



Tehnologija robota

Priručnik za fakultativnu nastavu iz
robotike za treće razrede smjera
tehničar za mehatroniku

Priručnik za učenike

Vinkovci, 2023.



www.esf.hr



Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda.

17.06.2011.

Sadržaj

Uvod	4
Građa robota.....	6
Industrijski roboti	8
Roboti za svemirska i podmorska istraživanja	10
Roboti u medicini.....	12
Roboti u vojsci	14
Roboti u kućanstvu i uslužnim djelatnostima	16
Pitanja za ponavljanje	18
Svojstva i značajke.....	19
jednostavnog robota.....	19
Automatizacija	21
Programabilnost.....	23
Prilagodljivost.....	25
Mobilnost.....	28
Sigurnost	30
Jednostavno korištenje.....	32
Pristupačna cijena	34
Radni prostor	35
Stupnjevi slobode gibanja.....	37
Hod i dohvat	38
Prostorna rezolucija	40
Orijentacija alata	41
Masa tereta.....	42
Brzina kretanja	43
Pitanja za ponavljanje	44
Funkcionalne cjeline robota	46
Mehanički sustav robota.....	47

Sadržaj

Energetski sustav robota	49
Izvor energije - napajanje	51
Mjerni sustav robota	52
Upravljački sustav	55
Pitanja za ponavljanje	57
Spajanje i održavanje robota	58
Spajanje industrijskog robota	59
Održavanje industrijskog robota	61
Pitanja za ponavljanje	62
Programiranje jednostavnog robotskog sustava	63
Pitanja za ponavljanje	66
Literatura	67



Prije nego što krenemo s građom robota, objasniti ćemo pojmove *robotika* i *robot*. Robotika je grana inženjerske znanosti koja obuhvaća tehnologiju robota, njihov dizajn, proizvodnju i primjenu. Robotika je srodna s elektronikom, mehanikom i sa softverom. 1942. godine Isaac Asimov, američki pisac znanstvene fantastike, prvi puta spominje robotiku kao znanost o robotima. Postavio je zakone robotike koji glase:

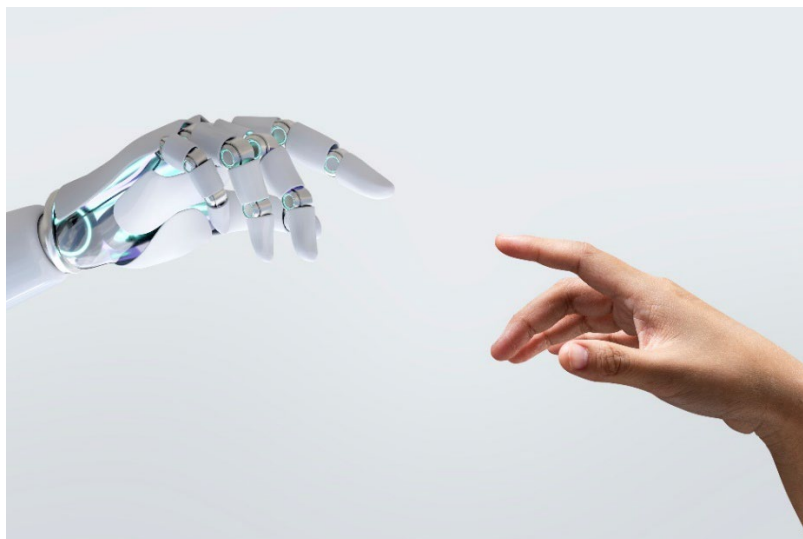
- Robot ne smije naškoditi čovjeku ili svojom pasivnošću dopustiti da se čovjeku naškodi.
- Robot mora slušati ljudske naredbe, osim kad su one u suprotnosti s prvim zakonom.
- Robot treba štiti svoj integritet, osim kad je to u suprotnosti s prvim ili drugim zakonom.

No kako bi se očuvao sklad u svijetu ili spriječili scenariji u kojima će roboti zavladati čovječanstvom, uvodi i nulti zakon: robot ne smije naškoditi čovječanstvu ili svojom pasivnošću dopustiti da se čovječanstvu naškodi.

Robote možemo definirati kao višefunkcionalne manipulatore s mogućnošću reprogramiranja, što se očituje kao jedna od karakteristika zbog koje se smatraju prilagodljivima. Manipulatori su mehanizmi s otvorenim kinematičkim lancem, pogonjen pneumatskim, hidrauličkim ili električkim prigonima.

Dolaskom četvrte industrijske revolucije jača potreba za uključivanjem robota u svakodnevni život. Roboti imaju šaroliku primjenu kao na primjer u industriji, medicini, za svemirska istraživanja, podmorska istraživanja, u vojsci i kao kućna pomoć. Njihova je svrha zamijeniti ljudski rad u opasnom ili prljavom okruženju, kao i zamjena za posao koji je težak ili loše utječe na čovjekovu psihi. No kako bi robot funkcionirao, potrebna je suradnja s čovjekom.

Daljnijim razvojem tehnologije nastali su koboti (kolaborativni roboti) koji rade u fizičkoj interakciji s ljudima u zajedničkom radnom prostoru. Ovi roboti kolaborativni su jer mogu sigurno raditi zajedno s ljudima. Oni to mogu činiti jer su opremljeni osjetljivim senzorima koji robotu daju “osjećaj”. Ako robot bude prekinut u radu, on će se prebaciti u sigurnosni program rada.

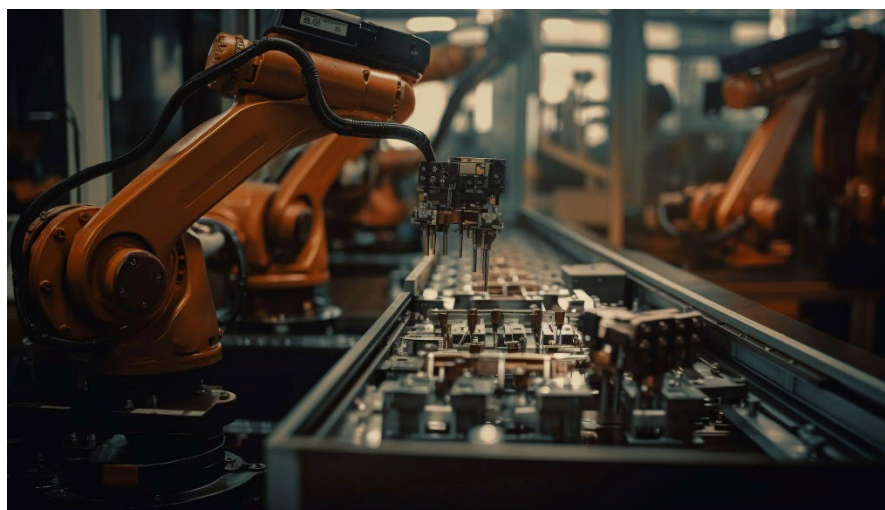


Slika 1. Tehnologija robota susreće čovječanstvo

Građa robota



Građa robota obično se odnosi na fizičku strukturu, dijelove i materijale od kojih je robot napravljen, dok se funkcionalne cjeline odnose na sklopove, sustave ili podsustave unutar robota koji omogućuju izvršavanje određenih zadataka ili funkcija. Dok građa obuhvaća samu konstrukciju i dijelove robota, funkcionalne cjeline usmjerene su na to kako ti dijelovi rade zajedno kako bi robot izvršio svoje zadatke.



Slika 2. Rad robota pomoću preciznih alata

Roboti su složeni sustavi sastavljeni od različitih dijelova i materijala. Dijelovi i građa robota mogu varirati ovisno o vrsti robota, njegovoj namjeni i složenosti. Međutim, postoje neki osnovni dijelovi i komponente koji se često koriste u izradi robota. Evo nekoliko osnovnih komponenti od kojih su često građeni:

- Metalni dijelovi - mnogi dijelovi robota, poput okvira, zglobova i spojnice, često su izrađeni od metala poput aluminija ili čelika zbog svoje čvrstoće i izdržljivosti.
- Plastika - često se koristi za vanjske dijelove robota; osim što je lagana, plastika omogućava različite oblike i boje, što može biti važno ovisno o funkciji robota i njegovom okolišu.



- Elektroničke komponente - čine srce svakog robota i omogućuju kontrolu, senzore i izvršavanje zadanih zadataka; ovo uključuje mikrokontrolere, senzore (kao što su kamere, senzori blizine, senzori dodira itd.), motore i drugo.
- Baterije - koriste se kada robot nije povezan s izvorom napajanja, kako bi napajao svoje elektroničke komponente i pokretao motore.
- Računalna tehnologija - često sadrže računalne sustave, uključujući mikroprocesore i ponekad umjetnu inteligenciju (AI), kako bi mogli percipirati okolinu, donositi odluke i izvršavati zadatke autonomno.
- Pneumatski ili hidraulički sustavi - ovisno o veličini i zadacima robota, koriste komprimirani zrak ili tekućine kako bi pokretali različite dijelove robota.



Slika 3. Jednostavni mobilni robot

Industrijski roboti



Industrijski roboti sofisticirane su mehaničke naprave dizajnirane za obavljanje različitih zadataka u industrijskom okruženju kao što su testiranje, površinska obrada, točkasto zavarivanje i zavarivanje po putanji, sastavljanje, prešanje, kovanje, oblikovanje, paletiziranje, pakiranje itd. Njihova građa obično uključuje nekoliko ključnih komponenata:

- okvir (šasija)
- zglobovi sustav
- aktuatori i motori
- senzori
- kontrolni sustav
- radna alatnica
- napajanje.

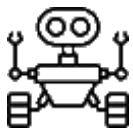
Okvir (šasija) robota čini osnovnu strukturu koja podržava sve ostale dijelove. Najčešće je izrađeno od čelika ili aluminija kako bi pružilo potrebnu čvrstoću i izdržljivost. Industrijski roboti često imaju **zglobne strukture** koje omogućuju slobodno kretanje u više osi. Ovi zglobovi omogućuju robotu pokretljivost u kretanju i izvršavanju različitih zadataka. Zglobni sustavi obično uključuju rotacione zglobove što ujedno daje i više stupnjeva slobode gibanja. **Aktuatori** su odgovorni za pokretanje zglobova i drugih dijelova robota. **Motori**, poput servomotora, koriste se za precizno kontrolirano kretanje robota. Kako bi robot bolje percipirao okolinu, koriste se **senzori**. To mogu biti senzori udaljenosti, senzori dodira, kamere, senzori temperature ili drugi, ovisno o specifičnim potrebama robota. Za upravljanje pokretima i zadacima robota koriste se kontrolni sustavi.



Slika 4. Roboti u industrijskom okruženju

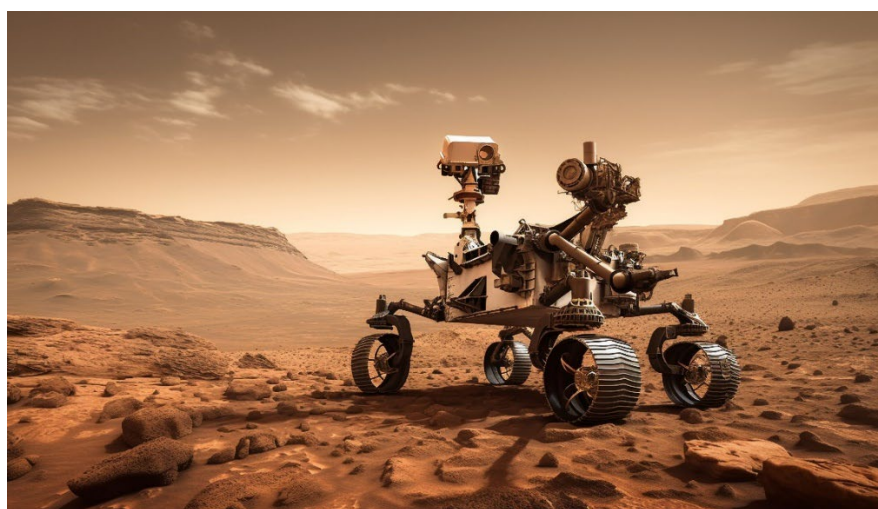
Kontrolni sustav robota obuhvaća elektroničke komponente, poput mikrokontrolera. Napredniji industrijski roboti mogu koristiti računalne sustave sa sofisticiranim softverom za planiranje i izvršavanje složenih zadataka. Industrijski roboti zahtijevaju **napajanje** za pokretanje motora, senzora i drugih električnih komponentata. To se obično postiže kroz električne kablove ili baterije, ovisno o vrsti robota. U proizvodnji se industrijski roboti najčešće koriste za premještanje predmeta, pakiranje, zavarivanje, rezanje i slično. Ovisno o radnji koju obavljanju, moraju imati specifičan alat ili uređaj koji treba biti pričvršćen na kraj robota. Industrijski roboti često imaju modularnu konstrukciju, što znači da se različiti dijelovi mogu zamijeniti ili nadograditi kako bi se prilagodili promjenama u zadacima ili tehnološkom napretku. Ova modularnost pridonosi prilagodljivosti industrijskih robota u raznim postavkama i aplikacijama.

