

ŠOLSKI CENTER CELJE
SREDNJA ŠOLA ZA STROJNIŠTVO, MEHATRONIKO IN
MEDIJE

RAZISKOVALNA NALOGA

ROBOTSKA PALETIZACIJA

Mentor:

mag. Andro Glamnik, univ. dipl. inž.

Matej Veber, univ. dipl. inž.

Avtorji:

Matic Hribernik, S-4. B

Blaž Hribernik, S-4.B

Gašper Gračner, S-4. B

Mestna občina Celje, "Mladi za Celje"

Celje, 2012

KAZALO VSEBINE

1.	POVZETEK.....	5
2.	UVOD	6
3.	POT DO ZAMISLI IN PREDSTAVITEV PROBLEMA.....	7
3.1	PREDSTAVITEV PROBLEMA.....	7
3.2	HIPOTEZA	8
3.3	RAZISKOVALNE METODE.....	8
4.	ROBOTSKA PALETIZACIJA.....	9
4.1	PALETIZACIJA	9
4.2	RAZVOJ PALETIZACIJE.....	9
4.3	CILJI PALETIZACIJE.....	10
5.	SPLOŠNI OPIS ROBOTA.....	11
5.1	GLAVNE LASTNOSTI ROBOTA	12
5.2	OSNOVNA ZGRADBA ROBOTA.....	13
5.2.1	Kartezična zgradba robota.....	13
5.2.2	Cilindrična zgradba robota	14
5.2.3	Sferična zgradba robota.....	14
5.2.4	Kombinirana zgradba robota	15
5.2.5	Scara zgradba robota	15
5.2.6	Modularni robot.....	16
6.1	ROBOTSKA PRIJEMALA.....	17
6.2	NEVARNOSTI PRI DELU Z ROBOTI	19
6.2.1	Nevarnosti izvirajo iz naslednjih vzrokov:	19
6.2.2	Varnostni scanner sick.....	20
6.3	ROBOTSKA GIBANJA	21
6.3.1	Gibanje point to point – PTP	21
6.3.2	Linearno gibanje – LIN	22
6.3.3	Krožno gibanje- CIRC.....	22
7	NAČRTOVANJE IN PROGRAMIRANJE ROBOTSKE PALETIZACIJE	23
7.1	NAČRTOVANJE ROBOTSKE CELICE	23
7.2	KUKA OFFICE LITE	28
7.3	PROGRAMIRANJE ROBOTOV	30

7.3.1	Načini učenja robota.....	30
7.3.2	Ročno učenje točk	32
7.4.2	Indirektno programiranje.....	34
8	KONSTRUIRANJE IN MODELIRANJE	35
8.1	CAD-PROGRAMSKA OPREMA PRO/ENGINEER.....	35
8.2	ZAVIRALNA PLOŠČA	35
9	INVESTICIJE	36
9.1	ROČNO ZLAGANJE VREČ	36
9.2	ZLAGANJE S POMOČJO ROBOTA	37
9.3	EKONOMSKO PRIMERJALNI RAČUN.....	39
10.	PRAKTIČNA APLIKACIJA	41
10.1	MOŽNOSTI IZBOLJŠAVE	41
10	ZAKLJUČEK.....	42
11	ZAHVALA.....	43
12	VIRI IN LITERATURA.....	44

KAZALO SLIK

Slika 1: Robotska paletizacija v podjetju	10
Slika 2: Zgradba robotskega sistema	11
Slika 3: Konstrukcija kartezičnega robota.....	13
Slika 4: Konstrukcija cilindričnega robota	14
Slika 5: Konstrukcija sferičnega robota	14
Slika 6: Konstrukcija kombiniranega robota	15
Slika 7: Konstrukcija scara robota.....	15
Slika 8: Vrste sklepov modularnih robotov.....	16
Slika 9: Vzporedna prijemala	18
Slika 10: Kotna prijemala.....	18
Slika 11: Varnostni scanne.....	20
Slika 12: PTP- gibanje vrha orodja robota	21
Slika 13: LIN-gibanje vrha orodja robota	22
Slika 14: CIRC-gibanje vrha orodja robota.....	22
Slika 15: KUKA Sim Pro	23
Slika 16: Orodna vrstica	24
Slika 17: Delovno okolje KUKA Sim Pro	24
Slika 18: Prikaz postavitve robota v delovno okolje	25
Slika 19: Vstavljjanje plastenke	25
Slika 20: Pisanje simulacijskega programa	26
Slika 21: Učna orodna vrstica.....	26
Slika 22: Orodna vrstica za opravljanje robota	27
Slika 23: Primer paletizacije plastenk	27
Slika 24: Opis programa za paletizacijo desetih plastenk	28
Slika 25: Začetna stran programa KUKA Office Lite.....	29
Slika 26: Programiranje.....	29
Slika 27: Učenje z vodenjem pri uporabi kljuke	32
Slika 28: Učenje z vodenjem pri uporabi lahke učne roke	33
Slika 29: Indirektno programiranje robotov	34
Slika 30: Zaviralna plošča	35
Slika 31: Primerjava stroškov med ročno in strojno paletizacijo	40
Slika 32: Robot z delovnim okoljem	41

1. POVZETEK

Paletizacija povzroča velikokrat obremenitev delavcev, ki se vsak dan srečujejo s tem problemom na različnih proizvodnih linijah, zato smo se odločili zanj poiskati rešitev. Ta problem smo rešili z robotsko paletizacijo, ki olajša delo ljudem in pospeši proizvodnjo. Raziskovalna naloga vsebuje pregled robotskega področja, njihovo zgradbo, potek programiranja in delovanje simulacijskega programa KUKA Sim Pro. Bistvo raziskovalne naloge je ekonomska upravičenost.

2. UVOD

V okviru predmeta avtomatizacija in robotika smo si zadali cilj, da bomo s pomočjo robota ločevali kovinske valje od plastičnih, ki pa se bodo naključno pomikali mimo robota na tekočem traku in na podlagi tega poskušali ugotoviti, kakšne prednosti lahko dosežemo z robotsko paletizacijo, in ali se splača delavca nadomestiti z robotom. To pa smo tudi dokazali z ekonomsko primerjalnim preračunom na primeru robotske paletizacije sipkega materiala.

Robotska paletizacija je ena izmed pogostih delovnih akcij v industriji, kjer roboti vse bolj nadomeščajo človeka. Tu lahko gre za dela ob tekočem traku, kjer se operacije nenehno ponavljajo. Gre za »poberi in odloži« operacije, kar je za človeka naporno, dolgočasno in lahko tudi nevarno delo, zato lahko roboti s svojo dobro ponovljivostjo, natančnostjo in neutrudljivostjo pripomorejo k večji produktivnosti. Podjetja se v vse večji meri odločajo za namestitev robotov v svoje obstoječe linije, saj jih lahko uporabljamo za različne namene. Primer uporabe je tudi za depaletizacijo, to je za razkladanje izdelkov s palete, kot tudi za paletizacijo, kar pomeni zlaganje izdelkov na paleto. Celotna manipulacija z izdelki lahko potem poteka avtomatsko, če se izvedejo določene predelave na samem transportu, povezavi z etiketirko in ovijalec palet in transportom do samega regalnega skladišča.

Ravno zaradi razsežnosti tovrstnih aplikacij smo se odločili za realizacijo raziskovalne naloge, ki zajema programiranje robota in opravljanje s tekočim trakom, kjer pa smo se tudi srečali s senzorji (induktivni, kapacitivni). Za tekoči trak pa smo skonstruirali zaviralno ploščo in jo izdelali.

3. POT DO ZAMISLI IN PREDSTAVITEV PROBLEMA

Idejo za raziskovalno nalogo smo dobili na zanimiv način. Med uro avtomatizacije in robotike nam je profesor predlagal naslove za raziskovalne naloge in takoj ko nam je omenil naslov. Robotska paletizacija, smo dobili idejo, da bi lahko tudi mi prikazali primer paletizacije, pri kateri bi delavca nadomestili z šestosnim robotom. Ta problem nam je bil dokaj znan, saj smo ga sami izkusili med opravljanjem praktičnega usposabljanja med delom (PUD). Delo za tekočim trakom se nam je zdelo zelo dolgočasno in nezanimivo, saj smo morali ločevati poškodovane palice od nepoškodovanih in nepoškodovane zlagati v lesen zabojnik, poškodovane pa smo odvrgli stran. In tako smo dobili osnovno idejo, ki smo jo nadgrajevali vse skozi z dodatnimi idejami in se na koncu odločili, da bomo na podlagi izmišljenih podatkov naredili ekonomsko primerjalni izračun in s tem dokazali, da se v paletizacijo splača investirati.

3.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Pri delu za tekočim trakom je veliko fizičnih naporov, hoje, obremenitve hrbtenice, kolkov, zapestij, ramenskega obroča itd. Ob vsakem jemanju materiala se mora delavec sprehoditi do materiala, skloniti, prijeti material in ga nato odnesti do delovnega mesta. Na delovnem mestu delavec nima primerne stola, zato še dodatno obremenjuje hrbtenico. Torej, zelo veliko je neprimernih gibov, kar po dolgih letih privede do raznih poškodb in obolenj. Povzroča pa tudi utrujenost, s tem pa dekoncentracijo in številnih napake na delovnem mestu. Ljudje preživimo večji del življenja na delovnem mestu, zato je pomembno, da smo na delu zadovoljni in radi opravljamo svoje delo.

Bolniška odsotnost predstavlja resen družbeni problem, ki vpliva na stroške delodajalca, odhodke iz obveznega zdravstvenega zavarovanja in tudi na produktivnost in učinkovitost podjetja. Zato mora delodajalec ustvariti takšne delovne pogoje, da pri delu ne prihaja do obremenitev, poškodb in obolenj. Ustvariti mora torej ergonomske, ekološke, varnostne, sanitarne in druge pogoje za delo.

Produktivnost podjetja se zmanjša z odmorom za malico in izmenjavo delovnih izmen. Če bi delavca zamenjali z robotom, bi podjetju lahko omogočili 24urno delovaje brez težav, ki jih povzročajo delavci. S tem bi dosegli večji dobiček, večjo produktivnost in bi bili konkurenčni.

3.2 HIPOTEZA

Glede na zdravstvene težave delavcev in izgub v podjetju smo postavili hipotezo raziskovalne naloge:

- Uporaba robota v aplikaciji paletizacije je ekonomsko upravičena.
- Robot poveča konkurenčnost in kakovost.
- Robot razbremeni človeka pri delu.
- Za paletizacijo lahko uporabimo vse vrste robotov.

3.3 RAZISKOVALNE METODE

Pri raziskovalnem delu smo uporabili različne metode dela. Najprej smo pridobili informacije za naše delo in preučili strokovno literaturo. To pa smo napravili z analizo virov na spletu.

Na podlagi pridobljenih informacij smo simulirali potek robotske paletizacije, sprogramirali robota, načrtovali zaviralno ploščo, valjaste modele in paleto.

Raziskovalna metoda našega dela je bila tudi uporaba programa KUKA Sim Pro. S tem programskim orodjem smo si najprej zamislili, kako bo robotska celica izgledala, nato pa smo simulirali gibe robota.

Uporabili smo tudi program KUKA Office Lite, ki omogoča offline programiranje KUKA robotov. V simulatorju smo napisali program, ki smo ga nato predstavili na realni robotski krmilnik.

S pomočjo modelirnika Pro/ENGINEER smo konstruirali in modelirali zaviralno ploščo, valjaste modele in paleto ter na podlagi modelov izdelali delavniške risbe. Ko smo vse to izdelali, pa smo se lotili raziskave, ali se splača delavce nadomestiti z robotom.

