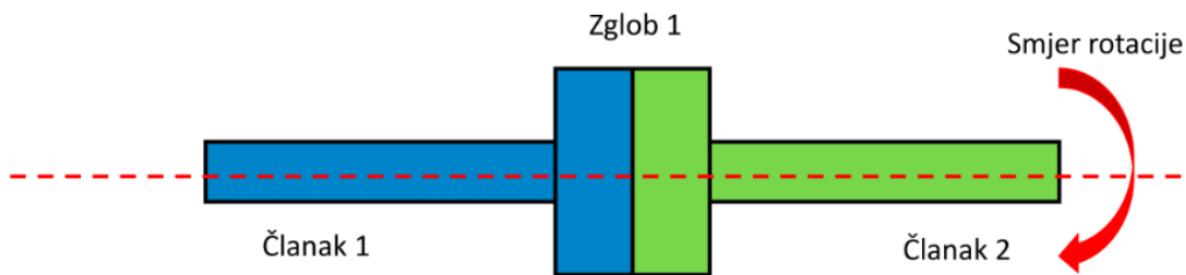
2. Rotacijski zglob – to je zglob koji omogućava kretanje oko osi koja je okomita na oba članka, te pomak je kut. Ovakav primjer zgloba se može usporediti sa zglobom lakta u ruci zbog toga što se može savijati samo u jednom smjeru, kako naglašava (Owen-Hill, 2013.). (slika 6.)



Slika 6. Rotacijski zglob

Izvor: (Lorencin, 2023.), preuzeto 16.09.2023.

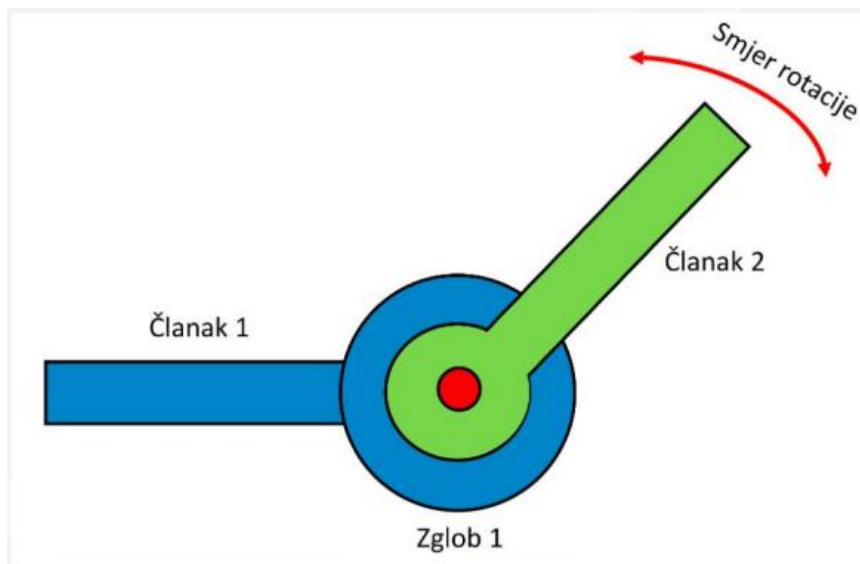
3. Torzijski zglob - to je zglob koji omogućava rotaciju oko osi koja je paralelna s oba članka (slika 7.) (Owen-Hill, 2013.).



Slika 7. Torzijski zglob

Izvor: (Lorencin, 2023.), preuzeto 16.09.2023.

4. Revolucijski zglob – kod ovog tipa zgloba rotacija je oko osi koja je paralelna s jednim a okomita na drugi članak (slika 8.) (Owen-Hill, 2013.).



Slika 8. Revolucijski zglob

Izvor: (Lorencin, 2023.), preuzeto 16.09.2023.

3.2. Senzori i pogoni

Senzori u robotici služe za omogućavanje informacija o stanju izlaza, upravljanje u povratnoj vezi i omogućavaju konstrukciju servo pogona. Jedni od bitnijih senzora su senzori za pomak i poziciju, a oni se koriste za određivanje pomaka i udaljenosti. Po izvedbi oni mogu biti (Lorencin, 2023.):

- potencimetarski,
- kapacitivni,
- magnetski,
- ultrazvučni,
- optički.

Potencimetarski senzori pomak definiraju na temelju odnosa ulaznog i izlaznog napona. Ultrazvučni senzori udaljenost definiraju na temelju vremena povratka ultrazvučnog vala koji se odbija od prepreke. Optički senzor definira udaljenost na temelju vremena povratka laserskog impulsa.

Postoji više pogona u robotici, a neki od njih su:

- Hidraulički pogon – pogon za veće snage
- Pneumatski pogon – pogon za manje snage i udaljenosti
- DC elektromotorni pogon – standardni i laku upravljivi elektromotorni pogoni
- Asinkroni elektromotorni pogoni – standard kod modernih servo pogona

4. FANUC ER - 4iA

U ovom radu metoda „pick and place“ se radi na robotskoj ruci FANUC ER-4iA (slika 9.). Ovakav primjer robotske ruke se sastoji od šest zglobova koji su međusobno povezani s člancima.



Slika 9. Robotska ruka FANUC ER-4iA

Izvor: https://www.fanucamerica.com/cmsmedia/datasheets/ER-4iA%20product%20information_367.pdf, preuzeto 16.09.2023.

Svaki od članaka ima određeni stupanj gibanja te svoju maksimalnu brzinu kako prikazuje tablica 1.