Roboti za svemirska i podmorska istraživanja



Roboti korišteni za svemirska i podmorska istraživanja imaju specifične zahtjeve zbog ekstremnih uvjeta u kojima moraju funkcionirati. Građa tih robota ovisi o specifičnostima okoline, atmosfere ili nepostojanja atmosfere, udaljenosti od Zemlje, izloženosti radijaciji, temperaturama i tlakovima, te uvjetima u podvodnom okolišu. Građa tih robota mora zadovoljiti specifične izazove svemirskog ili podvodnog okoliša kako bi omogućila sigurno i učinkovito izvršavanje zadataka.

Kod svemirskih istraživanja roboti moraju biti otporni na radijaciju iz svemira. Ovo uključuje posebne materijale koji mogu apsorbirati ili odbijati radijaciju. Temperatura u svemiru može varirati između ekstremno niskih i visokih temperatura. Roboti moraju imati sustave termičke kontrole kako bi održali stabilne radne uvjete. U svemiru nema atmosfere, pa roboti moraju biti konstruirani tako da su hermetički zatvoreni kako bi izbjegli probleme s vakuumom.

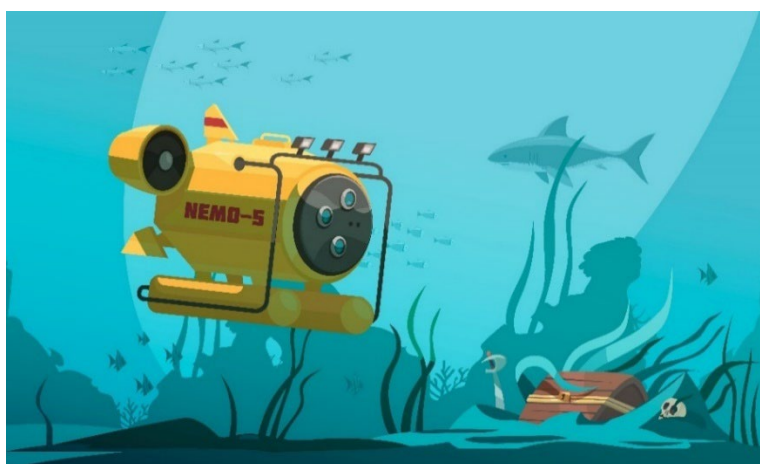


Slika 5. Svemirski rover na Marsu



Budući da svaki kilogram tereta za lansiranje ima visoku cijenu, materijali od kojih su roboti izrađeni često su lagani, poput specifičnih legura aluminija i titanija. S obzirom na ograničen broj resursa u svemiru, roboti se obično opskrbljuju energijom pomoću solarnih panela ili drugih alternativnih izvora energije. Zbog mogućnosti otežane komunikacije s kontrolnim centrom, svemirski roboti često moraju biti sposobni donositi odluke autonomno.

Za podmorska istraživanja koriste se bespilotne podmornice za otkrivanje potonulih brodova i istraživanje morskoga dna. Roboti koji se koriste pod vodom moraju biti izrađeni od materijala otpornih na koroziju kao što su nehrđajući čelik i posebne legure. Također moraju imati vodonepropusno kućište kako bi zaštilili elektroničke komponente od vode. Neki su roboti dizajnirani s mogućnošću mijenjanja boje ili oblika kako bi se prilagodili okolišu i smanjili rizik od otkrivanja. Ako se istraživanja rade na većim dubinama, gdje se povećanjem dubine povećava i tlak, potrebno je ojačati konstrukciju i koristiti materijale koji bi mogli izdržati takve uvjete. Kako bi se održala komunikacija pod vodom koriste se akustički signali jer su radiovalovi u vodi ograničeni u doseg pa tako ova vrsta robota mora biti opremljena sa sustavima za akustičku komunikaciju. Zbog svrhe istraživanja i prikupljanja podataka u vodenom okolišu, podvodni roboti često koriste različite senzore poput sonara, kamere i senzora za mjerenje temperature.



Slika 6. Беспilотна подморница

Roboti u medicini



Roboti koji se koriste u medicini, poznati kao medicinski roboti, imaju posebnu građu prilagođenu za rad u medicinskim postavkama. Njihova građa ovisi o specifičnim zadacima koje obavljaju no okvir medicinskoga robota često mora biti lagana, ali čvrsta struktura, izrađena od materijala poput aluminija ili plastike. Prilagodljivost u obliku omogućuje prilagodbu različitim medicinskim procedurama.

Kao kod industrijskih robota, medicinski roboti često imaju zglobnu strukturu koja omogućuje precizno kretanje u više osi. Ovi zglobovi omogućuju preciznost i **pokretljivost** pri izvođenju kirurških zahvata ili drugih medicinskih procedura. Na kraj medicinskoga robota često su pričvršćeni posebni instrumenti i alati, kao što su kirurški alati ili endoskopske kamere. Ovi instrumenti pažljivo su dizajnirani kako bi omogućili precizne i sigurne medicinske intervencije.



Slika 7. Primjena robota u medicinskom okruženju



Medicinski roboti sadrže napredne elektroničke sustave za kontrolu pokreta, upravljanje senzorima i komunikaciju. Ovi sustavi često uključuju mikrokontrolere i programabilne logičke sklopove. Za precizno praćenje i kontrolu tijekom medicinskog zahvata koriste se senzori. To mogu biti senzori za praćenje položaja, senzori dodira, kamere za praćenje okoline, ultrazvučni senzori itd. Za precizne pokrete i bolju prilagodljivost za različite pacijente, često koriste sofisticirane sustave kontrole, uključujući algoritme umjetne inteligencije i sustave za automatsko praćenje. Budući da rade na živom organizmu, medicinski roboti moraju zadovoljiti stroge sigurnosne standarde, uključujući sustave za prepoznavanje prepreka, automatsko isključivanje u slučaju nepravilnosti i druge mehanizme kako bi se osigurala sigurnost pacijenata.

Ovisno o primjeni, medicinski roboti mogu biti stacionarni, mobilni ili pokretani autonomno. Mobilnost omogućuje prilagodbu različitim medicinskim okruženjima, uključujući operacijske dvorane, bolnice i druge prostorije. Građa medicinskih robota podložna je stalnim inovacijama kako bi se poboljšala preciznost, učinkovitost i sigurnost medicinskih postupaka. Ovi roboti često pružaju pomoć kirurzima, smanjujući rizik zahvata i ubrzavajući oporavak pacijenata.

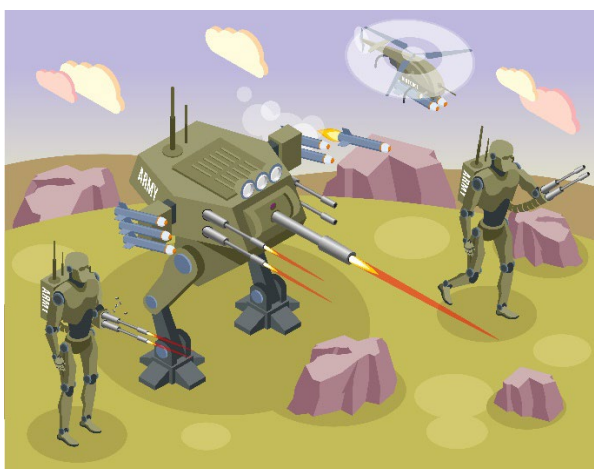
Roboti u vojsci



Roboti koji se koriste u vojsci imaju specifičnu građu koja omogućuje izvršavanje različitih vojnih zadataka. Građa ovih robota ovisi o namjeni i zadacima koje obavljaju, uključujući izviđanje, razminiranje, prijevoz tereta i drugo.

Vojni roboti često imaju čvrst oklop kako bi se zaštitili od neprijateljske vatre i drugih opasnosti na bojištu. Oklop može biti izrađen od čelika, kevlaru ili drugih balističkih materijala. Ovisno o terenu na kojem se koriste, vojni roboti mogu imati gusjeničine sustave za kretanje po teškom terenu ili kotače za brže kretanje na otvorenom. Često nose oružje i opremljeni su sustavima za nadzor, uključujući kamere, senzore za noćno viđenje i termalne kamere.

Vojni roboti mogu biti daljinski upravljani putem teleoperacije ili biti opremljeni autonomnim sustavima za donošenje osnovnih odluka na bojištu. To omogućava brzu prilagodbu na promjene u okolini ili neprijateljskim aktivnostima. Kako bi održali vezu, s vojnim operaterima ili drugim robotima u sustavu, moraju imati sigurne i pouzdane komunikacijske sustave.



Slika 8. Vojni roboti



.....

Za izvršavanje zadataka bez prekida, važno je imati dugotrajnu autonomiju i brzo punjenje. I tako za napajanje vojni roboti koriste baterije ili druge izvore napajanja. Za pokretanje različitih dijelova poput oružja, senzora i drugih manipulatora koriste se aktuatori. Hidraulički ili električni aktuatori koriste se ovisno o zahtjevima za snagu i preciznost. Za lakše preživljavanje na terenu, svaki vojni robot trebao bi imati senzore koji otkrivaju opasnosti, poput senzora za otkrivanje kemijskih, bioloških ili radioloških prijetnji kao i sustave koji im omogućuju prilagodbu različitim vrstama terena, uključujući penjanje stepenicama ili kretanje kroz vodu. Važno je napomenuti da se tehnologija vojnih robota stalno razvija, a nova rješenja uvode se kako bi se poboljšale radne karakteristike i funkcionalnosti u različitim taktičkim situacijama.

Roboti u kućanstvu i uslužnim djelatnostima



Roboti koji se koriste u kućanstvu i uslužnim djelatnostima često su dizajnirani kako bi olakšali svakodnevni život, pružili pomoć u kućanskim poslovima ili pružili dodatne usluge. Primjeri kućanskih robota uključuju pametne usisavače, robotske kosilice, pametne zvučnike s virtualnim asistentima, robote za pripremu hrane i druge uređaje dizajnirane za poboljšanje kućnih aktivnosti i olakšavanje života korisnika. Građa ovih robota varira ovisno o specifičnostima zadatka koji obavljaju.



Slika 9. Robot u ulozi konobara

Kućanski roboti obično imaju lagan i privlačan dizajn, često izrađen od plastike. Dizajn može biti kompaktan kako bi se olakšalo skladištenje i kretanje po kući. Ovisno o zadatku, kućanski roboti mogu imati kotače za kretanje po ravnoj površini, poput usisavača, ili mobilnost na nogama za bolje manevriranje, poput humanoidnih robota. Kako bi bolje percipirali okruženje u kojem se nalaze često posjeduju različite senzore. To uključuje senzore za otkrivanje prepreka, senzore dodira, kamere, senzore za praćenje linija itd. Obično koriste baterije koje se mogu puniti ili druge izvore napajanja koji omogućuju dugotrajnu autonomiju, čime se smanjuje potreba za čestim punjenjem.



Slika 10. Robotski usisavač

Kućanski roboti opremljeni su mikrokontrolerima ili drugim elektroničkim sustavima koji kontroliraju njihovo kretanje, izvršavanje zadataka i komunikaciju s korisnicima. Za interakciju s korisnikom koriste korisničko sučelje kojim upravlja određeni softver. Softver sadrži algoritam za kretanje, upravlja senzorima i planira putanju (u slučaju autonomnih usisavača).