4. ROBOTSKA PALETIZACIJA

4.1 PALETIZACIJA

Paletizacija je po pakiranju prva sodobna transportna tehnologija, ki se je v teku stoletnega razvoja razvila skoraj v vseh industrijsko razvitih državah. Je celota organizacijsko povezanih sredstev za delo in tehnoloških postopkov. Namen procesa paletizacije je na paletah povezati posamezne manjše, kosovne tovore v večje tovarne enote in s tem omogočiti neprekinjeno verigo v procesu distribucije od surovinske baze do končnih potrošnikov. Palete se uvajajo v proizvodne, transportne, skladiščne in distribucijske postopke, pri čemer njihova množična uporaba močno vpliva na racionalizacijo proizvodnih procesov, večanje produktivnosti ob hkratnem zmanjševanju stroškov.

Paleta je namensko izdelana (najpogosteje lesena) podloga, na katero se po ustaljenih pravilih zлага kosovni tovor (na primer kartonaste škatle, vreče, bale, zaboje) z namenom oblikovati večje, standardizirane tovarne enote, s katerimi varno, enostavno, hitro in racionalno manipuliramo in izvajamo transport.

4.2 RAZVOJ PALETIZACIJE

Paletni integralni sistem, uporaba ravnih in boks palet na principu mednarodne menjave se je najprej v začetku petdesetih let pojavil v Združenih državah Amerike. Kasneje se je razširil tudi v evropske države, med katerimi so dolga leta vodile Švedska, Švica in Nemčija.

Masovna širitev je posledica mnogih prednosti, ki so izražene skozi pozitivne ekonomske učinke. Stopnja paletizacije in trend njene rasti je največji v industrijsko razvitih državah. Z uveljavitvijo tega sistema se je ustvarila prva faza večjih, manipulativno transportnih enot, ki se je odrazila v hitrejšem prometu blaga, znatnem zmanjšanju poškodb blaga in občutnem znižanju stroškov proizvodnje.

Najprej so se palete izključno uporabljale za pretovarjanje generalnega tovara v pristaniščih. V ta namen so uporabljali palete večjih dimenzij od današnjih, standardnih. Vse prednosti palet so bile izkoriščene šele takrat, ko je paleta začela krožiti od proizvajalca do potrošnika in nazaj. Uporaba viličarjev za prevažanje palet od ladij do skladišč in obratno je dodatno povečala produktivnost manipuliranja s paletami. Nekatere izvedbe ladij omogočajo pretovarjanje palet z viličarji iz ladje na kopno in obratno preko prekladalne rampe. Ta metoda spremeni smer pretovarjanja tovara od vertikalnega k horizontalnemu in tako skrajša čas manipuliranja ob hkratni zmanjšani potrebi po delovni sili.

4.3 CILJI PALETIZACIJE

Glavna cilja paletizacije sta zbiranje, združevanje raznovrstnega kosovnega blaga v večje, standardizirane manipulacijsko transportne enote tovora in povratni tok praznih palet.

Posledično dosežemo tudi:

- pospeševanje manipulacij in prevoza tovora,
- zmanjševanje ali popolno izključitev fizičnega dela v procesu manipuliranja s tovorom,
- povečevanje izkoriščenosti skladiščnih zmogljivosti, kapacitet transportnih in blagovno trgovskih centrov,
- optimalno izkoriščanje prometne infrastrukture,
- povečevanje hitrosti, varnosti in racionalizacije procesa prometnih storitev,
- povečevanje delovnega učinka,
- zniževanje stroškov.

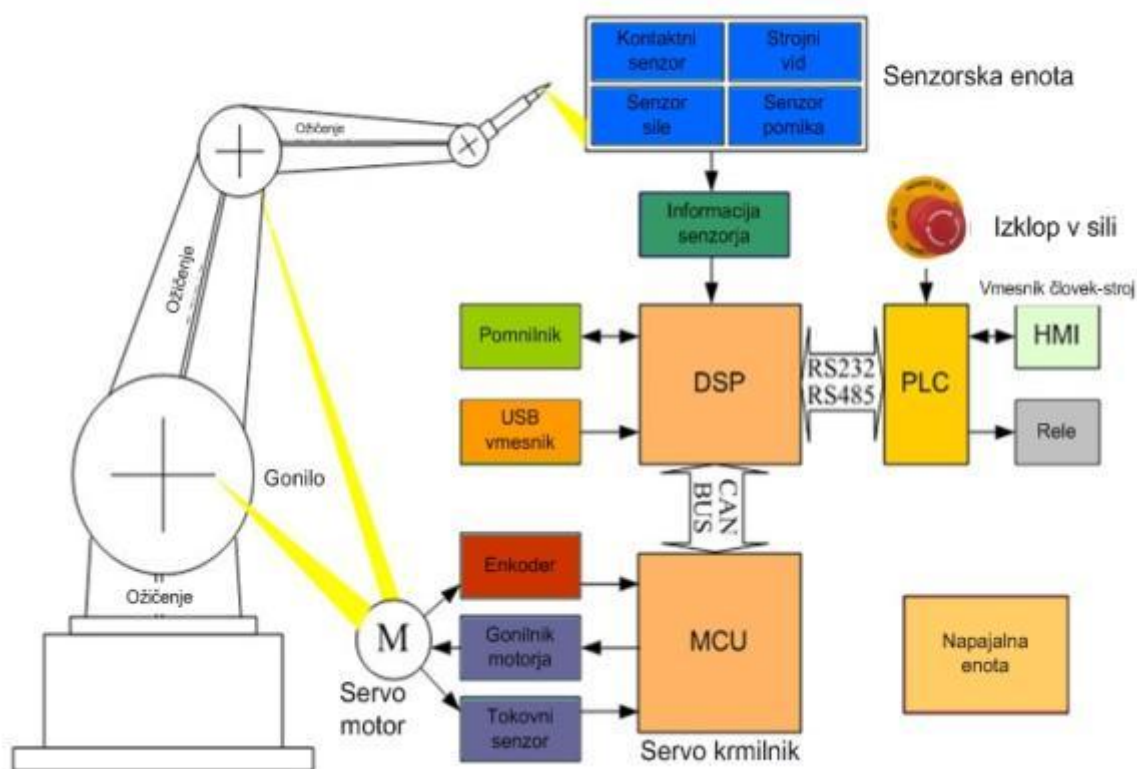


Slika 1: Robotska paletizacija v podjetju

5. SPLOŠNI OPIS ROBOTA

Robot je s tehničnega vidika sistem, sestavljen iz treh glavnih delov:

- mehanskega dela, kamor spadajo segmenti, motorji in zavore;
- informacijskega dela, ki zajema računalnik, krmilnik in sistem vodenja;
- senzorjev, kot so sile, pospeški, umetni vid, hitrost, pomik idr



Slika 2: Zgradba robotskega sistema

Vsak robot vsebuje mehanski in informacijski del, ni pa nujno, da vsebuje tudi senzorje. Senzorjev ne potrebujejo industrijski roboti, saj v primeru cikličnega ponavljanja robotskih trajektorij le-teh ne potrebujemo. Senzorji namreč zajemajo podatke iz okolice, kar pa pomeni dodatno obdelavo podatkov, sposobnost določanja bistva podatkov, omogočanje načina reagiranja glede na informacije ter informacij glede položaja obdelovanca, prostega dostopa do njega in podobnih informacij namreč lahko pridemo s pomočjo zunanjih detektorjev, ki jih pri robotu vključimo kot potrebne pogoje za izvrševanje potrebne naloge.

V načelni delitvi se roboti delijo v tri skupine:

- *antropomorfne, to so človeku podobni roboti;*
- *neantropomorfne, ki imajo obliko strojev;*
- *lokomocijske, ki vsebujejo elemente hoje.*

Trije aktualni zakoni robotike (po Isaacu Asimovu) so:

1. Robot ne sme poškodovati človeka, niti zaradi svoje neaktivnosti dopustiti, da bi človeško bitje utrpelo škodo.
2. Robot mora izvrševati ukaze, ki mu jih dajo človeška bitja, razen v primeru, ko bi le-te kršile zakon.
3. Robot mora ščititi svoj obstoj, razen če bi to kršilo prvi in drugi zakon.

5.1 GLAVNE LASTNOSTI ROBOTA

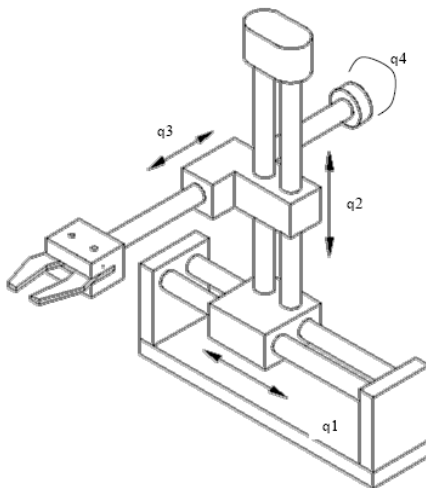
Glavne lastnosti robota so fleksibilnost, reprogramabilnost in adaptivnost, kar pomeni, da lahko namembnost in uporabo relativno enostavno spremenimo. Robota ne smemo zamenjati z avtomatom, ki je neadaptiven, ker je prirejen za že vnaprej določena dela. Avtomat je težko hitro in poceni prirediti za drugo delo. Medtem ko robotu določimo mesto in obliko njegovega prijemala, lahko predvidimo tudi npr. povečanje proizvodnje, začetek izdelave novega izdelka, zamenjavo oblike izdelka ipd.

5.2 OSNOVNA ZGRADBA ROBOTA

Vrh robota se giblje glede na način zgradbe robota. Če uporabimo tri translatorska gibanja, se vrh giblje po pravilih kartezijskega koordinatnega sistema. Lahko sestavimo tudi cilindrično in sferično konfiguracijo. Industrijski roboti pa so najpogostejše kombinirane zgradbe. Poznamo torej kartezično, cilindrično, sferično, kombinirano, scara in paralelno zgradbo robota.

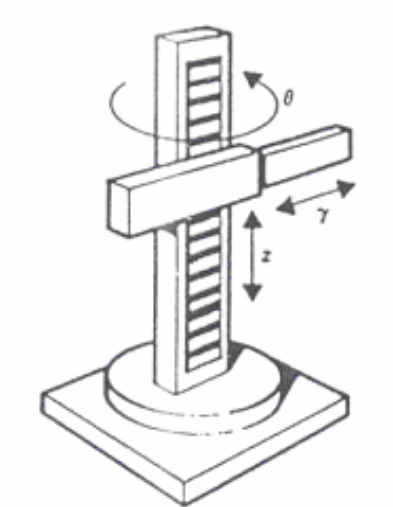
5.2.1 Kartezična zgradba robota

Konstrukcija kartezičnega robota omogoča linearno gibanje v treh dimenzijah. Včasih je na vrhu robota dodana rotacijska os, ki omogoča zasuk obdelovanca. Kartezični roboti so pogosto izdelani modularno, zato jim po potrebi lahko dodajamo ali odvzemamo osi.



Slika 3: Konstrukcija kartezičnega robota

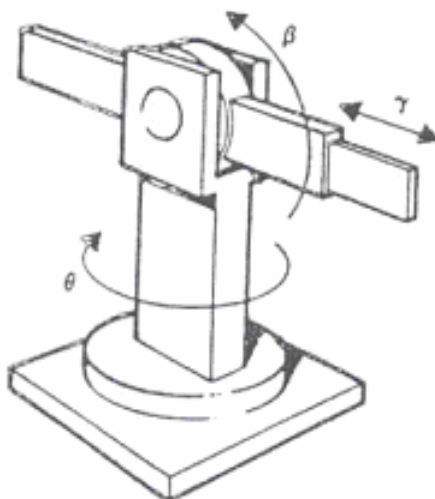
5.2.2 Cilindrična zgradba robota



Slika 4: Konstrukcija cilindričnega robota

5.2.3 Sferična zgradba robota

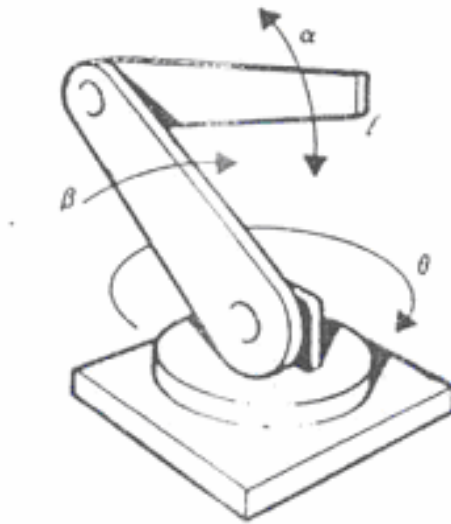
Sferični robot je sestavljen iz dveh rotacijskih in ene translacijske osi. Translacijska os je lahko vertikalna ali horizontalna. Primer sferičnega robota je tudi robot UNIMATE.