Tablica 1: Prikaz maksimalnog stupnja gibanja i maksimalne brzine pojedinog zgloba

Oznaka zgloba	Stupanj gibanja (°)	Maksimalna brzina (°/s)
Zglob 1	340	460
Zglob 2	230	360
Zglob 3	402	520
Zglob 4	380	560
Zglob 5	240	560
Zglob 6	720	900

Zglob broj 1 predstavlja zglob ramena prvenstveno jer se nalazi u podnožju robota. Drugi razlozi su to što je najveći zglob i on određuje koliko se robot može okretati. Taj zglob ima najznačajniji učinak na veličinu radnog prostora robotske ruke.

Zglobovi 2, 3, 4 i 5 su zglobovi lakta. Nalaze se u sredini robotske ruke. Njihov najveći utjecaj je na snagu podizanja robotske ruke i određivanja većeg dijela opsega kretanja istog. Ako je ovakav tip zgloba ograničen, također će i radni prostor biti ograničen.

Zglob broj 6 je ručni zglob. On se nalazi na kraju robotske ruke. Njegov utjecaj je na položaj end effectora, što u ovom radu predstavlja hvataljka.

Maksimalna nosivost robota je četiri kilograma, dok mu je maksimalni raspon petsto pedeset milimetara.

Ovaj robot radi na principu artikulirana konfiguracije, što znači da je pogonjen elektromotorom, da mu je radni prostor kugla i da su mu svi zglobovi rotacijski. Njegovo programiranje i upravljanje je složeno i ima visoku upravljivost i primjenjivost. Ovakav tip konfiguracije se upotrebljava kod poslova sklapanja, bojanja i zavarivanja (Baressi Šegota, 2020.).



Na desnoj strani slike nalazi se šesnaest tipki koje služe za pomicanje određenog zgloba po osi XYZ.

Na lijevoj strani prva tipka STEP se upotrebljava kada se želi simulirati samo jedna spremljena točka u programu.

FWD je tipka koja se upotrebljava kada se pokreće simulacija spremljenih točaka robota u programu.

COORD mijenja po kojoj će se osi rotirati robot

+% služi za povećanje brzine pokreta robota

-% služi za smanjivanje brzine kretanja robota

Slika 10. Tipke na „teach pendant-u koje služe za upravljanje

Izvor: autor

Na ovakvom robotu se programira putem „teach pendant-a“ (slika 11.). Programira se tako da se pomiče od točke A do točke B, te se svaka pozicija mora spremiti. „Teach pendant“ je opremljen tipkama koji služe za pomicanje zglobova robota i za slučaj

nužde ako nešto pođe po zlu (slika 10.). Prilikom programiranja robot se kreće smanjenom brzinom.



Slika 11. „Teach pendant“ upravljački uređaj robota
Izvor: autor



Slika 12. Edukacijski paket robota FANUC ER-4iA sa zaštitnim spremnikom
Izvor: <https://www.fanuc.eu/hu/en/robots/educational-package>, preuzeto 16.09.2023.

Na slici 12 se nalazi primjer robotske ruke s zaštitnim spremnikom od proizvođača FANUC tipa ER-4iA. Ovakva robotska ruka je iskorištena za obavljanje metode „pick and place“.

Robot se pokreće na prekidač koji ima više funkcija (slika 13.). Na prekidaču se nalaze tri stanja u kojem robotska ruka radi.

Prvo stanje je T1 stanje koje radi u 50% od maksimalne brzine robota, radi sigurnosti programera, a i sigurnosti od oštećenja robotske ruke ili njene okoline (Baressi Šegota, 2020.).

Drugo stanje u kojem robotska ruka radi je T2 stanje koje se koristi kada je potrebna veća brzina rada robotske ruke.

Ova dva stanja se koriste kada je potrebno robota naučiti koji zadatak treba odraditi i kojom putanjom da se kreće, a to se radi tako da se postave određene točke koje predstavljaju smjer kojeg ruka prati i tako stvara svoju putanju od točke A do točke B.

Zadnje stanje je AUTO. Ono se koristi kada se pokreće napravljeni program, i to tako da se prekidač okrene na AUTO, zatim se „teach pendant“ mora ugasiti postavljanjem na OFF na prekidaču koji se nalazi na njemu gore lijevo. Nakon toga se resetira greška na upravljačkom uređaju robota pritiskom tipki SHIFT i RESET. I zadnje što se pritisne da se program pokrene je zelena tipka CYCLE START.