Ako robot obavlja zadatke kao što su pospremanje, prijenos tereta ili slično, može biti opremljen manipulativnim sustavom poput hvataljki, ruku ili drugih alata koji mu omogućuju obavljanje konkretnih zadataka. Neki kućanski roboti imaju sposobnost komunikacije s drugim uređajima u pametnom domu ili s korisnicima putem bežičnih tehnologija poput *Wi-Fi*-ja ili *Bluetootha*.

Pitanja za ponavljanje



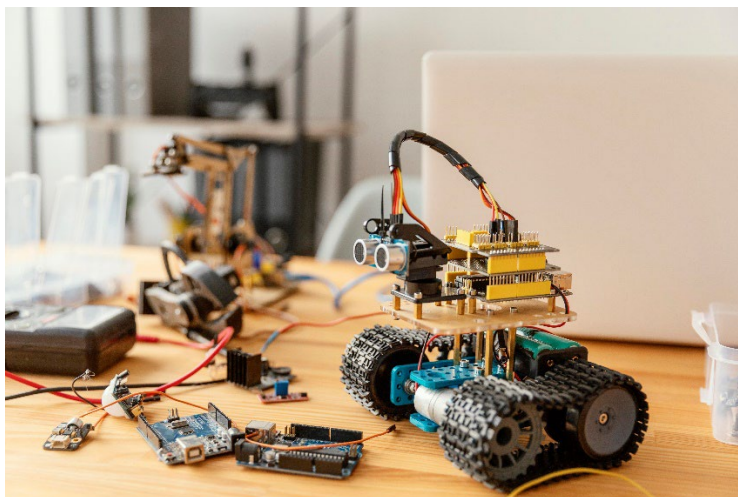
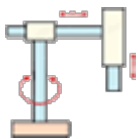
- Što je robotika?
- Što je robot i gdje se primjenjuje?
- Navedi od čega se sastoji građa robota.
- Što obuhvaća građa robota?
- Koje su funkcionalne cjeline robota?
- Koje su osnovne komponente od kojih se često grade roboti?
- Koji materijali se često koriste za metalne dijelove robota?
- Kako plastika doprinosi vanjskim dijelovima robota?
- Koje su osnovne elektroničke komponente u robotima?
- Za što se koriste baterije u robotima?
- Kako računalna tehnologija doprinosi radu robota?
- Što su pneumatski ili hidraulički sustavi u robotima?
- Kako se struktura industrijskih robota razlikuje od drugih vrsta robota?
- Kako se roboti koriste u svemirskim istraživanjima?
- Koje specifičnosti građe imaju medicinski roboti?
- Kako se građa svemirskih robota prilagođava ekstremnim uvjetima svemira?
- Zašto su lagani materijali važni pri izradi robota za svemirska istraživanja?
- Kako se podvodni roboti prilagođavaju okolišu pod vodom?
- Koje sigurnosne mjere moraju biti ugrađene u medicinske robote zbog rada na živim organizmima?
- Kako vojni roboti osiguravaju komunikaciju i autonomiju na bojištu?

Svojstva i značajke jednostavnog robota

Roboti na današnjem nivou razvoja pokazuju značajke koje poboljšavaju proizvodnju, olakšavaju rad i život. Sve više se teži povećati broj robota u proizvodnji zbog ekonomske opravdanosti. Jednostavni roboti obično imaju osnovna svojstva i jednostavnu građu, posebno ako su namijenjeni edukativnim ili hobističkim svrhama. Svojstva i značajke jednostavnog robota mogu se razlikovati ovisno o njegovoj namjeni i zadacima koje obavlja.

Osnovno je svojstvo robota sposobnost izvršavanja određenih zadataka bez stalne ljudske intervencije, što se još naziva i **automatizacijom**. Nakon što se napiše program, robot bi ga trebao samostalno odraditi. Za izradu programa, s ciljem obavljanja određenog zadatka ili ponašanja na određeni način, roboti moraju biti **programabilni**. Korisnici ili programeri mogu definirati zadatke i ponašanje robota pomoću programskog koda. Program se može i mijenjati (reprogramirati), ako robot obavlja drugu radnju ili postoji pogreška u programu. **Prilagodljivost** omogućuje jednostavnim robotima prilagodbu različitim zadacima. To može uključivati zamjenu ili dodavanje različitih alata ili senzora.

Često imaju lagane konstrukcije kako bi bili **prilagodljivi i mobilni**. Iako jednostavni roboti možda nemaju složene senzore, često uključuju osnovne senzore poput senzora svjetla, senzora dodira ili senzora udaljenosti. Za kretanje u prostoru ili obavljanje bilo koje fizičke radnje potrebni su aktuatori. To mogu biti jednostavni motori, servomotori, ili drugi uređaji koji pokreću dijelove robota.



Slika 11. Jednostavan mobilni robot

Jednostavni roboti dizajnirani su da budu **pristupačni i jednostavni za korištenje**, posebno za obrazovne svrhe ili hobi projekte. U nekim slučajevima, jednostavni roboti imaju ugrađene **sigurnosne značajke** kako bi spriječili ozljede ili oštećenje okoline. Imaju skromnije tehničke zahtjeve u usporedbi sa složenijim robotima, čineći ih pristupačnijima i jednostavnijima za održavanje. Imaju **pristupačne cijene**, što ih čini pogodnima za kućnu uporabu, obrazovanje ili manje zahtjevne zadatke.

Automatizacija



Jedno od ključnih svojstava automatizacije u kontekstu jednostavnog robota jest sposobnost izvršavanja zadataka bez neprekidnog nadzora ljudi. Uzmimo primjer robotskog sustava koji je dizajniran za podizanje, premještanje i postavljanje predmeta s jednog mjesta na drugo unutar tvorničkog prostora. Evo nekoliko svojstava automatizacije u ovom kontekstu:

- **Samostalnost** - može samostalno izvršavati zadatke bez potrebe za stalnim uputama ili intervencijom ljudi.
- **Programabilnost** - robot je programiran za obavljanje određenih zadataka, a ovi programi mogu se jednostavno mijenjati ili nadograđivati. Na primjer, ukoliko se promijeni raspored kutija u tvornici, program robota može biti ažuriran kako bi se prilagodio novoj situaciji.
- **Točnost i preciznost** - često su opremljeni senzorima i sustavima za praćenje, što im omogućuje iznimnu točnost u izvršavanju zadataka. Preciznost u podizanju, premještanju i spuštanju predmeta može povećati učinkovitost rada.
- **Učinkovitost** - može neprekidno obavljati zadatke bez potrebe za odmorom ili pauzama, što povećava ukupnu učinkovitost operacija. Robot može raditi 24/7, čime se smanjuje ukupno vrijeme potrebno za obavljanje zadatka u usporedbi s ljudskom radnom snagom.
- **Brzina** - roboti su često sposobni izvršiti zadatke brže od ljudi, posebno u situacijama gdje su potrebna stalna ponavljanja ili visoka brzina reakcije. Ovo doprinosi povećanju produktivnosti.
- **Upravljanje resursima** - automatizacija omogućuje učinkovito upravljanje resursima, jer roboti mogu biti programirani da optimiziraju potrošnju energije, smanje otpad ili minimiziraju pogreške u usporedbi s ljudskom radnom snagom.
- **Povećana sigurnost** - mogu obavljati zadatke u opasnim ili teško dostupnim okolinama bez ugrožavanja ljudskih radnika. To povećava sigurnost radnog okoliša, smanjujući potencijalne rizike od ozljeda ili nesreća.



Ova svojstva automatizacije čine robota korisnim alatom u raznim industrijskim i proizvodnim okruženjima, poboljšavajući učinkovitost, smanjujući troškove i povećavajući kvalitetu obavljenih zadataka.



Slika 12. Automatizirani sustav s robotima

Programabilnost

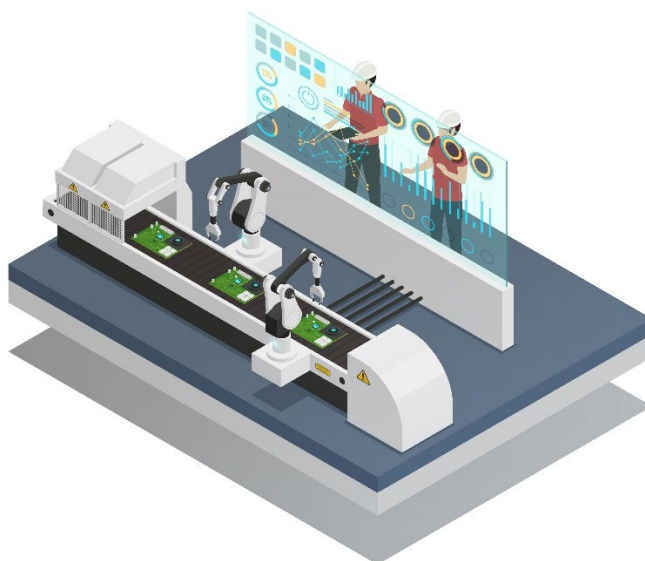


Programabilnost jednostavnog robota odnosi se na mogućnost definiranja i mijenjanja njegovog ponašanja putem programskog kôda. Ovo svojstvo omogućuje prilagodbu robota različitim zadacima i uvjetima rada. Evo primjera kako bi programabilnost mogla izgledati na primjeru robota koji sortira kutije u skladištu:

- **Programski jezik** - programabilnost počinje od odabira odgovarajućeg programskog jezika. Na primjer, programer može koristiti jezik poput *Pythona*, *C++-a* ili nekog drugog, ovisno o specifičnostima robota i okoline u kojoj radi.
- **Razvoj programa** - programer piše program koji definira ponašanje robota. U ovom slučaju, program bi mogao uključivati algoritme za prepoznavanje kutija, planiranje optimalnog puta do kutije, hvatanje i podizanje kutije te isporuku na određeno mjesto.
- **Senzorski input** - program može koristiti podatke dobivene putem senzora na robotu. Na primjer, kamere ili senzori udaljenosti mogu se koristiti za prepoznavanje kutija i mjerenje udaljenosti do određenih točaka.
- **Varijabilnost u zadacima** - s obzirom na programabilnost, robot može biti prilagođen različitim zadacima. Na primjer, može se programirati da sortira kutije prema boji, veličini ili težini, ovisno o trenutnim potrebama skladišta.
- **Ažuriranje programa** - ako se uvjeti rada promijene, programabilnost omogućuje jednostavno ažuriranje programa. Ako, primjerice, novi proizvodi dolaze u skladište ili se mijenja raspored, programer može jednostavno modificirati program kako bi se prilagodio novim zahtjevima.
- **Integracija s drugim sustavima** - programabilnost također omogućuje integraciju robota s drugim sustavima, poput sustava za praćenje zaliha ili sustava za upravljanje skladištem.



U ovom primjeru, programabilnost omogućuje robotu da bude višenamjenski, prilagodljiv i učinkovit u obavljanju različitih zadataka u skladištu. To je ključno svojstvo koje čini robote korisnima u raznim industrijskim i logističkim okruženjima.



Slika 13. Roboti na traci za preciznu montažu

Prilagodljivost



Prilagodljivost jednostavnog robota odnosi se na njegovu sposobnost prilagodbe i izvršavanja različitih zadataka ili promjena u radnom okruženju. Evo primjera kako bi prilagodljivost mogla biti **uvrštena** u robotu dizajniranom za rad u skladištu:

- **Varijabilnost u hvatanju i podizanju** - prilagodljivi robot može biti opremljen s različitim vrstama hvataljki koje se mogu lako zamijeniti ovisno o obliku i veličini predmeta koje treba podizati. Na primjer, za kutije različitih dimenzija mogu se koristiti **različiti** tipovi hvataljke.
- **Programabilnost za različite zadatke** - prilagodljivi robot može biti programiran za izvršavanje različitih zadataka bez potrebe za fizičkim promjenama u samom robotu. Programer može jednostavno promijeniti program kako bi robot prepoznao različite predmete ili izvodio različite zadatke unutar skladišta.
- **Prilagodljivost radnom okruženju** - prilagodljivi robot može se lako prilagoditi promjenama u radnom okruženju. Na primjer, ako se promijeni raspored polica u skladištu ili se dodaju novi elementi, robot može prilagoditi svoje ponašanje kako bi učinkovito obavljao zadatke u novim uvjetima.
- **Sposobnost suradnje s ljudima** - prilagodljivi roboti mogu biti dizajnirani da surađuju s ljudima na siguran način. Ovo je posebno važno u okruženjima gdje ljudi i roboti dijele radni prostor. Roboti se mogu programirati da prepoznaju prisutnost ljudi i prilagode svoje ponašanje kako bi održali sigurnost i učinkovitost.
- **Mobilnost i navigacija** - prilagodljivi roboti mogu biti opremljeni s mobilnim platformama i naprednim sustavima za navigaciju. To im omogućuje lako kretanje po različitim dijelovima skladišta ili tvornice, prilagođavanje promjenama u rasporedu prostora.