Slika 5: Konstrukcija sferičnega robota

5.2.4 Kombinirana zgradba robota

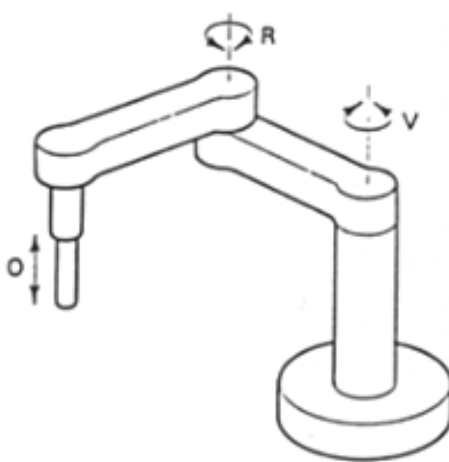
Antropomorfni robot ima vse osi rotacijske. S svojo konstrukcijo posnema delovanje človeške roke. Običajno imajo ti roboti šest osi, kar omogoča nastavitve želenega položaja in orientacije vrha robota. Ti roboti se najbolj pogosto uporabljajo v industrijskih aplikacijah.



Slika 6: Konstrukcija kombiniranega robota

5.2.5 Scara zgradba robota

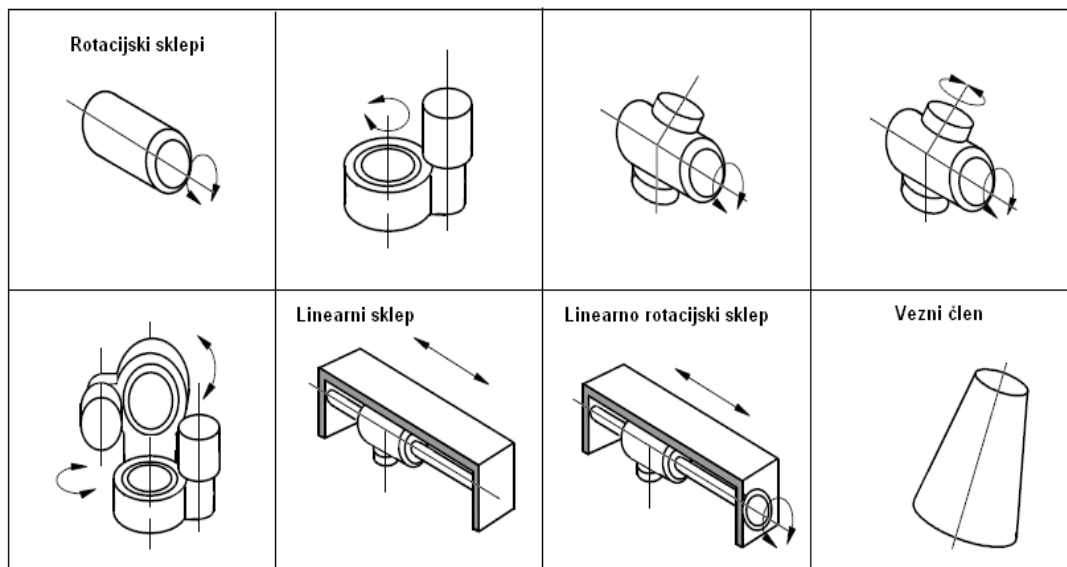
Osnovne lastnosti scara robotov so dve vzporedni horizontalno gibljivi rotacijski osi in vertikalna translacijska os. Robot se običajno uporablja za operacijo sestavljanja.



Slika 7: Konstrukcija scara robota

5.2.6 Modularni robot

Modularni robot je sestavljen iz posameznih rotacijskih in translacijskih sklepov v odvisnosti od namena uporabe, ki omogočajo izbiro dimenzij posameznih osi robota. Robotski krmilnik mora biti izveden tako, da zazna spremembo v konfiguraciji robota.



Slika 8: Vrste sklepov modularnih robotov

6.1 ROBOTSKA PRIJEMALA

Prijemala lahko delimo na več načinov, in sicer:

- po vrsti medija oziroma načinu ustvarjanja sile;
- po načinu odpiranja;
- po številu prstov;
- po velikosti sile oziroma hoda;
- po namenu uporabe.

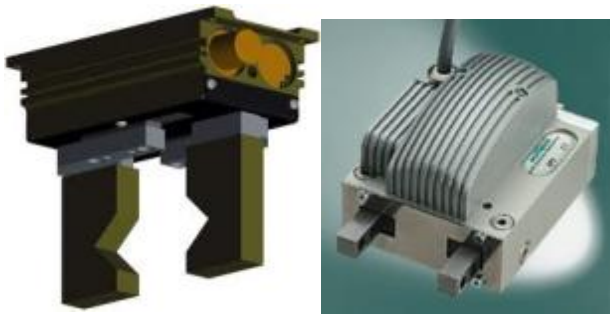
Poznamo pnevmatski, hidravlični in električni pogon prijemal. Pnevmski in hidravlični pogon sta najpogostejše uporabljena pri prijemalih s silo oziroma stiskom. Aktiviranje je zagotovljeno s pnevmatskimi cilindri, ki so zelo robustni in odporni na obremenitve.

Možni sta dve izvedbi:

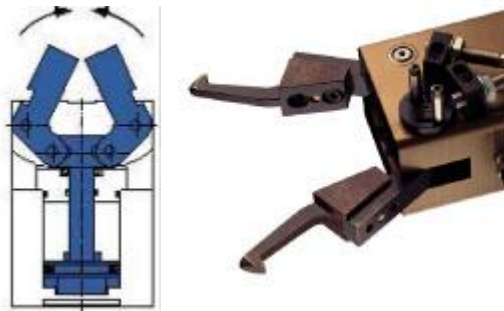
- delovanje valja v obe smeri;
- delovanje valja v eno smer in nato vračanje v drugo smer s pomočjo vzmeti.

Na delovanju vretenskih ali zobniških prestavnih razmerjih temelji večina elektromehanskih pogonov, uporabljenih pri prijemalih. Njihov delež na trgu sicer ni visok, a je vseeno veliko izvedb.

Glede na način odpiranja poznamo vzporedna, kotna ter kotna prijemala s polnim odpiranjem.



Slika 9: Vzporedna prijemala



Slika 10: Kotna prijemala

Po namenu uporabe ločimo:

- prijemala za splošno uporabo;
- prijemala z vpenjali za uporabo na obdelovalnih strojih;
- prijemala za uporabo v prehrambeni industriji;
- prijemala za modularne sisteme za potrebe testiranja in učenja;
- prijemala za raziskovalne namene (univerze, inštitute).

6.2 NEVARNOSTI PRI DELU Z ROBOTI

V osnovi obstajajo tri potencialne nevarnosti pri delu z industrijskimi roboti:

- **Nevarnost trka** – možnost, da gibajoči se robot ali orodje, ki ga robot nosi, zadene operaterja. Trk je lahko posledica nepričakovanega giba robota ali izmeta/izpustitve obdelovanca.
- **Nevarnost stisnjenja** – robot med gibanjem v bližini objektov, ki so fiksni (stroji, oprema, ograja ...) stisne operaterja. Nevarnost stisnjenja obstaja tudi pri delu ob vozičkih, tekočih trakovih, paletah in drugih transportnih mehanizmih.
- **Ostale nevarnosti**, ki so specifične posamezni robotski aplikaciji, kot npr. nevarnosti udara električnega toka, vplivov varilnega obloka, opeklin, strupenih snovi, sevanja, prekomernega zvoka itd.

6.2.1 Nevarnosti izvirajo iz naslednjih vzrokov:

- **Nevarnosti krmilnega sistema**

To so nevarnosti napak, ki se zgodijo v robotskem krmilniku, kot so npr. programske napake, napake zaradi interference signalov ter napake v hidravličnih, pnevmatskih ali električnih podsistemih, povezanih z robotom.

- **Mehanske nevarnosti**

V ta razred sodijo nevarnosti, ki so posledica mehanskih lastnosti obdelovancev ali orodij, ki jih prenaša robot. Te so npr. ostri robovi, večje mase ali nezastrite elektrode. Zaradi mehanskih napak lahko robotsko prijemalo nepredvideno izpusti obdelovanec. Vzroki mehanskih napak so prekomerna obremenitev, korozija, utrujanje materiala in pomanjkljivo vzdrževanje.

- **Nevarnosti okolja**

Uporaba robotov lahko v določenih situacijah povzroči tudi tveganja iz okolja. Tvrsten primer so varilne robotske celice, od katerih se širijo varilni plini, varilno iskrenje ter leteči delci. Podobno tveganje predstavljajo tudi prah, vlaga, ionizirajoče in neionizirajoče sevanje, laserski žarki, ultra vijolična svetloba ter gorljivi in eksplozivni plini.

- **Nevarnosti človeških napak**

V večini robotskih celic mora operater delati v bližini robota ali vstopati v njegov delovni prostor. V tem primeru je izpostavljen nevarnosti trka ali stisnjenja, ki lahko nastopi med programiranjem, učenjem gibanja, vzdrževanjem ali delom v bližini robota, npr. vlaganjem ali jemanjem obdelovancev iz celice. Slabo poznavanje opreme je glavni vzrok za človeške napake pri delu z roboti.

- **Nevarnosti perifernih naprav**

V večini robotskih celic robot dela v povezavi s perifernimi enotami, kot so obdelovalni stroji, tekoči trakovi, obdelovalna orodja, stiskalnice itd. Tovrstna oprema prav tako lahko predstavlja varnostno tveganje, če so nevarni deli v dosegu operaterja in niso zaščiteni z varnostnimi ograjami.

Poročila o nesrečah z industrijskimi roboti odkrivajo, da se večino nesreč dogodi, ko operater vstopi v robotski delovni prostor potem, ko se je robot predhodno ustavil ali se gibal počasi, nenadoma pa se je začel gibati in hitro pospeševati.

6.2.2 Varnostni scanner sick

Varnostni scanner je višji nivo varnosti v robotski celici. Z njim dosežemo boljše varovanje oseb, ki delajo v robotskem prostoru. Uporablja se za mnogo aplikacij. Nameščen je tudi na transportnih vozičkih, da se ne bi kam zaleteli. Z varnostnim scannerjem lahko ustvarimo takšno aplikacijo, da bo oseba v neposredni bližini stregla robotu s komponentami. Kljub temu oseba v tem prostoru ni povsem varna. Varnostni scannerji prihajajo v industriji čedalje bolj v uporabo, saj so zelo fleksibilni, prilagodljivi in reprogramabilni.