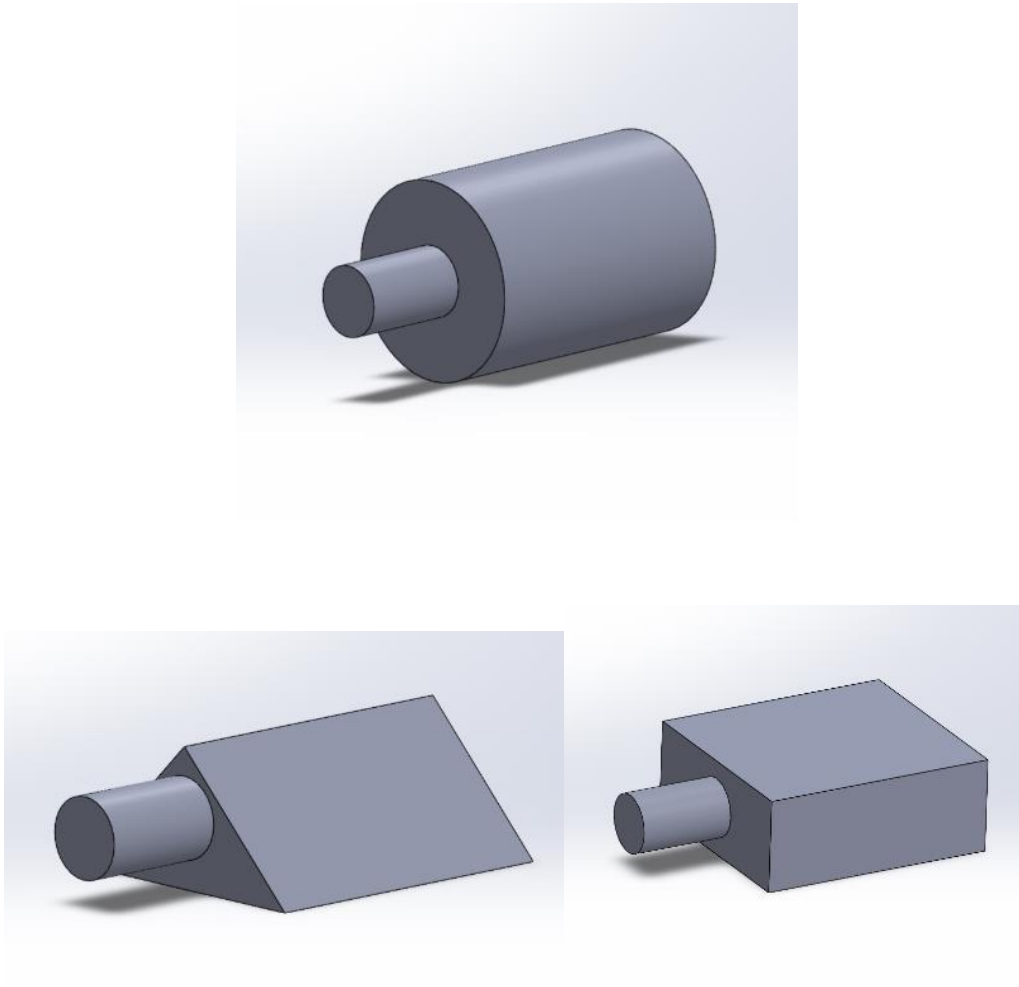


Slika 13. Prikaz prekidača koji odabire u kojem stanju robot radi
Izvor: autor

5. 3D MODEL

3D modeliranje je proces kreiranja trodimenzionalnog predmeta koji se izvršava korištenjem određenih softvera osmišljenih baš za tu svrhu.

U ovom radu objekti koji su korišteni za obavljanje metode „pick and place“ su izrađeni pomoću 3D printera. To ne bi bilo moguće da objekti nisu 3D modelirani. Proces modeliranja je napravljen u programu „SOLIDWORKS“ (slika 14.).

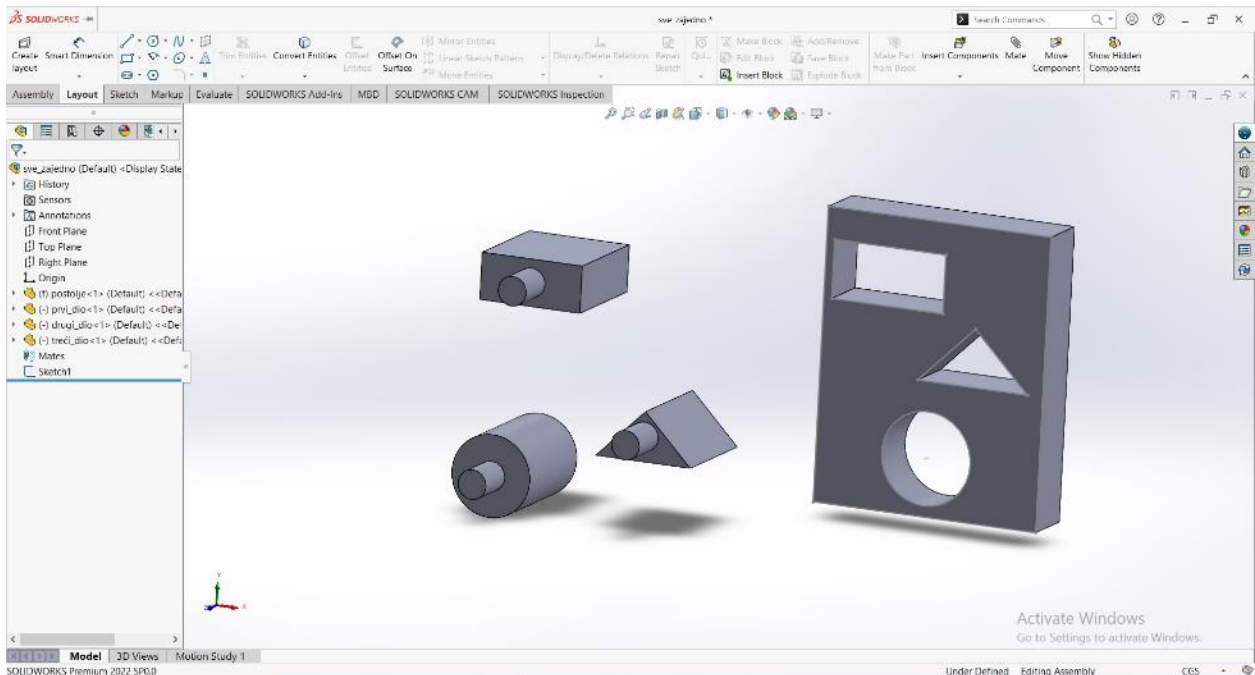


Slika 14. Tri objekta koja su modelirana u programu „SOLIDWORKS“, te kasnije izrađena pomoću 3D printera