Slika 14. Roboti koji sortiraju pakete

Svojstvo prilagodljivosti kod jednostavnog robota odnosi se na njegovu sposobnost prilagođavanja promjenama u okolini, zadacima ili uvjetima rada. Evo primjera kako bi prilagodljivost mogla biti uvrštena u robota koji se koristi za inspekciju u industrijskom okruženju:

- **Senzori za otkrivanje promjena** - robot može biti opremljen s različitim senzorima, poput kamera, senzora udaljenosti ili senzora temperature. Ti senzori omogućuju robotu da percipira promjene u okolini, poput novih objekata, promjena temperature ili prepreka koje se pojavljuju na putu.
- **Programabilna percepcija** - prilagodljivost u programiranju omogućuje robotu da prilagodi svoju percepciju prema promjenama u zadacima. Na primjer, ako robot obavlja inspekciju proizvodne linije i dodaju se novi elementi, programabilnost omogućuje ažuriranje programa kako bi robot mogao prepoznati nove objekte.



- **Sposobnost učenja** - prilagodljivi roboti mogu biti opremljeni tehnologijama strojnog učenja ili dubokog učenja. Ovo im omogućuje učenje iz iskustava i prilagodbu svojega ponašanja kako bi poboljšali izvođenje zadatka ili se nosili s nepredviđenim situacijama.
- **Varijabilnost u alatima** - prilagodljivost se može postići kroz promjenjive alate. Na primjer, robot može biti opremljen različitim senzorima, alatima za zavarivanje ili hvataljkama, što mu omogućuje prilagodbu specifičnim zadacima ili materijalima s kojima radi.
- **Prilagodljivo kretanje** - robot može imati sustav kretanja koji mu omogućuje prilagodbu različitim terenima ili promjenama u prostoru. To uključuje kotače koji se mogu prilagoditi neravninama ili mobilne noge koje omogućuju kretanje kroz uske prostore.
- **Upravljanje prioritetima** - prilagodljivost također može uključivati mogućnost da robot samostalno upravlja prioritetima zadataka. Na primjer, u situaciji s više zadataka, robot može automatski prilagoditi svoj raspored kako bi prednost dao zadacima koji su hitni ili važni.

Primjena prilagodljivosti čini robota sposobnim za rad u dinamičnim okruženjima gdje se uvjeti rada često mijenjaju. Ovo svojstvo povećava učinkovitost i korisnost robota u širokom rasponu primjena.

Mobilnost



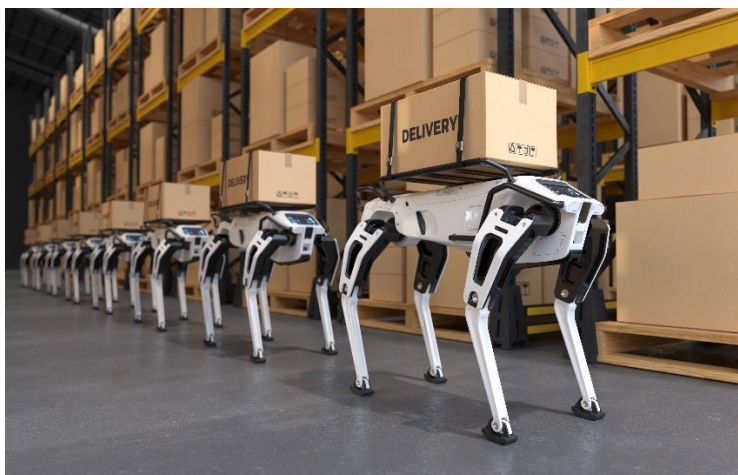
Mobilnost jednostavnog robota odnosi se na njegovu sposobnost kretanja ili promjene položaja kako bi izvršavao različite zadatke u različitim dijelovima okoline. Evo primjera kako bi svojstvo mobilnosti moglo biti uvršteno u robota dizajniranom za usluge dostave u unutarnjem prostoru:

- **Kotači ili noge za kretanje** - robot može biti opremljen s kotačima ili nogama kako bi se mogao kretati po unutarnjem prostoru. Kotači su pogodni za ravne površine, dok noge omogućuju kretanje po neravnim ili stepenišnim površinama.
- **Navigacijski sustav** - mobilnost se često postiže pomoću naprednih navigacijskih sustava. To može uključivati senzore poput kamere, *LIDAR*-a ili ultrazvučnih senzora kako bi robot mogao otkriti prepreke i neometano se kretati u okolini.
- **Automatsko izbjegavanje prepreka** - mobilni robot može imati sposobnost automatskog izbjegavanja prepreka. Ugrađeni senzori prate okolinu, a algoritmi za upravljanje omogućuju robotu da prilagodi svoj put kako bi izbjegao prepreke na svom putu.
- **Programabilni putovi** - robot se može programirati s unaprijed definiranim putanjama koje treba slijediti. Ovo je posebno korisno u situacijama gdje se robot često kreće između određenih lokacija, kao što je slučaj s robotima za dostavu u velikim skladištima ili uredskim prostorima.
- **Sposobnost prilagodbe terenu** - mobilni robot može imati sposobnost prilagodbe različitim vrstama terena. Na primjer, ako se robot koristi u uredu, može imati kotače koji se lako kreću po podu, dok bi se na otvorenom terenu mogao koristiti s većim kotačima za lakše savladavanje neravnina.



- **Daljinsko upravljanje ili autonomnost** - mobilnost može uključivati i daljinsko upravljanje od strane operatera ili autonomnost. Autonomni roboti samostalno donose odluke o kretanju, prilagođavajući svoj put prema zadanim ciljevima ili uvjetima okoline.

Primjena mobilnosti čini robota višenamjenskim i prilagodljivim u raznim situacijama gdje je potrebno premještanje između različitih točaka ili prostornih područja. Ovo svojstvo posebno je važno u područjima poput logistike, dostave, održavanja i inspekcije.



Slika 15. Roboti za dostavu

Sigurnost



Sigurnost kod jednostavnog robota odnosi se na set mjera i svojstava dizajna koja osiguravaju da robot može raditi bez opasnosti za ljude, druge robote ili okolinu. Evo primjera kako bi svojstvo sigurnosti moglo biti uvršteno u robota koji se koristi za suradnju s ljudima u radnom okruženju:

- **Senzori za otkrivanje prisutnosti** - robot može biti opremljen senzorima koji otkrivaju prisutnost ljudi u njegovoj okolini. To mogu biti senzori pokreta, senzori pritiska ili vizualni senzori koji prepoznaju ljude u blizini.
- **Brzina i snaga prilagođena okolini** - robot može imati sustav ograničenja brzine i snage kako bi se minimizirala ozljeda u slučaju sudara s ljudima ili drugim objektima. Ovo svojstvo pomaže u smanjenju ozljeda u slučaju neočekivanog kontakta.
- **Programabilna zona radnje** - definiranje zone radnje u kojoj robot može sigurno obavljati zadatke smanjuje rizik od nesreća. Na primjer, robot može biti programiran da izbjegava rad s alatima u blizini ljudi ili da zaustavi svoje aktivnosti kada se otkrije prisutnost ljudi u određenoj zoni.
- **Funkcije automatskog zaustavljanja** - ugrađene funkcije automatskog zaustavljanja mogu se aktivirati u slučaju otkrivanja bilo kakve opasnosti. To može uključivati senzore sudara koji automatski zaustavljaju robota ako naiđe na prepreku.
- **Jasna vizualna i zvučna signalizacija** - robot može imati sustav vizualnih i zvučnih signala koji obavještavaju ljude o njegovim aktivnostima. To može uključivati svjetlosne indikatore koji ukazuju na to kada je robot u pokretu ili zvukove koji signaliziraju određene situacije.



- **Sigurnosni protokoli u programiranju** - programer može uvrstiti sigurnosne protokole kako bi osigurao da robot ne izvršava rizične zadatke ili ne prelazi sigurnosne granice. Ovo uključuje definiranje uvjeta i ograničenja pomoću programskih alata i algoritama.
- **Obuka operatera** - osobe koje upravljaju robotom mogu proći obuku o sigurnom korištenju, što uključuje informacije o specifičnim opasnostima koje robot može predstavljati i kako ih izbjeći.

Ova svojstva osiguravaju suradnju robota s ljudima i rad u istom prostoru s minimalnim rizikom od ozljeda ili štete. Sigurnost je ključna karakteristika, posebno u okruženjima gdje roboti i ljudi dijele radni prostor.

Jednostavno korištenje



Jednostavno korištenje kod jednostavnog robota odnosi se na dizajn i funkcionalnost koja omogućuje korisnicima, bez obzira na njihovo tehničko znanje, jednostavno upravljanje i interakciju s robotom.

Evo primjera kako bi svojstvo jednostavnog korištenja moglo biti uvršteno u robota za kućnu pomoć:

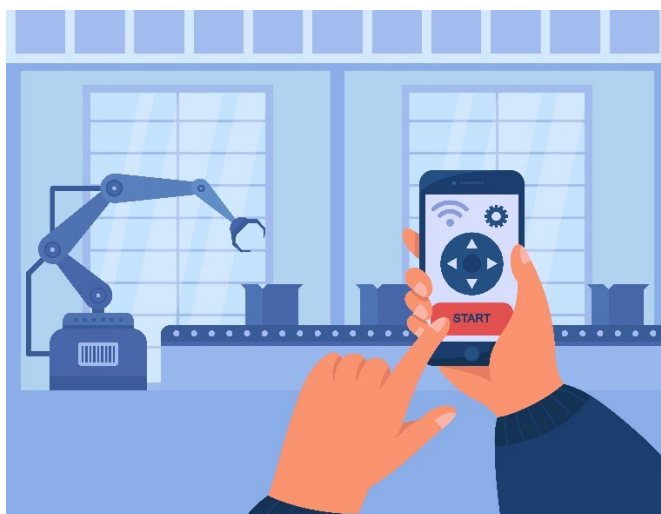
- **Intuitivno sučelje** - robot može imati intuitivno sučelje, poput zaslona osjetljivog na dodir, glasovnih naredbi ili jednostavnih tipki za upravljanje. To omogućuje korisnicima lako razumijevanje i navigaciju kroz funkcije robota.
- **Jednostavno programiranje** - ako robot ima mogućnost programiranja ili prilagodbe zadatka, alati za programiranje trebaju biti jednostavni za korištenje. Može se koristiti grafičko sučelje koje omogućuje korisnicima povlačenje i ispuštanje blokova s funkcijama kako bi se definirale akcije robota.
- **Automatska kalibracija** - ako robot ima senzore ili alate koji zahtijevaju kalibraciju, ovaj proces treba biti automatski ili vođen korisnicima putem jasnih uputa. Korisnici ne bi trebali imati duboko tehničko znanje kako bi kalibrirali robota.
- **Mobilna aplikacija za upravljanje** - aplikacija za pametni telefon ili tablet može služiti kao sučelje za daljinsko upravljanje robotom. Aplikacija bi trebala biti jednostavna za instalaciju i upotrebu, omogućujući korisnicima lako praćenje i kontroliranje robota.

Automatsko punjenje ili zamjena baterije - ako robot koristi bateriju, sustav punjenja treba biti jednostavan i automatski. Robot bi se trebao moći samostalno vraćati na stanicu za punjenje kad je potrebno, ili bi postupak zamjene baterije trebao biti jednostavan za korisnika.