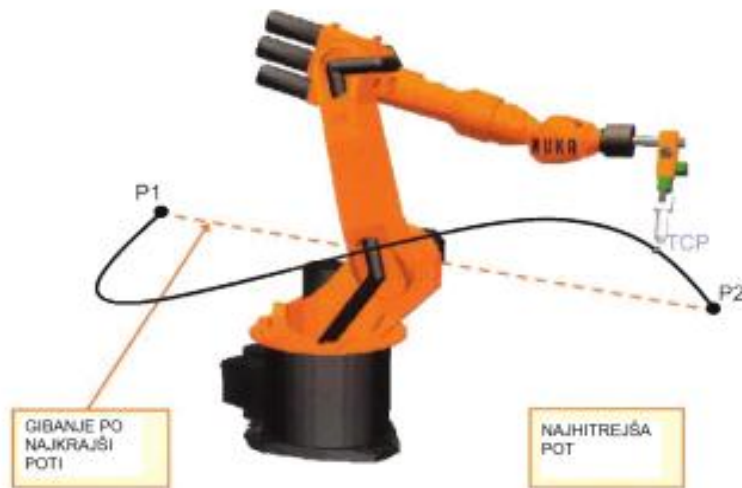
Slika 11: Varnostni scanner

6.3 ROBOTSKA GIBANJA

Robote lahko programiramo neposredno z učnimi enotami (teach pendant) ali posredno z osebnim računalnikom in prenosom programa na robotski sistem. V osnovi poznamo tri gibe, ki služijo za pomik vrha orodja robota.

6.3.1 Gibanje point to point – PTP

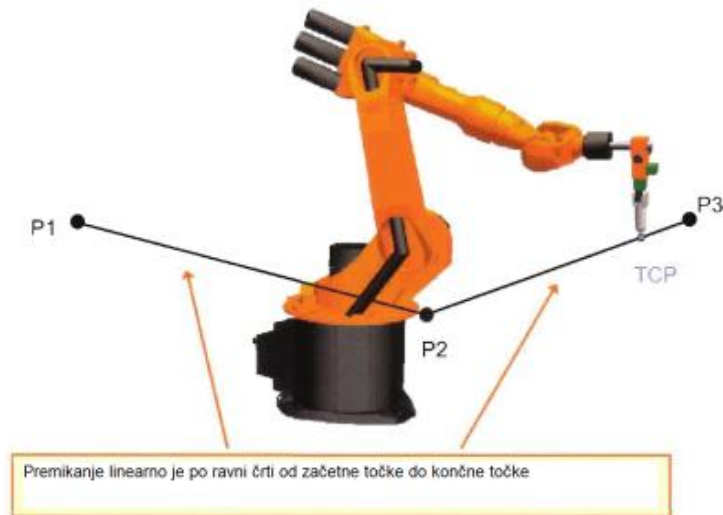
Point to point gib uporabljamo takrat, kadar nimamo ovir v delovnem okolju robota. Tudi ni pomembno, kako je orodje obrnjeno.



Slika 12: PTP- gibanje vrha orodja robota

6.3.2 Linearno gibanje – LIN

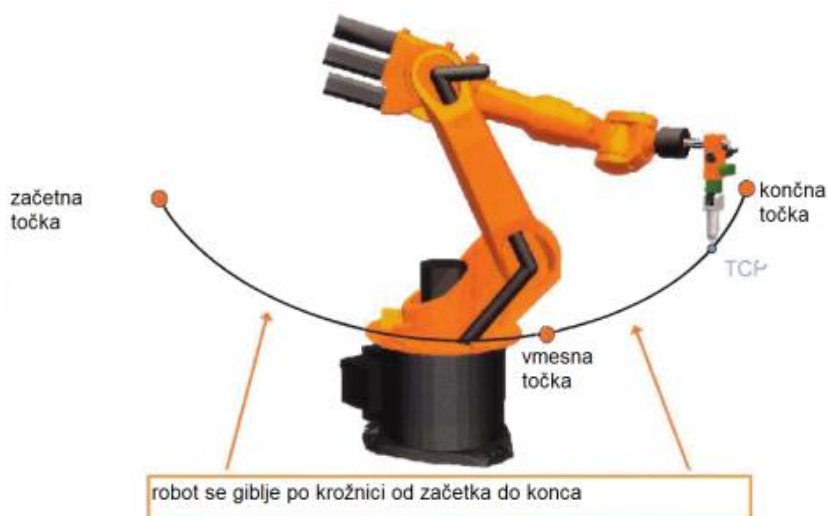
Linearni gib uporabljamo, kadar moramo nekaj prenesti v ravnini ali robota prepeljati po ravni premici. Ta gib pa je zelo uporaben pri paletizaciji robota.



Slika 13: LIN-gibanje vrha orodja robota

6.3.3 Krožno gibanje- CIRC

CIRC uporabljamo takrat, kadar želimo neko stvar narediti v krogu. Uporaben je, kadar želimo z robotom pobrusiti okrogel izdelek.



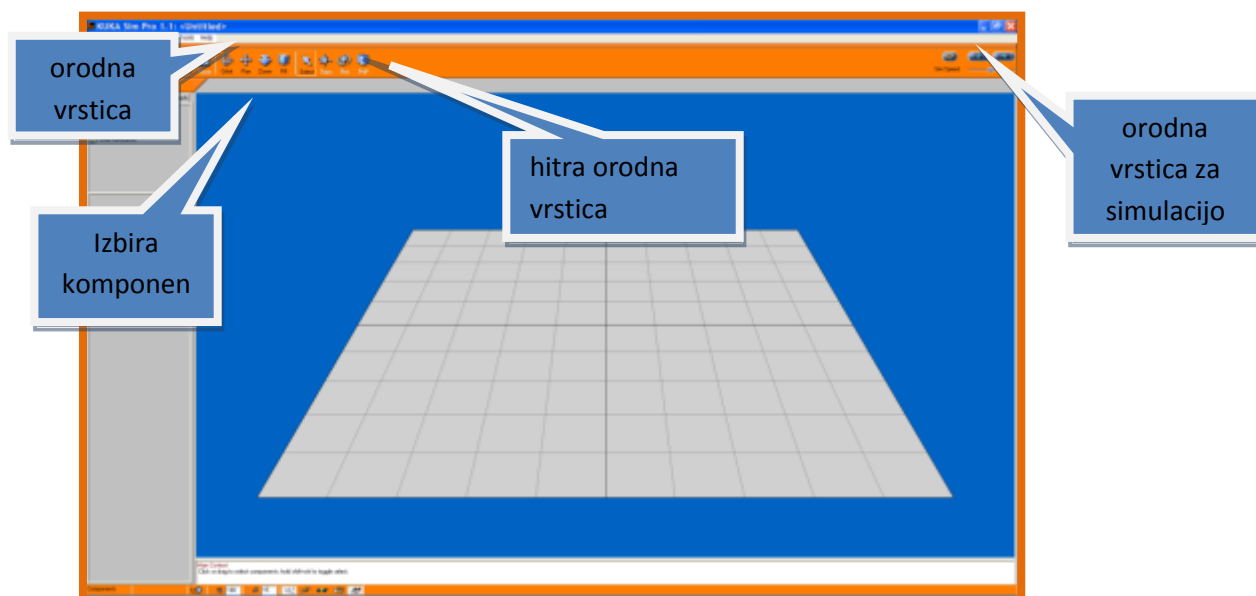
Slika 14: CIRC-gibanje vrha orodja robota

7 NAČRTOVANJE IN PROGRAMIRANJE ROBOTSKE PALETIZACIJE

Ko smo imeli končno idejo za izdelavo načrta za paletizacijo, smo porabili vse znanje, ki smo ga pridobili pri avtomatizaciji in robotiki. Najprej smo izdelali robotsko celico, nato pa smo robota programirali tako, da je v določenem časovnem intervalu s tekočega traku vzel valjasti model ter ga glede na material, ki ga zazna senzor, oddal v paleto.

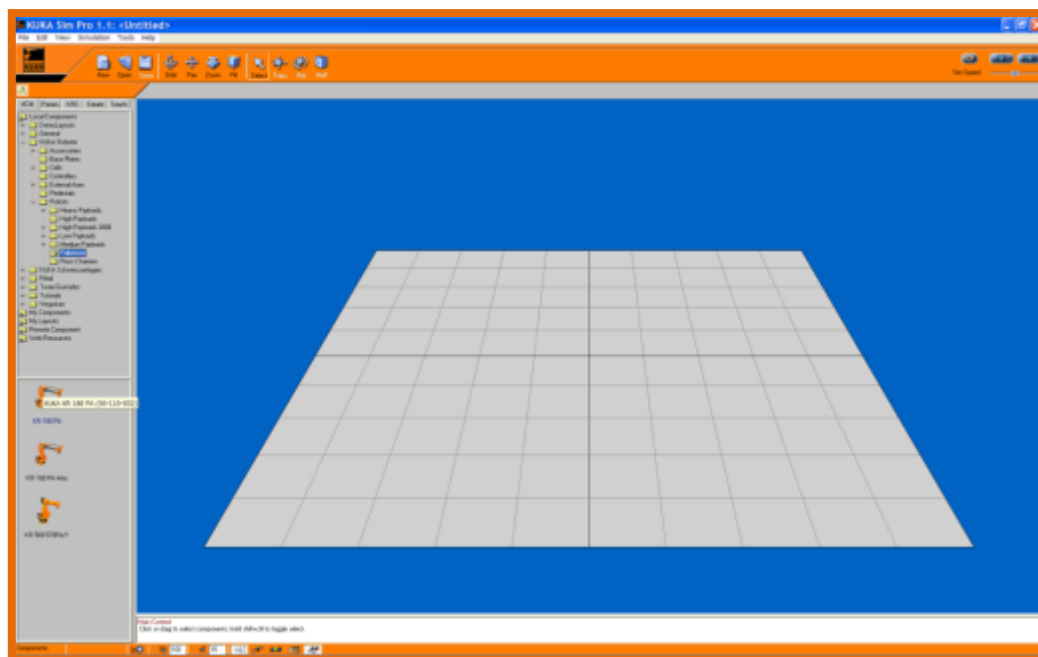
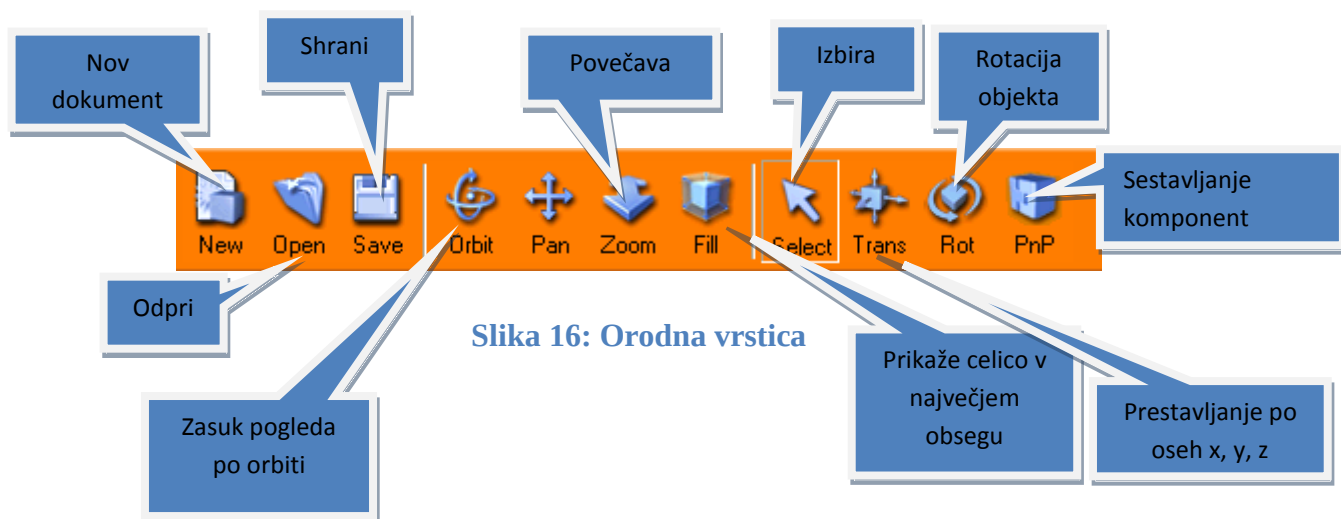
7.1 NAČRTOVANJE ROBOTSKE CELICE

Robotsko celico smo načrtovali s programom Kuka Sim Pro, ki je programsko simulacijsko orodje nemškega proizvajalca robotov KUKA. S tem programskim orodjem si lahko najprej zamislimo, kako bo robotska celica izgledala, nato pa simuliramo gibe enega ali več robotov. S tem prihranimo veliko denarja pri samem programiranju robota, saj nam ni potrebno biti fizično prisoten v celici, vnaprej poskrbimo za odpravo programskih napak in večjo varnost. Takšno programiranje imenujemo off-line programiranje.