Izvor: autor

Prije početka crtanja modela u programu određene su dimenzije koje odgovaraju za ovaj zadatak. U programu je za početak od svakog objekta posebno napravljena početna pozicija i to kao 2D model. To znači da su iscrtani oblici (krug, trokut i pravokutnik). Svaki taj oblik je izdužen, tj. prebačen u 3D model pomoću funkcije

EXTRUDE. Nakon toga, izrađena je drška u obliku valjka koja je potrebna da bi robotska ruka mogla podići svaki objekt, te je spojena sa svakim objektom pomoću funkcije CONVERT ENTITIES. Razlog zašto je napravljena drška je taj što hvataljka („end effector“) nije u mogućnosti radi svojih dimenzija i prostora koliko se hvataljka može otvoriti uloviti svaki objekt (slika 15.).



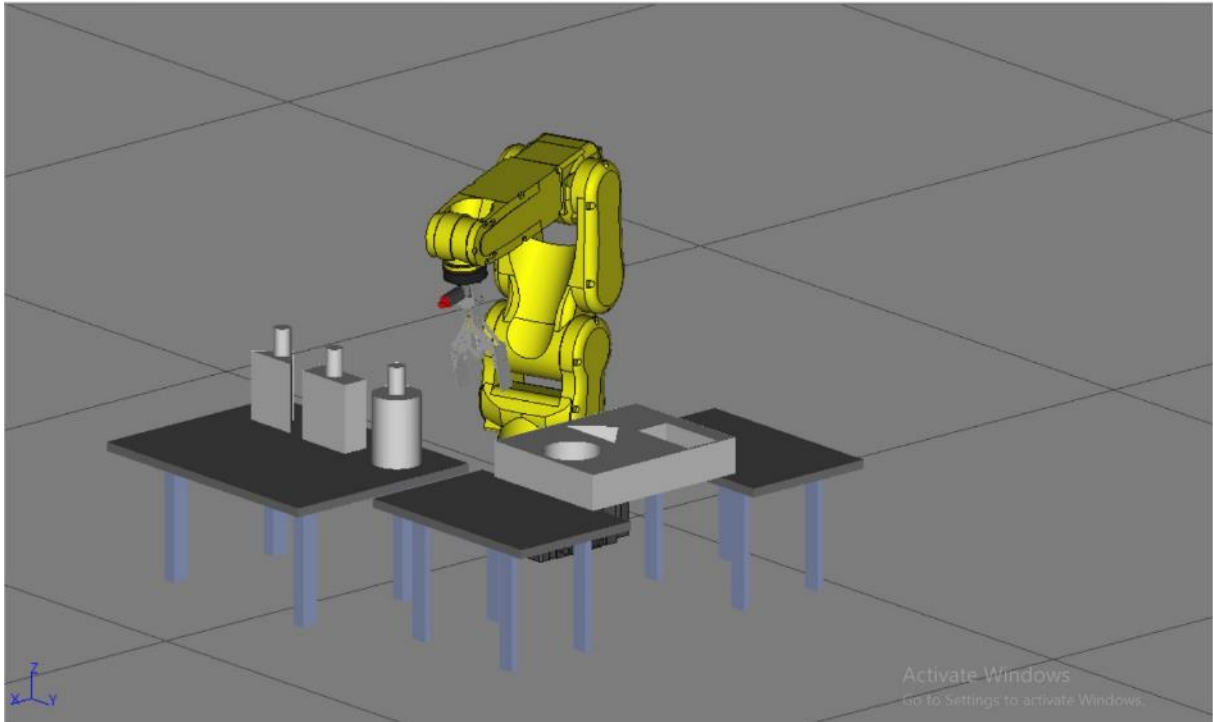
Slika 15. Prikaz postolja i objekata s njihovom drškom u programu „SOLIDWORKS“

Izvor: autor

5.1. Roboguide

Roboguide je jedan od vodećih softvera za simulaciju robota na offline programiranju na FANUC-ovim robotima. To je skup softverskih paketa koji omogućuju stvaranje, programiranje i simulaciju robotske ćelije u 3D-u bez fizičke potrebe i troškova postavljanja prototipa radne ćelije. Također, ovaj softver omogućuje smanjenje rizika prije pokretanja online programiranja, jer se ne može nanijeti nikakva fizička šteta.

U početku praktičnog dijela ovoga rada, osim izrade 3D objekata, u Roboguide je unesen program za obavljanje metode „pick and place“ (slika 16.). Razlog zašto se koristi softver Roboguide u ovom radu prije online programiranja je taj da se izbjegnu oštećenja.



Slika 16. Prikaz robotske ruke s postoljem i objektima u softveru roboguide
Izvor: autor

6. ONLINE PROGRAMIRANJE

6.1. Robot, objekti i postolje

Postolje je napravljeno od kutije, te je pričvršćeno unutar zaštitnog spremnika kao što prikazuje slika 17. Na gornjem dijelu postolja su izrezane tri rupe koje predstavljaju završnu točku svakog objekta, dok je drugi dio postolja iscrtan s oblicima koji predstavljaju početnu točku svakog objekta (slika 18. i slika 19.).