- **Statusni indikatori** - robot može imati vidljive statusne indikatore koji korisnicima jasno pokazuju trenutno stanje robota, poput statusa baterije, spremnosti za rad ili eventualnih problema.
- **Sustav sigurnosti** - ako robot ima fizičke elemente, poput hvataljki ili senzora, ti dijelovi trebaju biti dizajnirani tako da minimiziraju rizik od ozljeda. Također, robot bi trebao imati jasne sigurnosne funkcije, poput automatskog zaustavljanja u slučaju prepreka.

Ova svojstva čine robota pristupačnim širem krugu korisnika, bez obzira na njihovo tehničko znanje ili iskustvo u radu s robotima. Time se postiže cilj da robot bude koristan i lako integriran u svakodnevni život korisnika.



Slika 16. Robotski sustav povezan preko aplikacije na mobitelu

Pristupačna cijena



Ova karakteristika omogućuje ljudima lakši pristup i upotrebu robota u različitim područjima života. Evo primjera kako bi pristupačna cijena mogla biti uvrštena u robota za kućnu pomoć:

Jednostavan dizajn s osnovnim funkcijama - robot može imati jednostavan dizajn s osnovnim funkcijama koje su dovoljne za zadovoljenje širokog spektra potreba. Na primjer, robot za kućnu pomoć može imati osnovne mogućnosti čišćenja prostorije ili asistenciju u svakodnevnim zadacima.

Standardizirani dijelovi i tehnologije - korištenje standardiziranih dijelova i tehnologija može pomoći u smanjenju troškova proizvodnje. Ako se koriste dostupni i jeftini materijali, to može doprinijeti smanjenju cijene robota.

Učinkovit proces proizvodnje - optimiziranje procesa proizvodnje može rezultirati smanjenjem troškova rada i materijala. Učinkovita proizvodnja pomaže u održavanju niže cijene proizvoda.

Mogućnost nadogradnje ili modularnost - robot može biti dizajniran s mogućnošću nadogradnje ili modularnosti. Na primjer, korisnici bi mogli imati mogućnost dodavanja dodatnih funkcija ili alata prema svojim potrebama, umjesto kupnje skupljeg modela s unaprijed integriranim mogućnostima.

Otvorena platforma za razvoj - ako je robot baziran na otvorenoj platformi, to može potaknuti zajednicu programera da razvija dodatne funkcije i aplikacije za robota. Ovo može doprinijeti raznolikosti funkcija bez povećanja troškova proizvodnje.

Ekonomične komponente - korištenje ekonomičnih komponenti koje pružaju dobar omjer cijene i radnih karakteristika može biti ključno za postizanje pristupačne cijene. To može uključivati senzore, motore, procesore i druge dijelove koji nude zadovoljavajuće radne karakteristike po prihvatljivoj cijeni.

Pristupačna cijena omogućuje širem krugu ljudi da iskoriste prednosti robota, čime se olakšava usvajanje ove tehnologije u različitim domaćim ili poslovnim okruženjima. Ovo svojstvo čini robota pristupačnim i dostupnim širem spektru korisnika.

Radni prostor



Radni prostor robota definira volumen ili prostor unutar kojeg robot može izvršavati svoje pokrete i zadatke. To je ključna karakteristika koja se uzima u obzir prilikom planiranja i programiranja robota, a određena je konstrukcijom i dizajnom samog robota. Radni prostor obično se prikazuje u trodimenzionalnom koordinatnom sustavu. Radni prostor može biti ograničen različitim faktorima, uključujući dužine zgloba, duljinu alata, sigurnosnim i dinamičkim faktorima i softverskim ograničenjem.



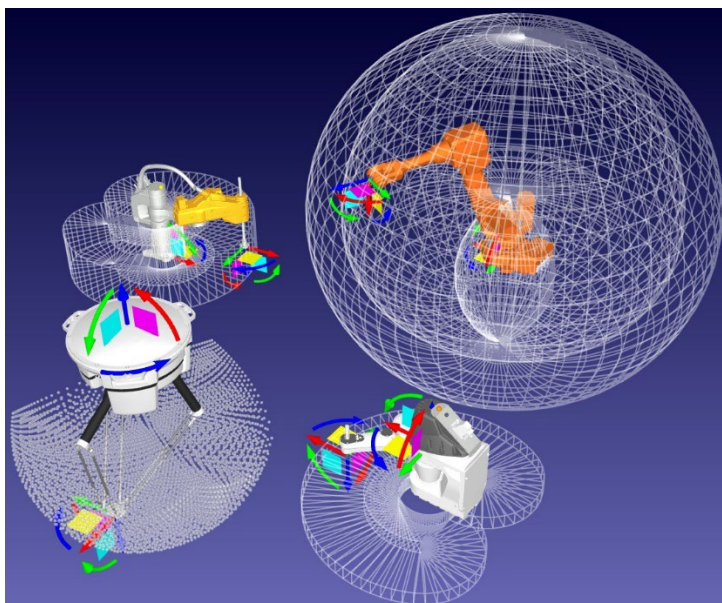
Slika 17. Roboti s definiranim radnim prostorom

Svaki zglob (zglob robota) ima svoj raspon pokreta koji određuje kako se robot može kretati u određenom smjeru. Kombinacija svih tih pokreta definira radni prostor robota. Ako robot koristi određene alate, uređaje ili instrumente, duljina tih objekata također može ograničiti radni prostor robota. Sigurnosni elementi, uključujući prisutnost prepreka ili zaštite, mogu ograničiti radni prostor kako bi se spriječile nesreće ili oštećenja.



Dinamički faktori, poput brzine i ubrzanja koje robot može postići, također mogu utjecati na radni prostor, posebno u situacijama gdje se robot kreće brzo ili radi u okolini gdje se brzo mijenjaju uvjeti. U nekim slučajevima, softverska ograničenja, odnosno programski kod koji upravlja robotom, mogu definirati sigurnosne granice i dopuštene pokrete unutar radnog prostora.

Pravilno razumijevanje radnog prostora bitno je za planiranje i izvođenje zadataka. Inženjeri i programeri robota moraju uzeti u obzir ove ograničavajuće čimbenike kako bi osigurali sigurno i učinkovito funkcioniranje robota u stvarnom okruženju.



Slika 18. Prikaz radnog prostora za primjere robota

Stupnjevi slobode gibanja

Stupnjevi slobode gibanja kod robota odnose se na neovisne načine na koje robot može kretati svoje dijelove, odnosno stupnjevi slobode predstavljaju neovisne smjerove ili načine kretanja u prostoru. Određivanje stupnjeva slobode važan je korak u karakterizaciji kinematike robota. Ukupan broj stupnjeva slobode određuje se ovisno o vrsti i konstrukciji robota.

Svaki zglob na robotu doprinosi jednom stupnju slobode. Na primjer, rotacijski zglob doprinosi jednom stupnju slobode rotacijom, dok translacijski zglob doprinosi jednom stupnju slobode pomakom u određenom smjeru. Zbrojem svih zglobova dobiva se ukupan broj stupnjeva slobode robota.

Uobičajeno je kategorizirati stupnjeve slobode prema vrsti pokreta kojem doprinose. **Rotacijski pokreti** oko osi doprinose rotacijskim stupnjevima slobode, dok **translacijski pokreti** u određenom smjeru doprinose linearnim stupnjevima slobode. U slučaju mobilnih robota, kao što su autonomna vozila ili bespilotne letjelice, stupnjevi slobode uključuju i mogućnost kretanja u prostoru, naginjanje i rotaciju. U nekim slučajevima roboti mogu imati više stupnjeva slobode nego što je potrebno za izvršavanje određenog zadatka. Ti dodatni stupnjevi slobode nazivaju se redundantni stupnjevi slobode i često se koriste za poboljšanje pokretljivosti, preciznosti ili otpornosti na smetnje.

Primjeri određivanja stupnjeva slobode:

- Industrijski robot s rukom - ako robot ima tri rotacijska zgloba u ramenu, dva u laktu i jedan u zglobu zgloba (ukupno 6 zglobova), ima ukupno 6 stupnjeva slobode.
- Mobilni robot - ako je mobilni robot kotačima pokretan i ima sposobnost skretanja, on ima ukupno 3 stupnja slobode (jedan za translaciju naprijed-nazad, drugi za translaciju lijevo-desno, i treći za rotaciju).

Hod i dohvat



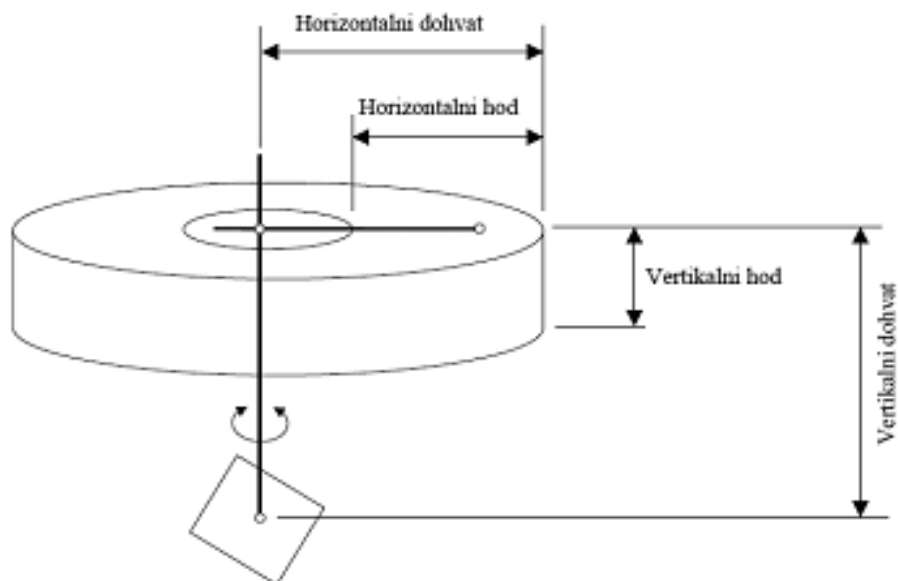
Terminologija *hod* i *dohvat* kod robota odnosi se na dvije ključne karakteristike koje definiraju sposobnosti kretanja i dosega robota. *Hod* (eng. *Reach*) robota odnosi se na prostor koji robot može dosegnuti. To obuhvaća ukupnu duljinu koju robot može pokriti svojim krajnjim točkama (npr. vrhovi alata, ruke ili hvataljke). Hod se često predstavlja u trodimenzionalnom koordinatnom sustavu, čime se obuhvaća radni prostor robota. Primjerice, ako govorimo o industrijskom robotu s rukom koja ima različite zglobove, hod bi uključivao sve moguće kombinacije položaja tih zglobova koje robot može postići. *Dohvat* (eng. *Workspace*) robota odnosi se na prostor unutar kojeg robot može izvršavati svoje funkcije, uključujući hvatanje, manipuliranje ili izvođenje drugih specifičnih zadataka. Dohvat se obično definira u kontekstu radnog alata, tj. uređaja koji se koristi na kraju robota. Primjerice, ako robot ima hvataljku na kraju svoje ruke, dohvat bi bio prostor unutar kojeg robot može sigurno doseći i manipulirati objektima pomoću te hvataljke. Razlikujemo vertikalni i horizontalni hod i vertikalni i horizontalni dohvat koje možemo definirati i ovako:

Vertikalni hod - ukupna vertikalna udaljenost po kojoj se ručni zglob može kretati.

Horizontalni hod - ukupna udaljenost od vertikalne osi po kojoj se ručni zglob može kretati.

Vertikalni dohvat robota - maksimalna udaljenost ručnog zgloba robota od baze.

Horizontalni dohvat - maksimalna udaljenost koju može dosegnuti ručni zglob mjerena od vertikalne osi oko koje robot rotira.



Slika 19. Dohvat i hod robota



Prostorna rezolucija

Prostorna rezolucija robota najmanji je priraštaj kretanja u kojemu robot može podijeliti svoj radni volumen. Ovisi o rezoluciji upravljačkog sustava i mehaničkim nepreciznostima robota. U slučaju robota s više stupnjeva slobode potrebno je imati upravljačku rezoluciju za svaki pojedini zglob kretanja. Ukupna upravljačka rezolucija ovisi o kretanju ručnog zgloba, jednako kao i kretanju ruke i cijelog tijela robota. Određivanje upravljačke rezolucije znatno je složenije u slučaju robota koji u svojoj strukturi sadrže i translacijske i rotacijske zglobove.