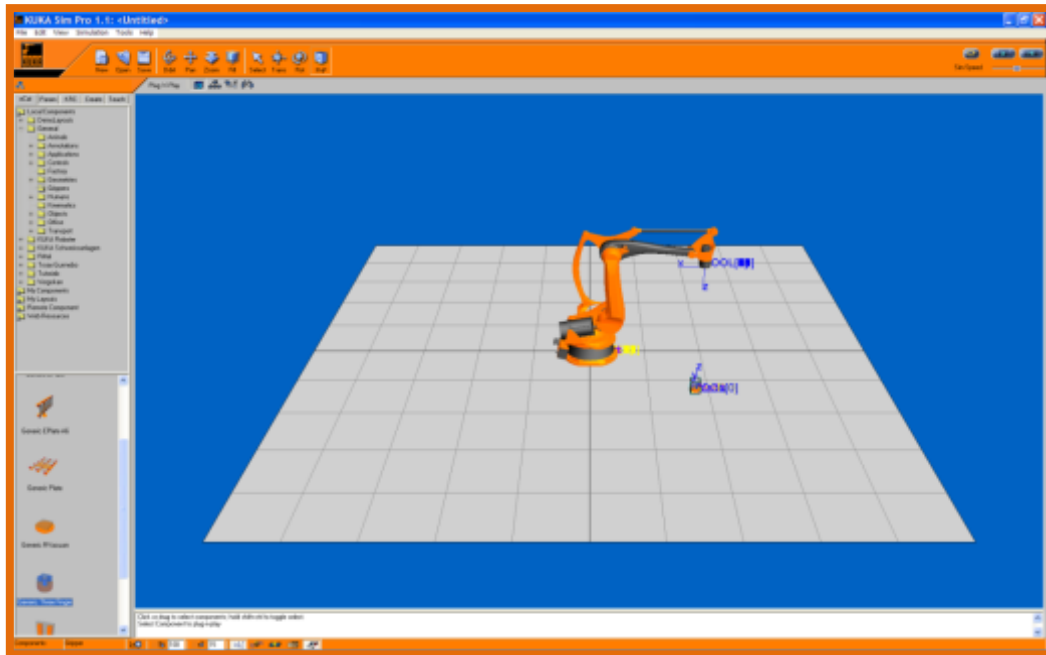
Slika 15: KUKA Sim Pro

V hitri orodni vrstici se nahajajo sledeči delovni ukazi :



Slika 17: Delovno okolje KUKA Sim Pro

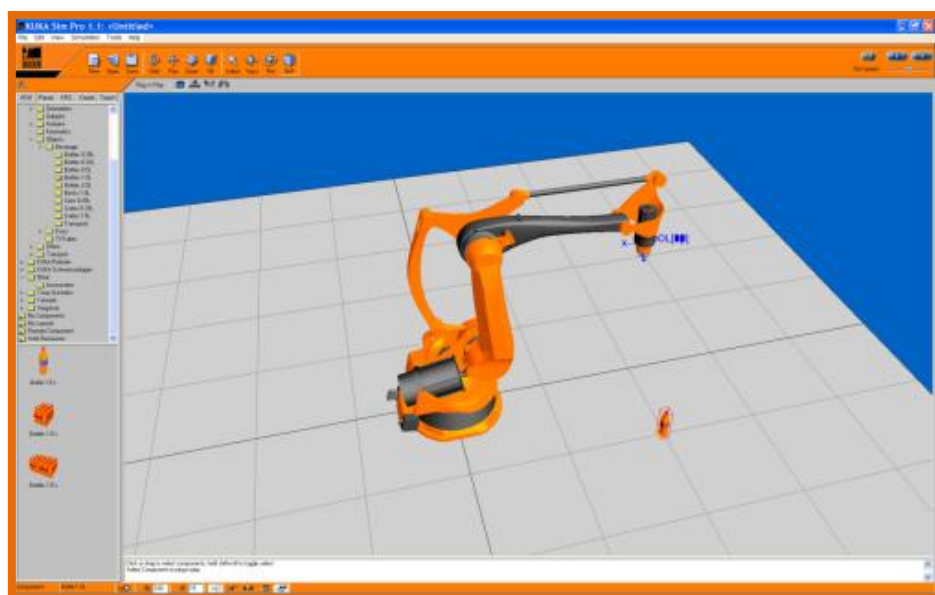
Če želimo vstaviti robota na delovno področje, gremo v Local components, KUKA roboter in robots, izberemo vrsto robota ter ga primemo in povlečemo na delovni prostor



Slika 18: Prikaz postavitve robota v delovno okolje

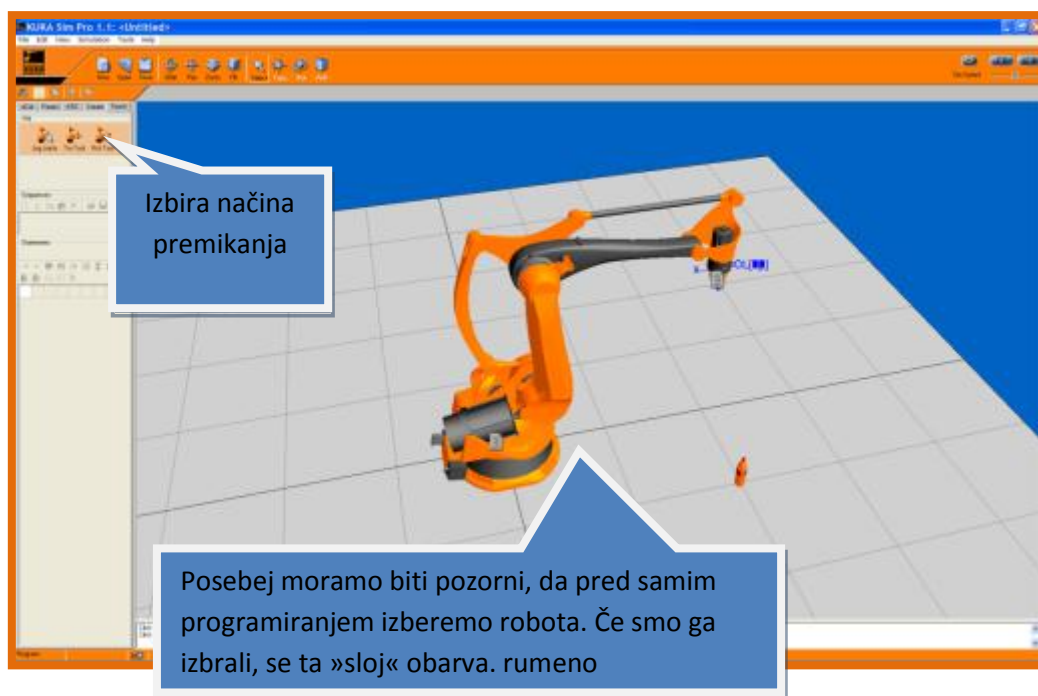
Dodamo prijemalo tako, da ga poiščemo pod **Local components, General in Grippers**. Nato vstavimo prijemalo na robotsko roko.

Vstavimo še platenko, ki jo najdemo pod **Local components, General, Beverage in Bottles**, kjer izberemo eno platenko.

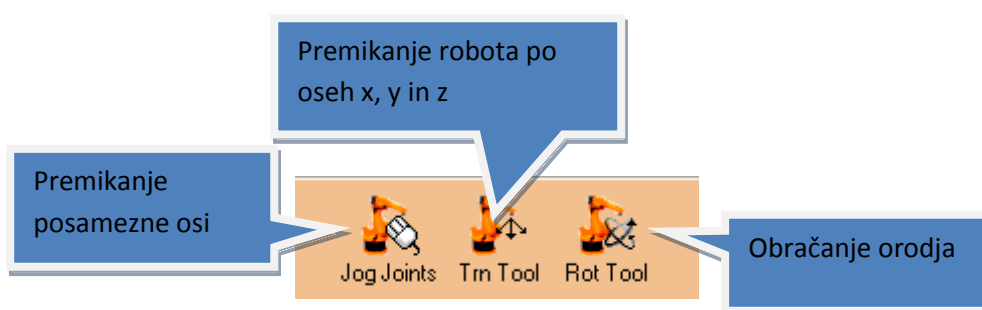


Slika 19: Vstavljanje platenke

Nato se postavimo na okno **Teach** in ga odpremo. Pričnemo s pisanjem in simulacijo programa.