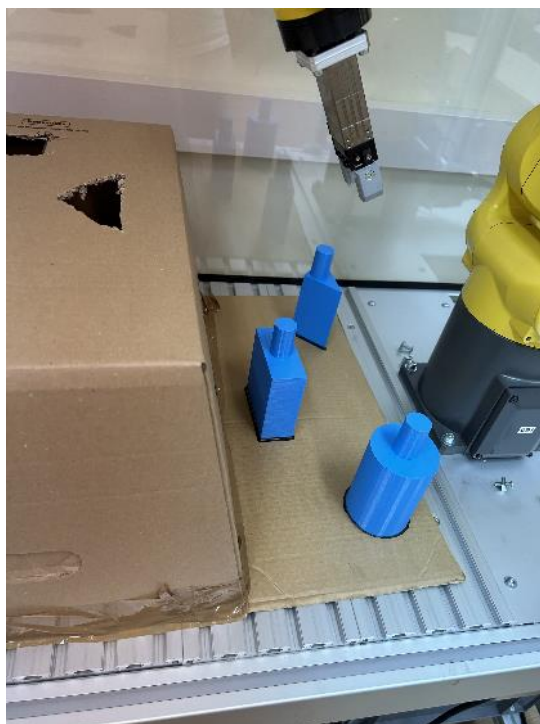
Slika 17. Prikaz pričvršćenog postolja

Izvor: autor



Slika 18. Prikaz početnih točaka objekata na postolju

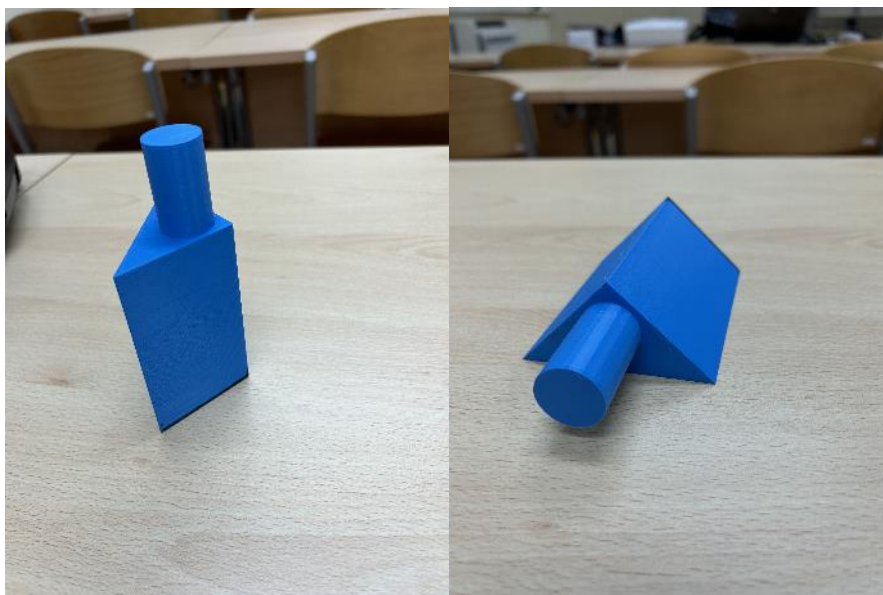
Izvor: autor



Slika 19. Prikaz objekata postavljenih svako na svojoj početnoj poziciji

Izvor: autor

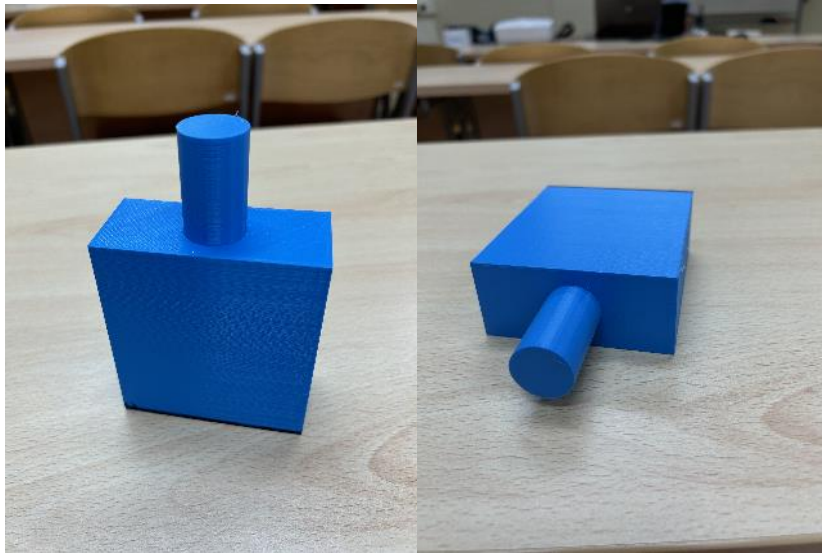
Na slici 20. je prikazan prvi objekt, tj. trostrana prizma. Duljina mu je 100 mm, a duljina drške je 40 mm i širina 25 mm.