Mehanička nepreciznost u robotskim segmentima i zglobovima i sustav mjerenja u povratnoj vezi upravljačkog sustava robota drugi su faktori koji utječu na prostornu rezoluciju. Mehaničke nepreciznosti proizlaze iz elastičnih odstupanja u strukturalnim članovima; zazor zupčanika, rastezanje kotura užeta, istjecanje ulja u hidrauličkim pogonima i druge nesavršenosti u mehaničkom sustavu. Ove nepreciznosti izraženije su kod većih robota zbog činjenice da se veće pogreške javljaju kod robota s dužim komponentama (segmenti, zglobovi). Nepreciznosti također mogu biti prouzrokovane veličinom tereta kojim se rukuje, brzinom kretanja ruke, uvjetima održavanja robota, i drugim sličnim faktorima. Na temelju svega navedenog, može se reći da je prostorna rezolucija ustvari upravljačka rezolucija degradirana navedenim mehaničkim nepreciznostima. Prostorna se rezolucija može poboljšati povećavanjem kapaciteta upravljačke memorije.

Primjer: u slučaju robota s jednim stupnjem slobode, pretpostavimo da on ima jedan klizni (translacijski) zglob s ukupnim područjem od 1 m. Pretpostavka je da upravljačka memorija robota ima kapacitet 12-bitne pohrane. Potrebno je odrediti upravljačku rezoluciju za ovu os kretanja.

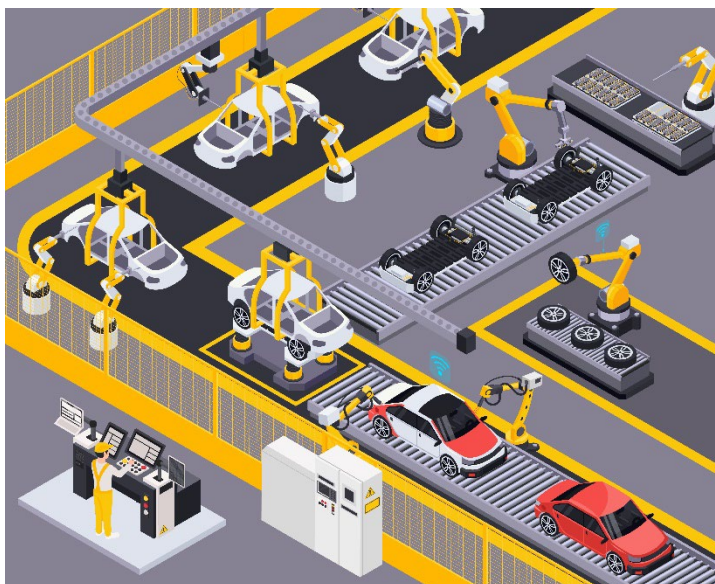
Područje [m]	Upravljačka memorija [bit]	Broj priraštaja	Upravljačka rezolucija [mm]
1	12	$2^{12} = 4096$	$\frac{1[m]}{4096} = 0.000244 [m] = 0.244 [mm]$

Orijentacija alata

Sposobnost preciznog kontroliranja orijentacije alata ključna je za mnoge aplikacije robota, omogućujući im obavljanje raznovrsnih zadataka s visokom točnošću.

Točnost je sposobnost robota da postigne zadanu ciljnu točku.

Ponovljivost je sposobnost ponovnog dolaska u istu točku.



Slika 20. Robot s različitim alatima u automobilske industriji

- Manipulacija objektima - precizna orijentacija alata omogućuje robotu da učinkovito manipulira objektima, podiže ih, okreće ili ih postavlja na specifična mjesta.
- Zavarivanje i rezanje - u industrijskim primjenama, orijentacija alata ključna je pri zavarivanju i rezanju materijala kako bi se postigla željena kvaliteta.
- Pakiranje i sortiranje - orijentacija alata važna je u logističkim sustavima gdje roboti moraju precizno pakirati proizvode ili ih sortirati.
- Robotska kirurgija - u medicinskim aplikacijama, precizna orijentacija alata ključna je za sigurno i precizno izvođenje kirurških zahvata.

Masa tereta



Maksimalna masa koju robot može podići određuje se na temelju različitih čimbenika, uključujući konstrukciju robota, snagu njegovih zglobova i aktuatora, te stabilnost sustava. Ova specifikacija često se naziva i nosivost robota. Maksimalna masa koju robot može podići obično se navedi u tehničkim specifikacijama robota. Ona se može razlikovati ovisno o modelu i proizvođaču robota. Prilikom planiranja upotrebe robota za određeni zadatak, važno je pažljivo proučiti te specifikacije kako bi se osiguralo sigurno i učinkovito korištenje robota.

Ključni faktori koji utječu na maksimalnu masu koju robot može podići uključuju snagu aktuatora, konstrukciju ruke i zgloba, dizajn prijenosnog mehanizma, stabilnost i centar mase, sigurnosne čimbenike, radni alat i redundantne stupnjeve slobode.

Snaga motora i aktuatora koji pokreću zglobove robota igra ključnu ulogu u određivanju nosivosti. Snaga motora određuje koliko težak teret robot može podnijeti. Konstrukcija i materijali korišteni u ruci i zglobovima robota utječu na nosivost. Čvrsti, lagani i izdržljivi materijali koriste se kako bi se osigurala maksimalna čvrstoća i stabilnost. Prijenosni mehanizmi, poput reduktora, igraju ulogu u prijenosu snage s motora na zglobove. Učinkovit i snažan prijenos snage ključan je za podizanje većih tereta.

Stabilnost robota i položaj njegovog centra mase također su važni. Roboti s nižim centrom mase imaju bolju stabilnost pri podizanju tereta. Osim tehničkih ograničenja, u obzir se uzimaju i sigurnosni čimbenici. Maksimalna masa može se ograničiti kako bi se osigurala sigurnost robota, okoline i ljudi u blizini. Može ovisiti o vrsti radnog alata koji se koristi na kraju ruke. Neke vrste alata mogu povećati ili smanjiti nosivost. Ako robot ima više stupnjeva slobode nego što je potrebno za specifičan zadatak, to može pridonijeti povećanju nosivosti, posebno ako se redundantni stupnjevi slobode mogu koristiti kako bi se optimiziralo podizanje tereta.

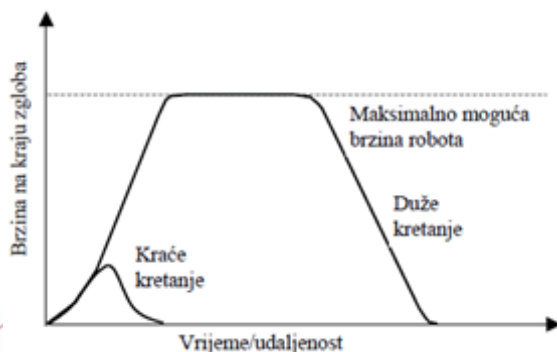
Brzina kretanja



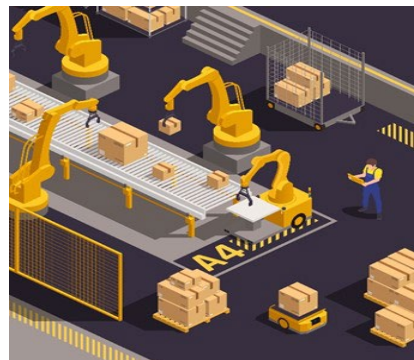
Brzina robota uvelike ovisi o tipu robota i njegovoj primjeni. Najveće brzine postižu veliki roboti čija je ruka proširena na maksimalnu udaljenost od vertikalne osi robota. Roboti pogonjeni hidrauličkim motorom brži su od robot pogonjenih električnim motorom. Brzina, naravno, određuje koliko brzo robot može obaviti zadani radni ciklus. Vrijeme radnog ciklusa definirano je kao vrijeme potrebno za izvođenje periodičkog kretanja sličnog jednostavnoj operaciji podizanja i spuštanja predmeta. Tada se uz poznatu duljinu putanje može izračunati prosječna brzina kretanja manipulatora. U proizvodnji je poželjno minimizirati vrijeme trajanja postavljenog zadatka. Gotovo svi roboti imaju neki mehanizam s kojim se može podešavati brzina. Određivanje najpoželjnije brzine, s ciljem smanjenja vremena proizvodnog ciklusa, ovisi o više faktora, kao što su:

- točnost s kojom se vrh manipulatora mora pozicionirati
- težina objekta kojim se manipulira
- udaljenost na koju se prenosi objekt.

Brzina kretanja robota i točnost su općenito u inverznoj vezi. Ako se zahtijevana točnost povećava, robot mora više smanjiti greške u svojim zglobovima kako bi se postigla ciljna pozicija. Masa objekta koji se prenosi također utječe na brzinu. Teži objekti znače veće inercije i momente i robot zbog sigurnosnih uvjeta mora s njima sporije operirati.



Slika 21. Ovisnost brzine kretanja zgloba i udaljenosti



Slika 22. Roboti sortiraju pakete različitih dimenzija

Pitanja za ponavljanje

- Kako se definira automatizacija u kontekstu jednostavnih robota?
- Koja je uloga programabilnosti u funkcionalnosti jednostavnih robota?
- Kako prilagodljivost doprinosi prilagodbi jednostavnih robota različitim zadacima?
- Na koji način prilagodljivost utječe na sposobnost robota da se prilagodi promjenama u okolini?
- Kako mobilnost jednostavnih robota doprinosi njihovoj višenamjenskoj uporabi?
- Koje su ključne značajke sigurnosti u dizajnu jednostavnih robota za suradnju s ljudima?
- Kako svojstvo jednostavnog korištenja olakšava interakciju korisnika s robotima?
- Zašto je pristupačna cijena važna karakteristika jednostavnih robota?
- Kako se uvrštava programibilnost u jednostavnom robotu namijenjenom kućnoj pomoći?
- Na koji način se osigurava sigurnost u radnom okruženju gdje jednostavni roboti surađuju s ljudima?
- Kako se definira radni prostor robota i koje faktore on može ograničavati?
- Što su stupnjevi slobode kod robota i kako se određuju?
- Kako se definira hod i dohvat robota i koje su ključne razlike između ova dva pojma?
- Što je prostorna rezolucija robota i koji faktori utječu na nju?
- Zašto je orijentacija alata važna za robote i koje su primjene ove karakteristike?
- Kako se određuje maksimalna masa tereta koju robot može podići i koji su ključni faktori u tome?



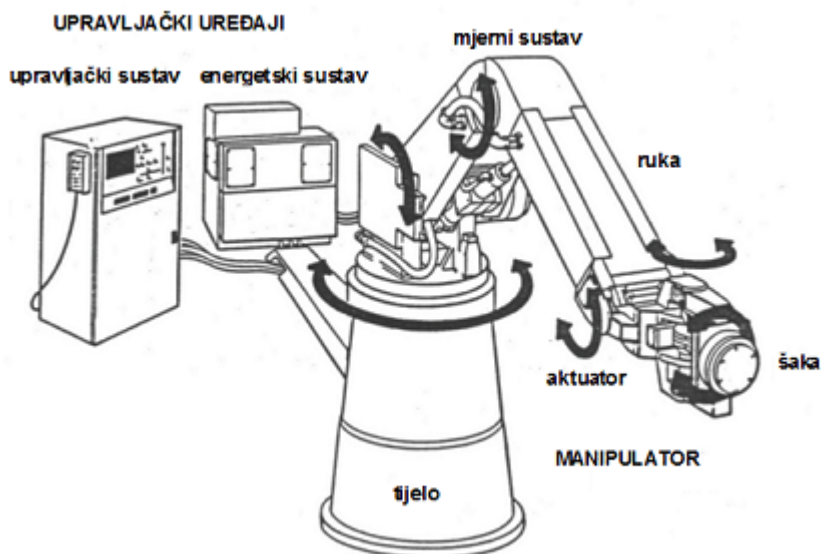
- Što utječe na brzinu kretanja robota i zašto je važno uzeti u obzir ove faktore pri planiranju zadatka?
- Koja je uloga stupnjeva slobode u karakterizaciji kinematike robota?
- Kako se može poboljšati prostorna rezolucija robota?
- Zašto je stabilnost i centar mase važan faktor kada se određuje nosivost robota?