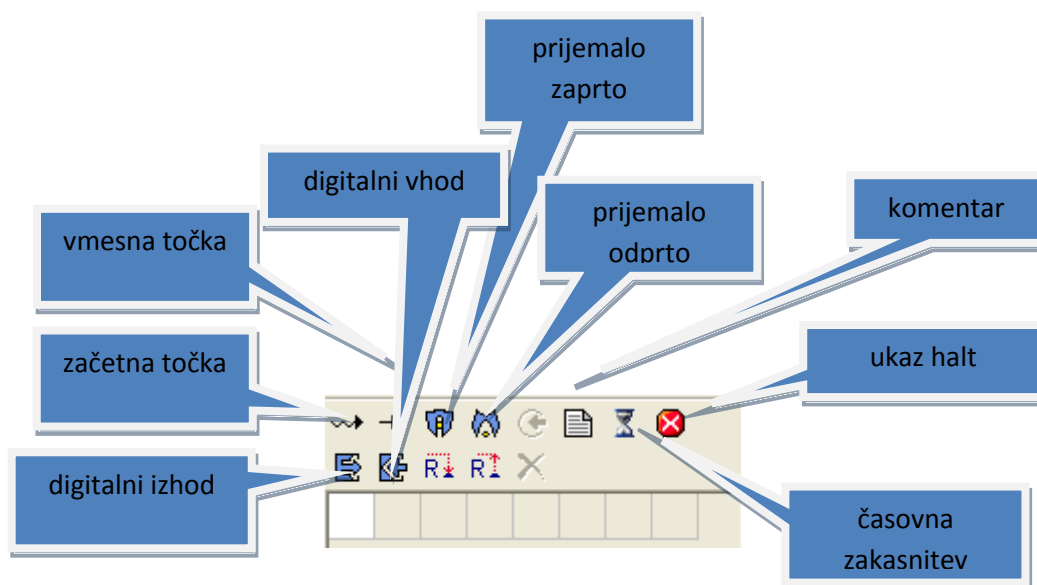


Slika 20: Pisanje simulacijskega programa

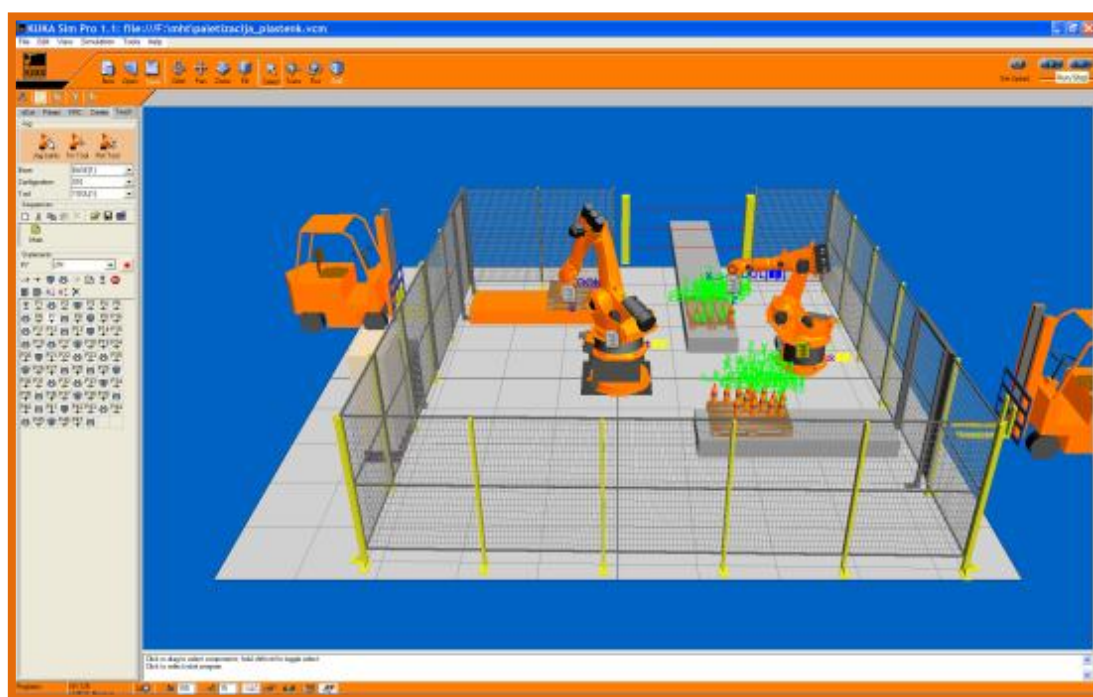


Slika 21: Učna orodna vrstica

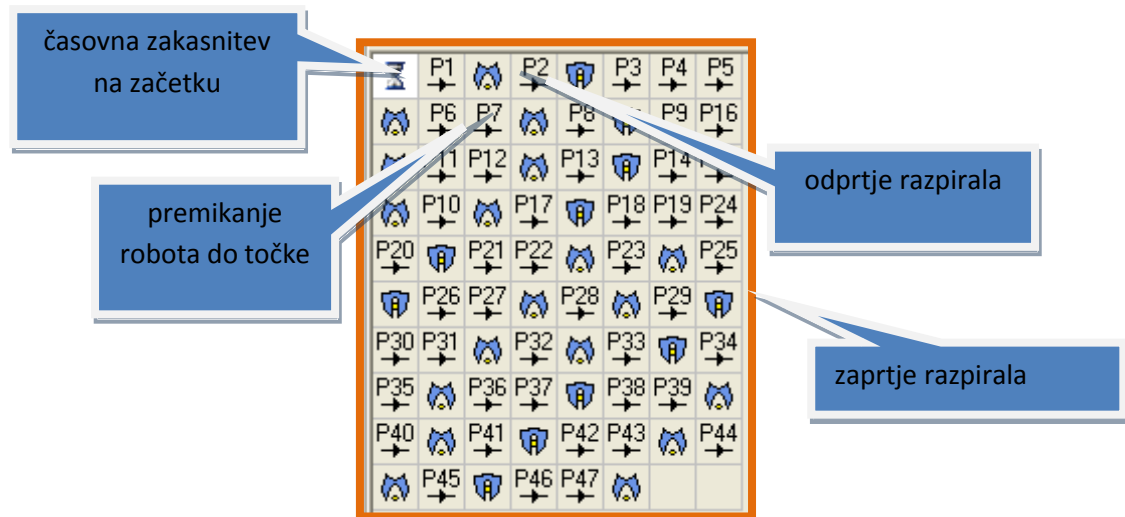
Ko z miško izberemo robota, se nam prikaže orodna vrstica za upravljanje robota



Slika 22: Orodna vrstica za opravljanje robota



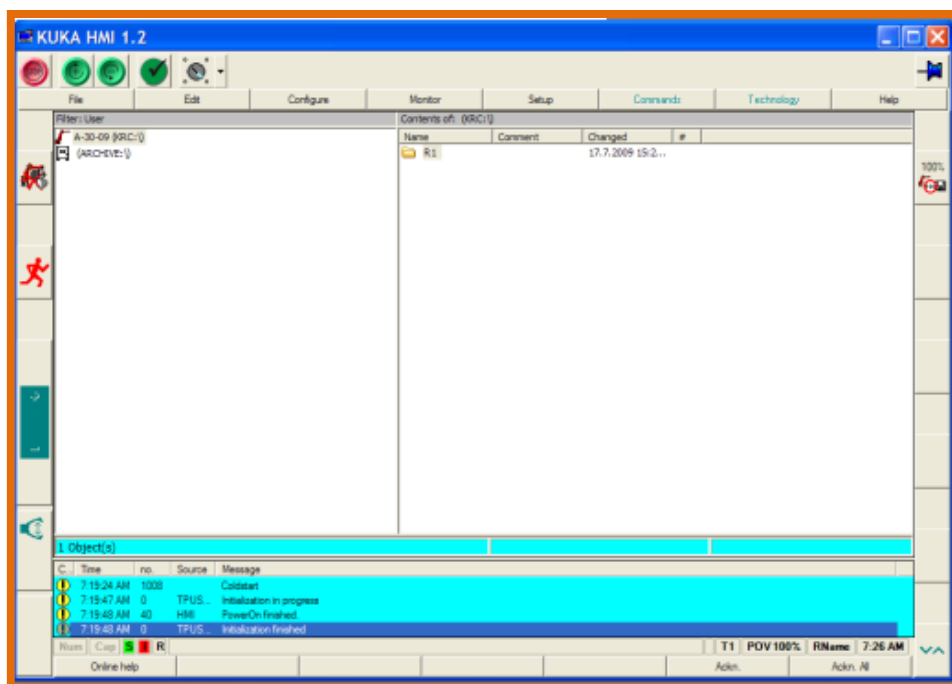
Slika 23: Primer paletizacije plastenk



Slika 24: Opis programa za paletizacijo desetih platenk

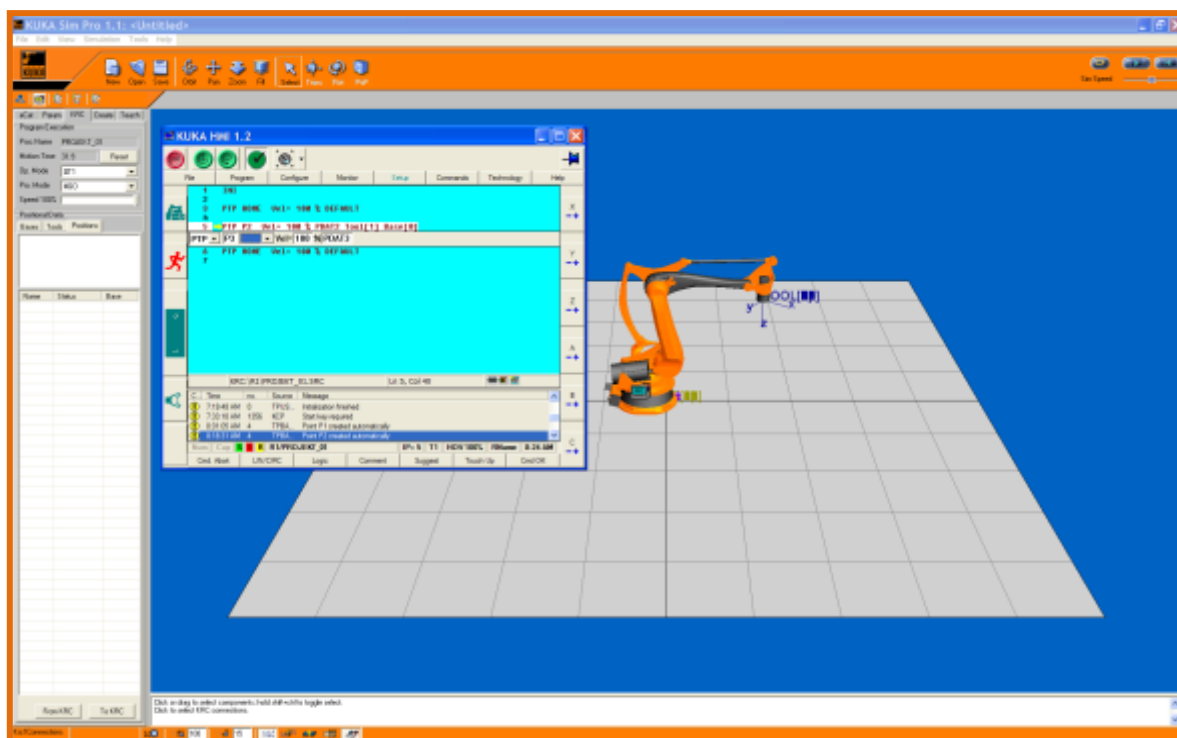
7.2 KUKA OFFICE LITE

KUKA Office Lite je simulacijski program, ki omogoča offline programiranje KUKA robotov. V simulatorju lahko napišemo program na identičen način, kot če bi programirali v teach boxu. Nato program le prestavimo na realni robotski krmilnik. Dani programi paket pa lahko povežemo tudi z programom Kuka Sim Pro.



Slika 25: Začetna stran programa KUKA Office Lite

Prikaz programiranja v KUKA Office Lite. V ozadju lahko vidimo dejansko gibanje robota oziroma delovanje programa.



Slika 26: Programiranje

7.3 PROGRAMIRANJE ROBOTOV

Programiranje robotov je staro toliko kot sama veda robotika. Ko so izdelali napravo, ki je lahko delovala le po nekem procesnem koraku, so morali le-to sprogramirati. Sprva so za potrebe avtomatike uporabljali krmiljenje preko pnevmatike, kasneje pa preko elektrike s pomočjo relejev. S pojavom elektrike se je začela avtomatika vedno bolj razvijati. Ko so se pojavili prvi računalniki, so se začeli pojavljati programski jeziki, s pomočjo katerih lahko danes programiramo praktično vse, kar poganja elektrika.

Robotsko programiranje je zelo kompleksna veda. Z enim programskim jezikom lahko programiramo samo enega robota. CNC-stroji vsebujejo G-kodo, ki nam jo program, v katerem smo risali, izpiše in jo nato naložimo na CNC-obdelovalni center.

V robotiki pa za programiranje robotov nimamo ustreznih standardnih kod. Vsak robot ima svoj programski jezik, ki je velikokrat prevzet iz univerzalnih programskih jezikov. V osnovi lahko robote programiramo na več načinov. Dva izmed njih sta on-line programiranje in off-line programiranje.

7.3.1 Načini učenja robota

Da lahko robot opravi zahtevano delo, ga moramo seveda naučiti, kako naj to delo izvede. V industriji gre največkrat za ciklično ponavljanje nekega dela. Včasih pride do primerov, da opravimo podobno operacijo na različnih obdelovancih. Takrat je robotu seveda potrebno določiti, katero robotsko trajektorijo naj izvede.

Robotska trajektorija je zaporedje točk v prostoru, ki jih vrh robota poveže na svoji poti. Točke so lahko določene kot ustavitvene ali prehodne. Razlika je v tem, da se robot v ustavitveni točki ustavi, medtem ko prehodno lahko preleti. V ustavljenih točkah običajno izvedemo neko aktivnost, kot je na primer zvarna ročka, začetek barvanja ali kakšne druge delovne operacije. Prehodne ali tudi "via" točke uporabljamo pri obhodu ovire, pri vmesnih točkah obračanja prijemala idr., kjer je to obvezni položaj robota za nemoteno doseganje naslednje točke. Običajno lahko pri obeh vrstah točk določimo, s kakšno natančnostjo želimo doseči shranjen položaj. Pri vsaki točki določimo toleranco, ki jo dopustimo. Zavedati se moramo, da za ustavitveno točko robot potrebuje več časa kot za prehodno ter da robot za večjo zahtevano natančnost potrebuje več časa. Pri generiranju robotskih trajektorij torej pazimo, da ne povečujemo časa cikla zaradi nepotrebnih ostrejših zahtev.