Slika 20. Trostrana prizma

Izvor: autor

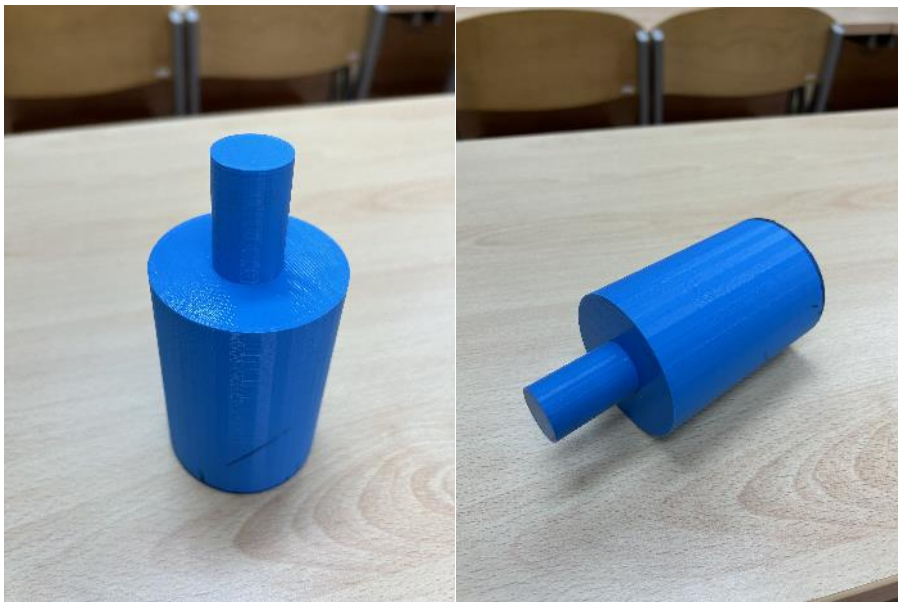
Drugi objekt je pravokutnik kojemu je također dužina 100 mm, a širina 90 mm i visina 40 mm (slika 21.). Drška je istih dimenzija kao i kod trostrane prizme.



Slika 21. Pravokutnik

Izvor: autor

Treći i zadnji objekt je valjak s promjerom 70 mm i istom dužinom kao i kod trostrane prizme i kod pravokutnika (slika 22.). Drška je na svakom objektu istih dimenzija.

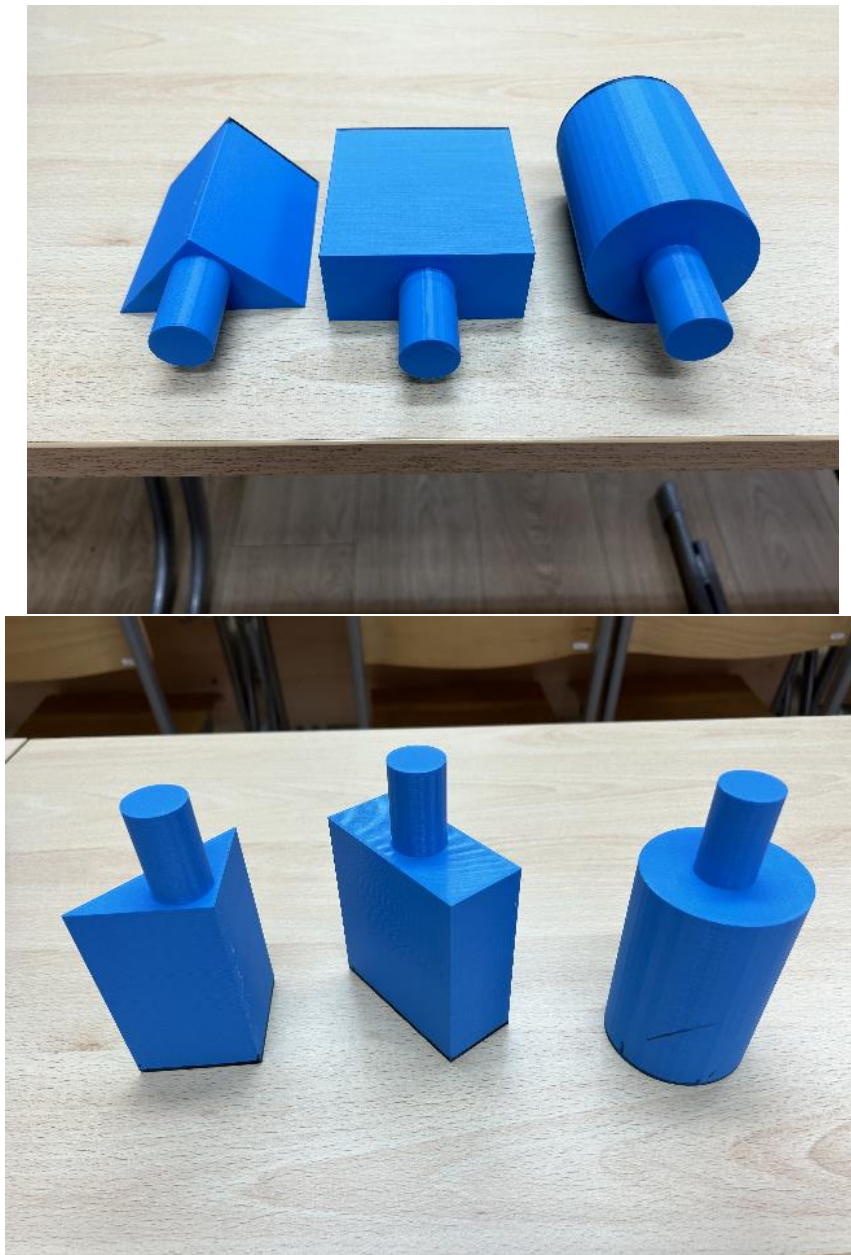


Slika 22. Valjak

Izvor: autor

Slika 23. predstavlja usporedbu dimenzija objekata. Kao što se vidi na slici svaki objekt je iste dužine, dok je različitog oblika. Zbog toga što su objekti različitog oblika hvataljka

na robotskoj ruci nije u mogućnosti podignuti svaki objekt jer ima određenu širinu koju može uhvatiti. Da bi se taj problem riješio potrebno je bilo na objekte nadodati dio kojeg hvatljka ima mogućnost uloviti. Taj dio je u ovom primjeru valjak.