Funkcionalne cjeline robota



Funkcionalne cjeline robota odnose se na skupine komponenata i sustava unutar robota koje obavljaju određene funkcije ili zadatke. Svaka funkcionalna cjelina obično je odgovorna za određeni element rada robota, a njihova suradnja doprinosi ukupnom funkcioniranju robota. Ovisno o vrsti robota i njegovoj primjeni, funkcionalne cjeline mogu varirati, ali nekoliko ključnih područja obuhvaćaju različite elemente robota:

- mehanički sustav
- energetski sustav
- mjerni sustav
- upravljački sustav.



Slika 23. Funkcionalne cjeline robota

Mehanički sustav robota

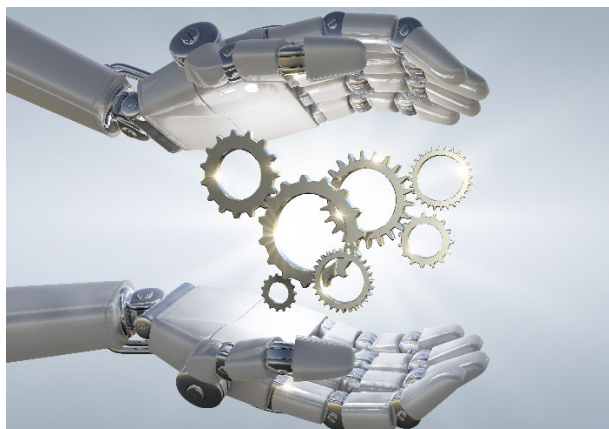


Mehanički sustav robota odnosi se na fizičku strukturu, komponente i mehaničke dijelove koji čine tijelo robota. Ovaj sustav omogućuje robotu da izvršava različite zadatke koji uključuju kretanje, manipulaciju objektima i interakciju s okolinom. Mehanički sustav obično uključuje sljedeće ključne komponente:

- **Okvir (kućište)** je struktura koja podržava sve ostale dijelove robota. Ovisno o vrsti robota, okvir može biti izrađen od laganih materijala poput plastike, aluminija ili čelika.
- **Zglobovi** su pokretljive točke na kojima se dijelovi robota povezuju. Mogu biti jednostavni (npr. vrtnja oko osi) ili složniji (npr. kuglični zglob koji omogućuje više stupnjeva slobode).
- **Prijenosni sustavi** - omogućuju prijenos energije ili pokreta s jednog dijela robota na drugi. Ovo može uključivati zupčanike, remene, lančanike ili druge prijenosnike snage.
- **Kotači, gusjenice ili noge** - ovisno o primjeni, roboti mogu imati kotače za kretanje po ravnoj površini, gusjenice za vožnju na nepravilnom terenu ili čak noge za hodanje.
- **Aktuatori** - odgovorni za stvaranje pokreta u mehaničkom sustavu. Mogu biti elektromotori, servomotori, hidraulički cilindri ili drugi uređaji koji stvaraju silu ili rotaciju.
- **Manipulacijski sustavi** - ruke, hvataljke ili drugi alati za manipulaciju objektima. Ove komponente omogućuju robotu da obavlja zadatke koji uključuju podizanje, premještanje i manipulaciju objektima.
- **Senzori** - često povezani s mjernim sustavom. Neki senzori, poput senzora dodira ili senzora za mjerenje položaja, također su mehaničke komponente koje omogućuju percepciju okoline.
- **Amortizeri i opruge** - pomažu apsorbirati udarce, vibracije ili druge sile koje nastaju tijekom kretanja ili manipulacije.



Mehanički sustav čini osnovnu strukturu robota i ključan je za omogućavanje njegovih pokreta, manipulacija i općenito interakcije s okolinom. Integracija mehaničkog sustava s drugim funkcionalnim cjelinama, poput mjernog, energetskog i upravljačkog sustava, omogućuje robotu da izvršava raznolike zadatke.



Slika 24. Robot drži zupčanike - građa

Energetski sustav robota



Energetski sustav robota sastoji se od komponenata koje omogućuju opskrbu energije potrebne za rad robota. Ovisno o vrsti robota, njegovoj primjeni i mobilnosti, energetski sustav može varirati. Evo nekoliko ključnih komponenata koje često čine energetski sustav robota:

- **Izvor energije** - predstavlja glavni izvor električne energije potrebne za pokretanje robota. Najčešći izvori energije uključuju:
 - Baterije: olovne kiseline, litij-ionske, nikal-metal-hibridne ili druge vrste baterija.
 - Gorive ćelije: korištenje vodika, metana ili drugih goriva za generiranje električne energije.
 - Solarne panele: pretvaraju sunčevu energiju u električnu energiju, što je posebno korisno za robote koji rade na otvorenom ili u okolišima s pristupom suncu.
- **Upravljanje i punjenje** - upravljački sustav baterija i uređaji za punjenje osiguravaju učinkovito punjenje i upravljanje električnom energijom u robotu. To može uključivati punjače, kontrolne sklopke, upravljače baterija i druge uređaje.
- **Regulator napona** - može biti potreban kako bi se osigurala konstantna i sigurna razina napona za električne komponente robota.
- **Električna žica i konektori** - koriste se za povezivanje izvora energije s električnim komponentama robota. Oni moraju biti dovoljno izdržljivi da podnose uvjete rada i pokretljivost robota.
- **Pametno upravljanje energijom** - sustavi koji prate potrošnju energije, prilagođavaju rad robota kako bi se smanjila potrošnja energije kada nije potrebna puna snaga te osiguravaju optimalno korištenje resursa.
- **Senzori potrošnje energije** - mjere potrošnju energije. Mogu se koristiti za praćenje i optimizaciju učinkovitosti energetskog sustava.



- **Rezervni izvor energije** - u nekim slučajevima, roboti mogu imati rezervni izvor energije, poput kondenzatora, koji im omogućuje privremeno skladištenje energije i brže reagiranje na promjene u potrebama za energijom.



Slika 25. Robot traži svoje napajanje - električnu energiju

Izvor energije - napajanje



Napajanje robota igra ključnu ulogu u ispravnom funkcioniranju robota. Izbor izvora energije ovisi o specifičnostima zadatka, mobilnosti robota i uvjetima okoline u kojoj rade. Različite vrste napajanja pružaju različite prednosti i izazove u smislu autonomije, mobilnosti i trajanja rada robota. Evo nekoliko uobičajenih vrsta napajanja koja se koriste kod robota:

- **Baterije** - baterije su jedan od najčešćih izvora energije za mobilne i autonomne robote. Različite vrste baterija uključuju alkalne baterije, litij-ionske baterije, nikal-metal-hidridne baterije (NiMH) te olovo-kiselinske baterije. Baterije su popularne zbog svoje praktičnosti i mobilnosti.
- **Kabelsko napajanje** - neki roboti, posebno oni koji rade u industrijskim postavkama ili laboratorijskim uvjetima, koriste kabelsko napajanje. Električni kabeli spojeni na izvor struje pružaju neprekidno napajanje robota.
- **Solarni paneli** - roboti koji rade na otvorenom ili u uvjetima s dobrom dostupnošću sunčeve svjetlosti mogu koristiti solarnu energiju putem solarnih panela. Ova vrsta napajanja posebno je korisna za autonomne robote koji se koriste u poljoprivredi ili na otvorenim prostorima.
- **Gorivo** - u nekim specifičnim primjenama, roboti se napajaju tekućim gorivom, poput metana, vodika ili drugih gorivih čelija. Ovo je često korisno u situacijama gdje je potrebno dugotrajno napajanje, poput bespilotnih letjelica ili robotima za istraživanje u teško pristupačnim područjima.
- **Pneumatsko napajanje** - za određene industrijske primjene, roboti se mogu napajati zrakom pod pritiskom. Ovo se često koristi u situacijama gdje je potrebna precizna kontrola pokreta i gdje električno napajanje može biti neprikladno.

Mjerni sustav robota



Mjerni sustav robota sastoji se od senzora i instrumenata koji omogućuju robotu percepciju i mjerenje svoje okoline. Ovisno o vrsti robota, njegovoj namjeni i zadacima koje obavlja, mjerni sustav može uključivati različite vrste senzora. Evo nekoliko ključnih komponenata koje često čine mjerni sustav robota:

- **Senzori blizine** - koriste se za mjerenje razdaljine između robota i objekata u njegovoj okolini. Ovi senzori pružaju informacije o blizini prepreka, što je ključno za izbjegavanje sudara, navigaciju u prostoru i izvršavanje drugih zadataka. Postoje različite vrste senzora blizine, a neki od najčešće korištenih u robotici uključuju:
 - Ultrazvučne senzore - koriste ultrazvučne valove za mjerenje udaljenosti. Emitiraju zvučne impulse i mjere vrijeme koje je potrebno da se odrazi od objekta i vrati do senzora. Na temelju tog vremena, senzor može izračunati udaljenost.
 - Infracrvene (IR) senzore - koriste infracrvene svjetlosne signale za mjerenje udaljenosti. Oni emitiraju infracrveno svjetlo prema objektu, a zatim mjere reflektirano svjetlo. Na temelju vremena refleksije, senzor izračunava udaljenost.
 - Lidare - napredniji senzori koji koriste laserske zrake za mjerenje udaljenosti i stvaranje trodimenzionalne mape okoline. Često se koriste u autonomnim vozilima i robotima za visoku preciznost u otkrivanju prepreka.
 - Kapacitivne senzore - mjere električni kapacitet između senzora i objekta. Ovaj kapacitet mijenja se ovisno o udaljenosti između senzora i objekta, što se zatim koristi za određivanje blizine.
 - Optičke senzore blizine - koriste svjetlosne signale kako bi otkrili blizinu objekta.



Primjena senzora blizine u robotici ima širok spektar, uključujući:

- Izbjegavanje prepreka - roboti koriste senzore blizine kako bi otkrili prepreke i izbjegli sudare tijekom kretanja.
 - Navigacija - senzori blizine pomažu robotima da precizno prilagode svoje kretanje u prostoru, posebno u zatvorenim ili dinamičkim okruženjima.
 - Manipulacija objekata - kod robota s manipulacijskim sustavima, senzori blizine mogu pomoći u preciznom pozicioniranju i rukovanju objektima.
- **Kamere** - omogućuju robotu vizualnu percepciju okoline. Mogu biti jednostavne kamere za snimanje slika ili složenije kamere s mogućnostima analize slike, prepoznavanja objekata i praćenja pokreta.
 - **Akcelerometri i žiroskopi** - mjere ubrzanje, dok žiroskopi mjere kutnu brzinu ili promjenu orijentacije. Ovi senzori koriste se za praćenje pokreta i orijentacije robota.
 - **Senzori za dodir** - koriste se za otkrivanje fizičkog kontakta s objektima ili površinama. To može biti korisno za izbjegavanje prepreka, sigurno kretanje ili manipulaciju objektima.
 - **Senzori svjetlosti** - omogućuju robotu da percipira razinu svjetlosti u okolini. Mogu se koristiti za prilagodbu svjetline ili identifikaciju svjetlosnih izvora.
 - **Termalni senzori** - mjeri infracrveno zračenje, omogućujući robotu da otkrije toplinske razlike u okolini. Ovo je korisno za otkrivanje tijela ili objekata na temelju temperature.
 - **Senzori zvuka** - koriste se za otkrivanje zvukova u okolini. To može biti korisno za prepoznavanje glasovnih naredbi, izbjegavanje buke ili otkrivanje određenih zvučnih signala.



- **Senzori atmosferskih uvjeta** - za određene primjene, poput robota koji se koriste u vanjskim okruženjima, moguće su komponente za mjerenje atmosferskih uvjeta poput temperature, vlage i tlaka zraka.
- **Senzori kvalitete zraka** - u nekim aplikacijama, roboti mogu imati senzore koji mjere kvalitetu zraka, poput koncentracije plinova, prašine ili drugih zagađivača.
- **GPS (Global Positioning System)** - ako je potrebno, neki roboti koriste GPS senzore za određivanje svoje geografske lokacije.