V praksi se je do danes uveljavilo več različnih načinov programiranja, ki pa jih ponavadi delimo v tri glavne:

1. ročno učenje točk (point-to-point) – neposredno programiranje (on-line):

- **učenje z neposrednim vodenjem pasivnega robota** - operater vodi vrh robota po prostoru v skladu z zahtevano nalogo (način se uporablja za lahke oz. majhne robote ter naloge majhne natančnosti);
- **učenje z neposrednim vodenjem aktivnega robota** – operater vodi robot s pomočjo krmilnih ročic na vrhu robota ter shranjuje posamezne točke, pri tem operater ne premika robota fizično s svojo silo, ampak s pomočjo krmilne palice na samem robotu, tako nimamo mehanskih omejitev iz prejšnjega primera.

•

2. učenje med vodenim gibanjem – s pomočjo ročne konzole (teach-by-show, continuous-path) – neposredno programiranje (on-line):

- vodenje aktivnega robota (operater stoji zraven robota) s pomočjo ročne konzole;
- preko konzole lahko spreminjamo, dodajamo ali odvezujemo točke ter v njih določamo želene aktivnosti;
- zaradi nahajanja v bližini robota med premikanjem je potrebna posebna varnost.

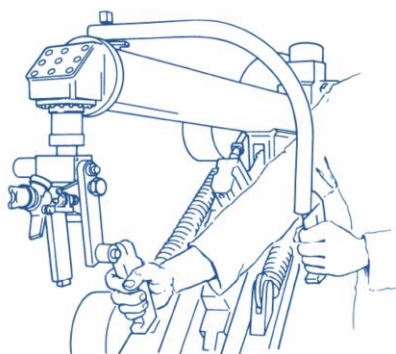
3. indirektno programiranje – programiranje s pomočjo računalnika – zunanje programiranje (off-line):

- izven delovnega mesta brez fizične prisotnosti robota;
- programiranje v ustreznih robotskih jezikih na zmogljivejših računalnikih;
- možnost predhodnega preizkušanja (npr. dostopnost varilnih klešč, omejitve prostora itd.);
- prihranek delovnega časa robota ter možnost vnaprejšnje priprave;
- potrebno je visoko znanje.

7.3.2 Ročno učenje točk

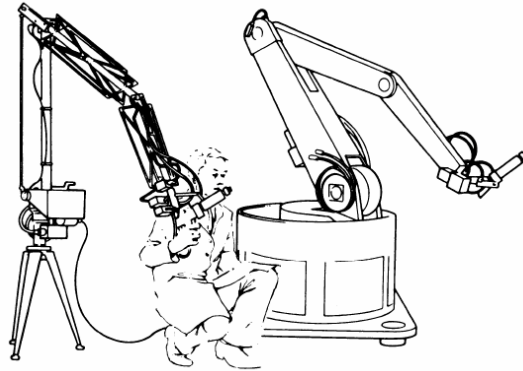
V primeru, ko programiramo iz točke na točko, mora biti program v celoti formalno napisan, vtipkan v nadzorno enoto in shranjen na disku. V nedvoumnem programiranju se zapiše več ukazov v jeziku, ki ga robot razume in jih nato tudi izvrši. Najboljši jezik je vzajemen in takojšen med razvojem in sestavljen za čas delovanja. Da je programiranje enostavnejše, obstajajo makro- ali subroutine knjižnice. Na voljo so tipični ukazi, kot so: premakni se k, poberi, odloži, zavrti in dvigni. Položaji v prostoru so definirani in poimenovani. Pri programiranju poznamo več programskih jezikov. Forth jezik, ki je bil razvit že leta 1960 in ga je družba Forth dokončno dopolnila leta 1970, je idealen za to okolje. Glavne prednosti jezika Forth so: generiranje učinkovite kode, hitro izvajanje, enostavno vodenje perifernih naprav in razmeroma hitro razvijanje programa. Prej omenjene parametre lahko uporabimo kot argument za besede, ki so definirane v Forth slovarju. Drug zanesljiv pristop uporablja vpise slovarjev, v katerih so parametri shranjeni skupaj z imenom funkcije.

Vsak vpis v slovar pripada predhodno definiranemu tipu, ki uporablja parametre v predpisanem načinu, da povzroči izvršitev gibanja robota. Vsi programerji vedo, da noben program prvič ne deluje, kot je treba. Zato so programerji razvili simulacijske programe. Ti programi nam omogočijo preizkus celotne naprave, robota, obdelovancev in pomožne opreme s simulacijo na računalniku. Vtipkati je potrebno program, ki ga želimo testirati, nato pa si na monitorju ogledamo rezultate. Tako lahko odkrivamo in odpravljamo napake.



Slika 27: Učenje z vodenjem pri uporabi kljuke

Takšno vodenje vrha robota v neposredni bližini robota je neprijetno in nevarno opravilo, zato so razvili tako imenovano lahko učno roko, ki učni postopek s tehniko učenja z vodenjem še olajša, čeprav operater potrebuje nekaj več časa, da se nauči delati z njo. Slika 27 prikazuje operaterja pri programiranju robota z lahko učno roko. Vidimo, da lahka učna rokav celoti posnema kinematiko robota in vsebuje senzorje položaja za posamezne osi robota, ne vsebuje pa motorjev.



Slika 28: Učenje z vodenjem pri uporabi lahke učne roke

Izvajalniki robotske roke potem sami reproducirajo shranjeno zaporedje gibov. Računalnik prikaže na zaslonu spisek predpisanih točk v postopku, ki jih lahko programer po potrebi dodatno uredi, predpiše hitrost posameznega giba itd. Računalnik sam izračuna optimalno pot, da lahko opravi delo v najkrajšem času. To programiranje je uporabno pri robotih, ki morajo zgolj začeti in končati določeno nalogo, ni pa mu treba reagirati na različne zunanje vplive.

7.4.2 Indirektno programiranje

Indirektno programiranje ali t.i. off-line programiranje industrijskih robotov je za razliko od ostalih dveh najhitrejši in najenostavnejši postopek, vendar se je dodobra uveljavil šele v zadnjem času skupaj z razvojem osebnih računalnikov. Kot je že bilo omenjeno, nam indirektno programiranje ponuja možnost programiranja izven delovnega mesta in tako ne izgubljam dragocenega robotskega časa. Bistvena prednost indirektnega programiranja je možnost simulacij programa na računalniku. Dejstvo je, da običajno noben program ne deluje že takoj, simulacije programov so idealen pripomoček za preverjanje pravilnosti programa.

V nadaljevanju je predstavljenih nekaj programov za indirektno programiranje robotov, ki delujejo v operacijskem sistemu Windows. Predstavljeni bodo predvsem tisti programi, ki uporabniku omogočajo hitro ustvarjanje trajektorij, tako z možnostjo, da robot nosi orodje ali obdelovanec, in to na podlagi 3D CAD-modelov izdelkov, orodij in delovnega okolja. Predstavljeni programi uporabniku omogočajo, da samo z nekaj kliki miške ustvari želeno robotsko trajektorijo in ta postopek bo v nadaljevanju imenovan avtomatsko ustvarjanje trajektorij. Predstavljeni programi omogočajo tudi izvoz ustvarjenih trajektorij v datoteko. Slabost nekaterih programov je predvsem v tem, da so namenjeni programiranju le za določene proizvajalce industrijskih robotov.



Slika 29: Indirektno programiranje robotov

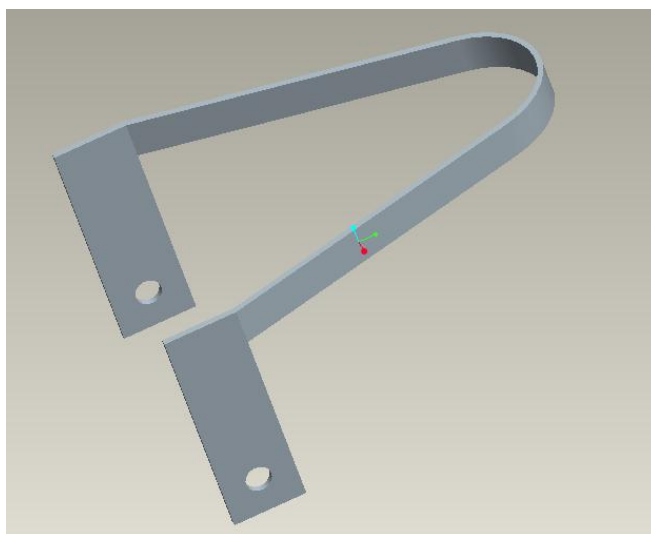
8 KONSTRUIRANJE IN MODELIRANJE

8.1 CAD-PROGRAMSKA OPREMA PRO/ENGINEER

Pomagajo arhitektom, oblikovalcem in inženirjem strojništva pri zasnovi izdelkov. Moderna CAD-programaska orodja vključujejo konstruiranje, dizajniranje, izmenjavo podatkov, izdelavo tehniške dokumentacije obstoječih izdelkov itd.

Pro/ENGINEER je CAD-programaska oprema, kjer je prikaz tridimenzionalnih oblik najpopolnejši. Okolje je izdelano na podlagi tridimenzionalnih gradnikov, ki delujejo po treh sistemih. Prva metoda je površinska. Model pozna samo mrežno povezavo mejne točke. Tako se gradijo površine, med seboj povezane v sklop. Izdelamo lahko zelo zahtevne oblike, kot so avtomobilski karoserijski deli, vendar model ne prepozna svojega volumna. Druga metoda so volumski modelirniki, ki so se razvili iz površinskih. Uporablja se princip dodajanja in odzemanja. Osnovni gradniki za delo so poleg oblike še vrtenje okoli osi, sledenje po dani osi in spremembe preseka. Pomožni gradniki so posnetja, zaokrožitve, luknje ipd. Tretja metoda so modelirniki za površine z negeometrijskimi oblikami, za katere sta znana tako volumen kot površina. Ta metoda man omogoča parametrične spremembe oziroma manipulacije, ob tem pa model še vseeno prepozna volumen. S tega vidika ima PRO/ENGINEER največjo prednost pred ostalimi modelirniki.

8.2 ZAVIRALNA PLOŠČA



Slika 30: Zaviralna plošča

9 INVESTICIJE

Eden izmed pomembnejših razlogov, da se ročna paletizacija zamenja z robotsko, je ta, da bi ljudje bili manj obremenjeni, ne pa brezposelni. Z robotsko paletizacijo dobimo nova delovna mesta in večji dobiček. Z izračuni, ki bodo v nadaljevanju prikazani, smo ugotovili, da se v robotsko paletizacijo splača investirati.

Podatke, ki smo jih prikazali, se v nadaljevanju uporabljajo kot razmerje cen, ki bodo enaka realnim cenam ter predstavljena z denarnimi enotami

9.1 ROČNO ZLAGANJE VREČ

Stroški zlaganja vreč so izračunani za eno paletu, kar pomeni 8 vreč na sloj ter 10 slojev oziroma 80 vreč teže po 10 kilogramov. To pomeni, da je skupna masa paletiziranega materiala 800 kilogramov na paletu. Na uro se zloži 500 vreč oziroma 5000 kilogramov. Delo poteka v dveh izmenah 52 tednov na leto, ki ga opravlja 6 delavcev na delovno izmeno. Strošek delavcev na mesec pa je približno 400 D.E. bruto.