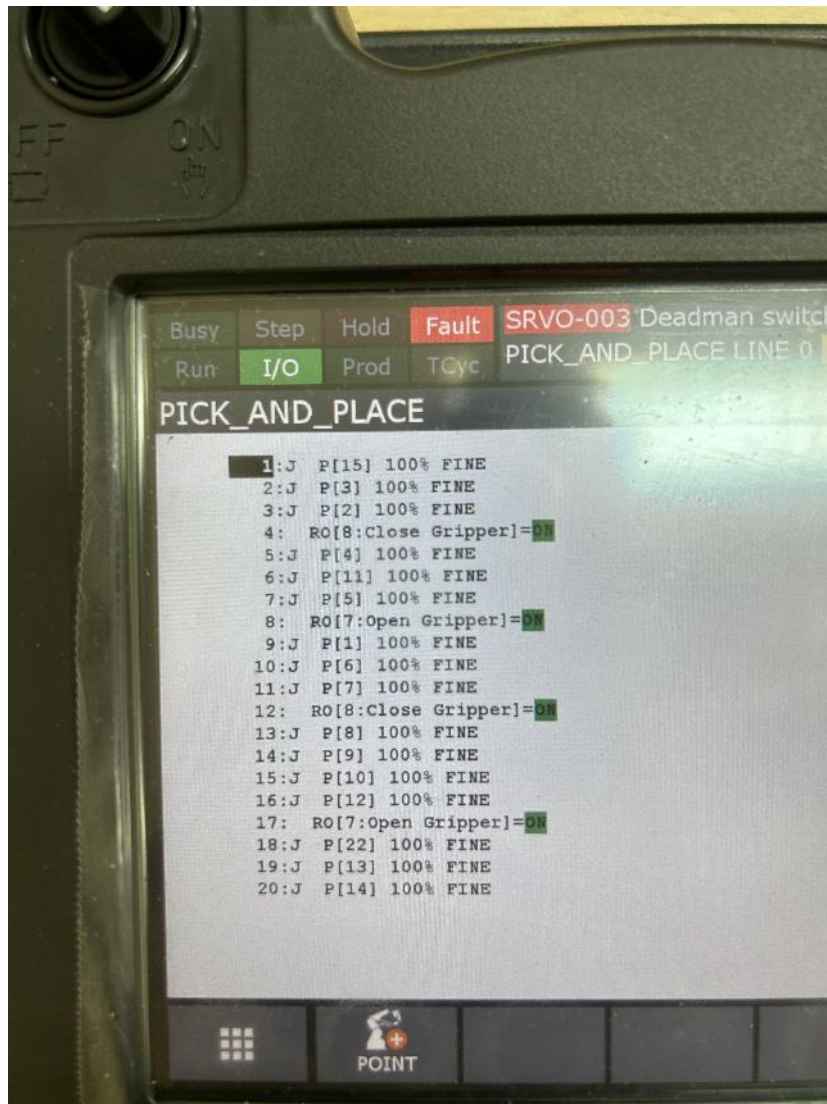


Slika 23. Usporedba objekata

Izvor: autor

6.2. Program

Na slici 24. i slici 25. je prikazan program koji je unesen u „teach pendant“. Program se sastoji od dvadeset i osam međutočaka na kojoj su određene funkcije zadane.



Slika 24. Program

Izvor: autor

J P[...] 100% FINE – to je jedna od opcija kretanja koju manipulator nudi. Ova opcija bira najkraći mogući put za dolaženje od početne do završne točke.

RO [... : Open Gripper] = ON – je funkcija koja služi za otvaranje hvataljke koja se koristi u ovom radu.

RO [... : Close Gripper] = ON – je funkcija koja služi za zatvaranje hvataljke.



Slika 25. Program

Izvor: autor

Prvo što se treba napraviti je postaviti robota u početnu poziciju i odrediti u kojoj će se opciji kretanja koristiti ovaj robot. Za ovaj zadatak je odabrana opcija 100% FINE.

Slijedeći korak je određivanje pozicija hvataljke tako da pokupi svaki objekt i odnese ga na njemu određeno mjesto.

Zato što se koristi opcija kretanja 100% FINE dolazi do sudara robotske ruke s objektima i postojem zbog toga što ova opcija odabire najkraći put od početne do krajnje točke. Da bi se to izbjeglo, potrebno je dodati određene međutočke koje predstavljaju najjednostavniji put bez sudaranja s okolinom. Da bi program zapamtio te točke potrebno ih je spremi pritiskom na tipke SHIFT i JOINT.

Kada se određivanjem međutočaka s hvataljkom dođe do određenog objekta, potrebno je hvataljku zatvoriti da uhvati objekt. Ta se radnja odvija uz pomoć funkcije RO [... : Close Gripper] = ON.

Također kada se pomoću međutočaka dođe do zadnje pozicije gdje hvataljka mora ispustiti objekt koristi se funkcija RO [... : Open Gripper] = ON.

Nakon što hvataljka ispusti objekt, robotska ruka se vraća u početni položaj i ponovno ponavlja radnju, ali za drugi objekt.

7. ZAKLJUČAK

Robotska ruka danas ima široku primjenu u industrijskim procesima. Koristi se u različitim područjima zbog toga što dosta poslova od čovjeka zahtjeva nešto što on ne može, kao npr. podizati težak teret, raditi ponovljiv posao bez greške. Razlog zašto se bira robota ispred čovjeka je taj što se robot ne umara, precizan je i efikasan.

U ovom radu je napravljena metoda „pick and place“ uz pomoć robota FANUC ER-4iA. Prvo su se napravili objekti pomoću 3D printera. Nakon toga se postavljalo postolje koje na gornjem dijelu ima napravljene rupe koje predstavljaju posljednju točku objekta, a na donjem djelu su se iscrtali oblici od svakog objekta i oni prikazuju početnu točku objekta.