1.) Izračun števila palet na uro

$$\begin{aligned}
 N_{palet} &= \frac{\text{količina vreč na uro}}{\text{številom vreč ene palete}} \\
 &= \frac{500 \text{ vreč/uro}}{8 \times 10 \text{ vreč}} \\
 &= 6,25 \text{ palet/uro}
 \end{aligned}$$

2.) Letne delovne ure

$$\begin{aligned}
 N_{ur} &= \frac{5 \text{ dni} \times 8 \text{ ur}}{1 \text{ (teden)}} \times 52 \text{ tednov} \\
 &= 2080 \text{ ur}
 \end{aligned}$$

3.) Število palet na leto

$$\begin{aligned} N_L &= N_{ur} \times N_{palet} \\ &= 2080 \text{ ur} \times 6.25 \frac{\text{palet}}{\text{uro}} \\ &= 13000 \text{ palet} \end{aligned}$$

4.) Stroški ene delovne izmene

$$\begin{aligned} S_{izm} &= 6 \text{ delavcev} \times 12 \text{ mesecev} \times 400 \text{ D.E.} \\ &= 28800 \text{ D.E.} \end{aligned}$$

5.) Stroški paletizacije ene palete

$$\begin{aligned} S_{palete} &= \frac{S_{izm}}{N_L} \\ &= \frac{28800 \text{ D.E.}}{1300 \text{ palet}} \\ &= 2.215 \text{ D.E./paleto} \end{aligned}$$

9.2 ZLAGANJE S POMOČJO ROBOTA

Življenjska doba robotske celice je približno 15 let, investicija robotske celice pa znaša 48000 D.E.. Robotsko celico bi lahko nadzoroval en delavec (operator), katerega strošek bi predstavljal 800 D.E.. strošek električne energije robotske celice je 0.66 D.E. na uro.

Že znani podatki:

$$N_{ur} = 2080 \text{ ur}$$

$$N_L = 13000 \text{ palet}$$

1.) Letni stroški dela ene delovne izmene

$$S_{izm} = 1 \text{ delavec} \times 12 \text{ mesecev} \times 800 \text{ D.E.}$$

$$= 9600 \text{ D.E.}$$

2.) Stroški energije ene delovne izmene na letni ravni

$$S_E = N_{ur} \times 0,66 \text{ D.E.}$$

$$= 2080 \text{ ur} \times 0,66 \text{ D.E./ uro}$$

$$= 1372,8 \text{ D.E.}$$

3.) Variabilni stroški ene delovne izmene na letni ravni

$$S_V = S_{izm} \times S_E$$

$$= 9600 \text{ D.E.} + 1373,8 \text{ D.E.}$$

$$= 10972 \text{ D.E.}$$

4.) Delež investicije za predvideno življenjsko dobo

$$S_I = \frac{48000 \text{ D.E.}}{10 \text{ let}}$$

$$= 4800 \text{ D.E.}$$

5.) Stroški strojne paletizacije ene palete

$$S_{SP} = \frac{S_{izm} + S_E + S_I}{N_L}$$

$$= \frac{9600 \text{ D.E.} + 1372,8 \text{ D.E.} + 4800 \text{ D.E.}}{13000 \text{ palet}}$$

$$= 1,213 \text{ D.E.}$$

9.3 EKONOMSKO PRIMERJALNI RAČUN

$$S_{atomatizirano} = S_{ročno}$$

$$I + (S_V \times 2 \times L) = S_{izm} \times 2 \times L$$

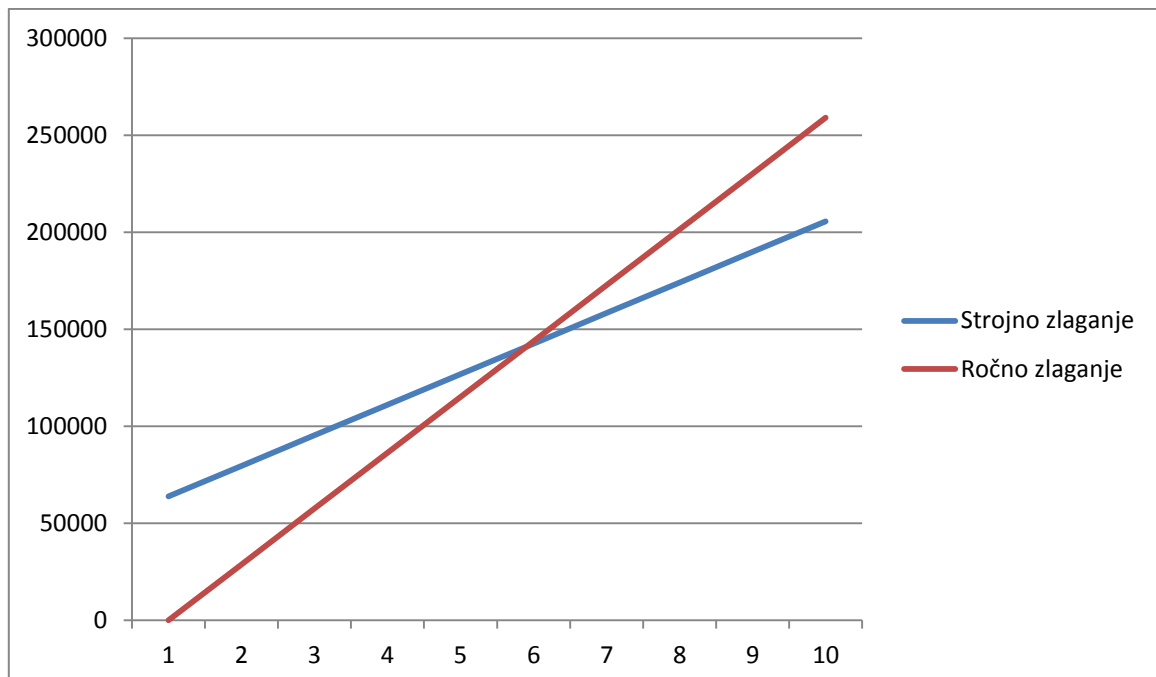
$$L = \frac{I}{(S_{IZM} - S_V) \times 2}$$

$$L = \frac{4800D.E.}{(2800D.E. - 10972 D.E.) \times 2}$$

$$= 1.35$$

Opomba:

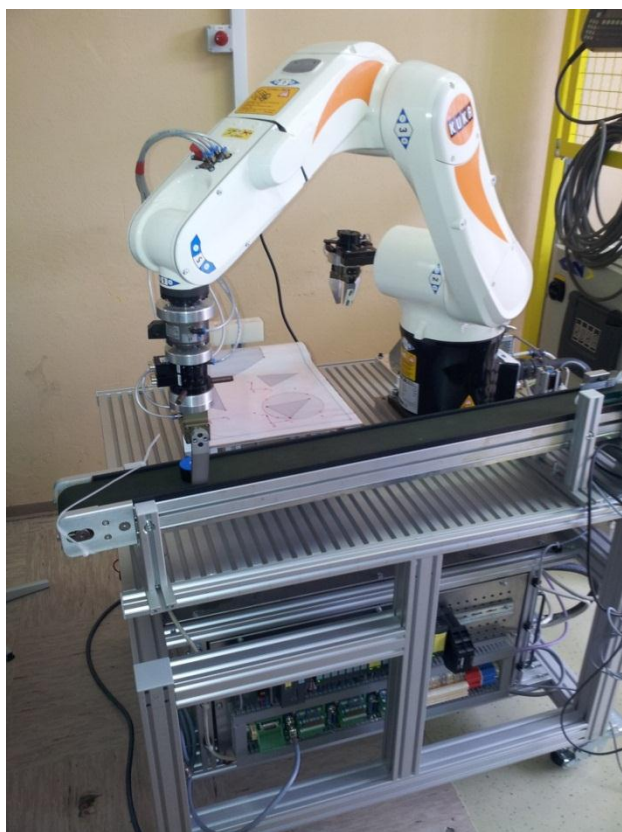
Investicija v robotsko celico se povrne v manj kot 16 mesecih oziroma 1.35 letu.



Slika 31: Primerjava stroškov med ročno in strojno paletizacijo

10. PRAKTIČNA APLIKACIJA

Na podlagi raziskovalne naloge smo se odločili, da bomo prikazali simulacijo paletizacije. Palitizacijo smo simulirali in ponazorili s pomočjo opreme, ki smo jo imeli na voljo v šoli. Najprej smo se lotili izdelave robotske celice v programu Kuka sim PRO. Ko smo imeli robotsko celico že izdelano, smo si lažje predstavljali, kako bomo programirali robota. Na koncu smo vse skupaj še preverili s simulacijo. Našo paletizacijo smo si zamislili tako, da bomo s pomočjo robota ločevali kovinske valje od plastičnih. Ti valji se pomikajo po tekočem traku, katere pa ločujeta induktivni in kapacitivni senzor. Na podlagi senzorjev robot zazna material valja ter ga odloži v zaboj, ki je namenjen za kovinske oz. plastične valje.



Slika 32: Robot z delovnim okoljem

10.1 MOŽNOSTI IZBOLJŠAVE

Našo aplikacijo bi lahko nadgradili z integracijo strojnega vida , ki bi omogočal pregledovanje polizdelkov . S tem bi lahko polizdelke pregledali pred paletizacijo in v primeru prevelikega odstopanja mer polizdelkov lete odstranili s tekočega traku. Na takšen način bi dvignili kvaliteto in zanesljivost proizvodnega procesa.

11 ZAKLJUČEK

Ob raziskovalni nalogi smo spoznali, do smo v štiriletnem srednjem šolanju usvojili številna znanja, spretnosti in veščine, na katerih bomo gradili svojo nadaljnjo poklicno pot.

Pri izdelavi raziskovalne naloge ni bilo dovolj le znanje, ki smo ga pridobili v šoli, temveč smo se morali pošteno poglobiti v določeno strokovno literaturo. V smislu raziskav smo proučevali robotizacijo tako z vidika tehničnih aplikacij, kakor tudi raziskave na podlagi statističnih podatkov iz katerih so razvidne razsežnosti in usmeritve v svetovnem merilu na vseh področjih življenja.

Avtomatizacija in robotizacija je nedvomno smer bodočega tehnološkega razvoja v svetovnem obsegu. Možnosti in potrebe na tem področju se večajo, funkcija strojniškega delovanja na tem področju pa je ključna. Zavedamo se, da so proučevanje, zasledovanje ter spoznavanje dosežkov v svetovnem merilu zaželeni in potrebni. Naša želja pa je, da bi v bodoče pripomogli k boljšemu delovanju na izvedbenem področju pri snovanju in izdelavi inovativnih robotskih aplikacij in rešitev.

12 ZAHVALA

Zahvaljujemo se predvsem mentorjema, mag. Andru Glamniku, univ. dipl. inž. in Mateju Vebru, univ. dipl. inž., ki sta nas vse skozi vodila po pravi poti do cilja. Njuno obsežno strokovno znanje pa nam je pomagalo v težavah. Zahvaliti se moramo tudi Dragomiri Kunej, prof. za lektoriranje našega raziskovalnega dela.

13 VIRI IN LITERATURA

Pisni viri:

[1] Mehatronika, Založba Pasadena, Ljubljana 2009

[2] Robotika, Glamnik A., Veber M.,

Spletni viri:

[1] http://www.ro.feri.uni-mb.si/predmeti/izdel_tehnol/Predavanja/Izdel_teh3b.pdf

[2] www.robos.si/SAS.htm

[3] www.mikron.si/prod_gmg.htm

[4] www.inotech.si/slovene/components.htm

[6] http://ozi.domet.si/sl/produkti/industrijski_roboti

[7] http://www.ro.feri.uni-mb.si/predmeti/izdel_tehnol/Predavanja/Izdel_teh3b.pdf

[8] www.irt3000.si

[9] <http://www.pakman.si/>

[10] <http://www.automation-drive.com/servo-motor>

[11] http://www.electromate.com/products/series.php?&series_id=100155

[12] <http://www.irobot.si/>

[13] http://www.kuka-robotics.com/res/sps/94de4d6a-e810-4505-9f90-b2d3865077b6_Spez_KR_C2_ed05_sl.pdf

[14] <http://www.ddc-web.com/Documents/synhdbk.pdf>

[15] <http://www.motoman.com/products/robots/models/sda10d.php>

[16] <http://www.ni.com/pdf/manuals/373379fpdf>