Na kraju je rad bio izvršen bez većih poteškoća. Jedan od problema je bio doseg određenih zglobova robota, ali kada se postavi više točaka za pomak riješi se i taj problem.

LITERATURA

KNJIGE I ČLANCI

Siciliano B., Khatib O. (2008.). Springer Handbook of Robotics

Barresi Šegota S., Anđelić N., Car Z. (2020.). Path planning optimization of six-degree-of-freedom robotic manipulators using evolutionary algorithms

INTERNET IZVORI

Bićanić I. (2017.) Kraj dugog 19. stoljeća: Druga industrijska revolucija. Dostupno na: <https://arhivanalitika.hr/blog/kraj-dugog-19-stoljeca-druga-industrijska-revolucija/>
Pretraženo: 31.08.2023.

ER-4iA product information_367.pdf. Dostupno na: https://www.fanucamerica.com/cmsmedia/datasheets/ER-4iA%20product%20information_367.pdf Pretraženo: 15.09.2023.

Lightstead A., (2022.). What is a Pick and Place Robot? Uses and Types. Dostupno na: <https://www.robotics247.com/article/what-is-a-pick-and-place-robot-uses-and-types#:~:text=A%20pick%2Dand%2Dplace%20robot,belts%20or%20other%20production%20equipment> Pretraženo: 30.08.2023.]

Nixma Group, (2020.) Why We Use Robotic Arms in the Manufacturing Industry? Dostupno na: <https://nixma.com/robotic-arms-in-the-manufacturing-industry/>
Pretraženo: 31.08.2023.

Owen-Hill A. (2022.). Robot Joint Types: The Essential Introduction. Dostupno na: <https://robodk.com/blog/robot-joint-types/> Pretraženo: 16.09.2023.

Robotic Online Marketing Team, (2018.). Pick and Place Robots: What Are They Used For and How Do They Benefit Manufacturers? Dostupno na: <https://www.automate.org/blogs/pick-and-place-robots-what-are-they-used-for-and-how-do-they-benefit-manufacturers> Pretraženo: 15.09.2023.

Warehouse automation, (2023.). What is a pick and place robot? Dostupno na: <https://6river.com/what-is-a-pick-and-place-robot/#:~:text=Pick%20and%20place%20robots%20are,helps%20to%20increase%20production%20rates> Pretraženo: 30.08.2023.

(2019.). Advantages of Pick and Place Robots. Dostupno na:

<https://www.remtecautomation.com/news/advantages-of-pick-and-place-robots/>

Pretraženo: 30.08.2023.

(2022.). Što je 3D modeliranje i 5 najčešćih primjena. Dostupno na: [https://dir.hr/sto-](https://dir.hr/sto-je-3d-modeliranje/)

[je-3d-modeliranje/](https://dir.hr/sto-je-3d-modeliranje/) Pretraženo: 15.09.2023.

POPIS SLIKA

<i>Slika 1. Primjer robotske ruke na pokretnoj traci</i>	<i>2</i>
<i>Slika 2. Prikaz pokretne trake na kojoj ljudi rade, danas je sve automatizirano i ovakav posao obavlja robotska ruka</i>	<i>3</i>
<i>Slika 3. Primjer robota koji se koristi za metodu „pick and place“ kod sastavljanja.....</i>	<i>4</i>
<i>Slika 4. Primjer robotske ruke.....</i>	<i>5</i>
<i>Slika 5. Translacijski zglob.....</i>	<i>6</i>
<i>Slika 6: Rotacijski zglob</i>	<i>7</i>
<i>Slika 7. Torzijski zglob</i>	<i>7</i>
<i>Slika 8: Revolucijski zglob</i>	<i>8</i>
<i>Slika 9. Robotska ruka FANUC ER-4Ia</i>	<i>9</i>
<i>Slika 10. Tipke na „Teach pendant-u koje služe za upravljanje</i>	<i>10</i>
<i>Slika 11. „teach pendant“ upravljački uređaj robota</i>	<i>11</i>
<i>Slika 12. Edukacijski paket robota FANUC ER-4iA sa zaštitnim spremnikom</i>	<i>11</i>
<i>Slika 13. Prekidač od robotske ruke</i>	<i>13</i>
<i>Slika 14. Tri objekta koji su iskorišteni u radu</i>	<i>14</i>
<i>Slika 15. Prikaz postolja i objekata s njihovom drškom u programu „SOLIDWORKS“</i>	<i>15</i>
<i>Slika 16. Prikaz robotske ruke s postoljem i objektima u softveru roboguide.....</i>	<i>16</i>
<i>Slika 17. Prikaz pričvršćenog postolja</i>	<i>17</i>
<i>Slika 18. Prikaz početnih točaka objekata na postolju</i>	<i>17</i>
<i>Slika 19. Prikaz objekata postavljenih svako na svojoj početnoj poziciji</i>	<i>18</i>
<i>Slika 20. Trostrana prizma.....</i>	<i>18</i>
<i>Slika 21: Pravokutnik</i>	<i>19</i>
<i>Slika 22: Valjak.....</i>	<i>19</i>
<i>Slika 23. Usporedba objekata.....</i>	<i>20</i>
<i>Slika 24: Program.....</i>	<i>21</i>
<i>Slika 25: Program.....</i>	<i>22</i>

TABLICE

Tablica 1. Prikaz maksimalnog stupnja gibanja i maksimalne brzine pojedinog zgloba
.....9