Slika 26. Mobilni robot s kamerom

Mjerni sustav ključan je za osiguravanje da robot može precizno percipirati svoje okruženje i donositi informirane odluke kako bi izvršavao svoje zadatke. Integracija različitih vrsta senzora omogućuje robotu da stvara cjelovitu sliku svoje okoline i prilagodi se različitim situacijama.

Upravljački sustav

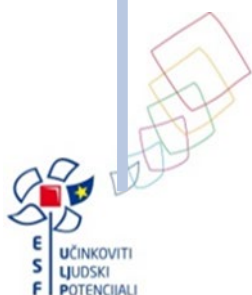


Upravljački sustav je od temeljne važnosti za autonomno funkcioniranje robota. Razvoj sofisticiranih upravljačkih sustava omogućuje robotima da se prilagode različitim uvjetima okoline, donose složene odluke i izvršavaju raznovrsne zadatke. Sastoji se od elektroničkih komponenata i računalnih sustava koji kontroliraju i upravljaju ponašanjem robota. Ovisno o vrsti robota i njegovim zadacima, upravljački sustav može imati različite komponente, no nekoliko ključnih elemenata uključuje:

- **Mikrokontroler ili mikroprocesor** - ovo je srce upravljačkog sustava. Mikrokontroler izvršava programski kod koji određuje ponašanje robota. To može uključivati algoritme za kretanje, obradu senzorskih podataka, donošenje odluka i druge funkcionalnosti.
- **Senzorski ulazi** - upravljački sustav prima podatke od različitih senzora raspoređenih na robotu. Ovi senzorski ulazi pružaju informacije o okolini, položaju, brzini, temperaturi i drugim relevantnim parametrima.
- **Aksijski izlazi** - ovi izlazi kontroliraju akcije koje robot izvodi. To uključuje upravljanje motorima, aktuatorima i drugim izlaznim uređajima koji omogućuju kretanje, manipulaciju ili druge radnje.
- **Programski kod** - skup instrukcija i algoritama napisanih na programskom jeziku koji mikrokontroler izvršava. Ovaj kod određuje kako će se robot ponašati u različitim situacijama.
- **Upravljački algoritmi** - kontroliraju specifične funkcionalnosti robota, kao što su algoritmi za kretanje, upravljanje putanjom, praćenje objekata, izbjegavanje prepreka i slično.
- **Memorija** - koristi za pohranu programskog koda, podataka i privremenih informacija potrebnih za rad robota. To može uključivati *flash* memoriju, *RAM* (*Random Access Memory*) i druge vrste memorije.



- **Komunikacijska sučelja** - upravljački sustav može imati komunikacijska sučelja koja omogućuju interakciju s drugim uređajima, sustavima ili korisnicima. Ovo može uključivati *USB*, *Bluetooth*, *Wi-Fi* i druge tehnologije.
- **Integracija s drugim sustavima** - ako je robot dio većeg sustava ili mreže, upravljački sustav može uključivati komponente za komunikaciju s drugim robotima, računalima ili uređajima u mreži.
- **Sigurnosni sustavi** - u nekim slučajevima, upravljački sustav može sadržavati sigurnosne sustave koji nadziru i osiguravaju siguran rad robota, sprječavajući neželjene situacije i ozljede.



Pitanja za ponavljanje



- Koje su osnovne funkcionalne cjeline robota?
- Kako mehanički sustav robota omogućuje izvršavanje različitih zadataka?
- Koje su ključne komponente mehaničkog sustava robota?
- Koja je uloga okvira (kućišta) u mehaničkom sustavu robota?
- Što su zglobovi u mehaničkom sustavu i kako utječu na pokretljivost robota?
- Koja je svrha prijenosnih sustava u mehaničkom sustavu robota?
- Kako aktuatori doprinose stvaranju pokreta u mehaničkom sustavu?
- Kako se senzori integriraju u mehanički sustav robota?
- Zašto su amortizeri i opruge važni u mehaničkom sustavu robota?
- Kako manipulacijski sustavi doprinose sposobnostima robota za rukovanje objektima?
- Kako energetske sustav osigurava potrebnu energiju za rad robota?
- Koje su vrste izvora energije u energetske sustavu robota?
- Koja je uloga upravljačkog sustava u autonomnom funkcioniranju robota?
- Kako mikrokontroler utječe na ponašanje robota u upravljačkom sustavu?
- Kako senzorski ulazi pridonose informacijama koje upravljački sustav prima?
- Koje su funkcije akcijskih izlaza u upravljačkom sustavu?
- Kako se programski kod koristi u upravljačkom sustavu robota?
- Što su upravljački algoritmi i kako utječu na ponašanje robota?
- Za što se koristi memorija u upravljačkom sustavu robota?
- Koja su komunikacijska sučelja uključena u upravljački sustav i za što služe?

Spajanje i održavanje robota



Ako uzmemo upute proizvođača za svakog robota, dobar dio stranice bavit će se mjerama opreza. To se odnosi na opća sigurnosna pravila koja korisnici moraju poštivati tijekom rada s robotom, uključujući pravilnu uporabu, označavanje opasnih područja i slično. Osim toga, bitne su i upute o redovitom održavanju i servisiranju robota, s ciljem osiguranja njegove dugotrajnosti i optimalne izvedbe.

Spajanje i održavanje robota uključuje niz postupaka i pristupa, ovisno o vrsti robota i specifičnim zahtjevima sustava. Na primjerima spajanja industrijskog robota objasniti će se koraci koje valja poduzeti kako bi se osigurala ispravna instalacija i funkcionalnost robota.



Slika 27. Robot s ključem

Spajanje industrijskog robota



Spajanje industrijskog robota s upravljačkom jedinicom i pokretanje uključuje nekoliko ključnih koraka. Prvo je potrebno **pripremiti radni prostor**, provjeriti je li radni prostor siguran i prikladan za rad s robotom. Također je potrebno osigurati potrebnu opremu za transport i postavljanje robota. Nakon što je robot stavljen na predviđeno mjesto potrebno je **postaviti upravljačku jedinicu** na stabilnu površinu u blizini robota. **Upravljačka jedinica** spaja se s električnim izvorom napajanja. Korištenjem odgovarajućih električnih kabela, potrebno je povezati industrijski robot s upravljačkom jedinicom. Potrebno je osigurati sigurnost i čvrstoću svih veza. Ako robot koristi senzore, potrebno ih je montirati prema specifikacijama proizvođača i povezati s odgovarajućim priključcima na robotu. Ako robot koristi pneumatske ili hidrauličke sustave, potrebno ih je priključiti prema specifikacijama.

Nakon toga slijedi **konfiguracija i inicijalno postavljanje** koje se sastoji od učitavanja softvera i postavljanja parametara. **Operativni sustav i upravljački softver** učitavaju se na upravljačku jedinicu. Ako je potrebno, instalira se poseban softver za programiranje robota. Postavljaju se **osnovni radni parametri**, uključujući brzinu, točnost i druge specifičnosti. Parametri se prilagođavaju prema potrebama korisnika. Ako je potrebno, radi se **kalibracija** motora zbog preciznog kretanja i kalibracija senzora za osiguranje točnosti mjerenja. Prije puštanja u rad potrebno je pokrenuti **inicijalno testiranje** kretanja i funkcionalnosti robota, tj. provjeriti kako se robot ponaša u različitim uvjetima.

Poslodavac treba **osigurati obuku** za operatera koji će raditi s robotom, upoznati ih s kontrolnim sučeljem i osnovnim funkcijama. Također je potrebno zabilježiti sve korake instalacije i postavljanja u **dokumentaciji**, kao i spremiti tehničke podatke, upute i priručnike. Za održanje radnih karakteristika robota potrebno je definirati redoviti **plan održavanja**. **Potrebno je** pratiti prve radne zadatke robota te napraviti dodatne prilagodbe po potrebi.



Specifični koraci koji su opisani za spajanje industrijskog robota mogu varirati ovisno o proizvođaču i modelu industrijskog robota koji se koristi. Potrebno je uvijek **pratiti upute proizvođača i savjetovati se s tehničkom podrškom** kako bi se osiguralo pravilno povezivanje i konfiguracija.

Održavanje industrijskog robota



Održavanje industrijskog robota ključno je za osiguranje dugovječnosti, pouzdanosti i optimalnih radnih karakteristika. Potrebno je redovito **vizualno pregledati** sve dijelove robota kako bi se uočila eventualna oštećenja, istrošenost ili znakovi trošenja, provjeriti povezane kabele, spojeve i prekidače. Ako robot koristi hidrauličke ili pneumatske sustave, provjeriti cijevi, ventile i filtre na moguće curenje, začepjenja ili oštećenja. Potrebno je **pregledati stanje svih kabela** i osigurati dobru povezanost. Provjeriti električne spojeve na znakove korozije, ako postoji loši kontakt, potrebno je očistiti i osigurati dobar kontakt. Ako robot ima sustav podmazivanja, potrebno je **provjeravati stanje podmazivanja**, razinu ulja ili masti te ih po potrebi nadopuniti. Provjeriti točnost senzora i, ako je potrebno, prilagoditi ih kako bi održali preciznost.

Ako robot koristi programsku podršku, potrebno je **redovito ažurirati softver** te pratiti preporuke proizvođača za ažuriranje. Periodički izvoditi testiranje svih funkcionalnosti robota. Provjeriti kako robot reagira na različite zadatke i uvjete rada.

Osigurati **redovitu obuku** za osoblje zaduženo za rad s robotom. Educirati ih o postupcima održavanja i sigurnosnim mjerama. Važno je čuvati **tehničku dokumentaciju, upute za održavanje i priručnike** na sigurnom mjestu. Pristup dokumentaciji olakšava rješavanje problema i provedbu održavanja.

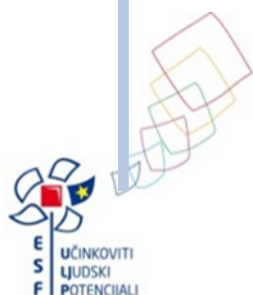
Za osiguranje sigurnog rada robota, potrebno je **provjeriti funkcionalnost** svih sigurnosnih sustava.

Zamijeniti komponente prema preporukama proizvođača ili kad se uoči smanjenje radnih karakteristika. Također je potrebno **pratiti životni vijek** ključnih komponenata robota.

Pitanja za ponavljanje



- Koje su opće sigurnosne mjere koje korisnici moraju poštivati prilikom rada s robotima?
- Kako održavanje i servisiranje robota doprinose njegovoj dugovječnosti i izvedbi?
- Koji su ključni koraci prilikom spajanja industrijskog robota?
- Koje je pripreme potrebno napraviti prije spajanja industrijskog robota?
- Kako se osigurava sigurnost prilikom povezivanja industrijskog robota s upravljačkom jedinicom?
- Koje su važne mjere prilikom postavljanja upravljačke jedinice i spajanja s električnim izvorom napajanja?
- Kako se povezuju senzori industrijskog robota i koji je njihov značaj?
- Što je potrebno učiniti nakon instalacije softvera na upravljačku jedinicu industrijskog robota?
- Zašto je važno kalibrirati motore i senzore nakon instalacije industrijskog robota?
- Kako se vrši konfiguracija i inicijalno postavljanje industrijskog robota?
- Koje testiranje je potrebno provesti prije puštanja industrijskog robota u rad?
- Kako osigurati obuku operatera za rad s industrijskim robotom?
- Što se preporučuje zabilježiti u dokumentaciji tijekom instalacije industrijskog robota?
- Zašto je važan plan redovitog održavanja industrijskog robota?
- Koje su ključne aktivnosti prilikom redovitog održavanja industrijskog robota?



Programiranje jednostavnog robotskog sustava



Programiranje jednostavnog robotskog sustava uključuje nekoliko koraka, ovisno o vrsti robota, sensorima i aktuatorima koje koristi te zadacima koje treba obavljati.

1. Razumijevanje hardvera:

- Sensori i aktuatori - upoznati se sa sensorima koji prikupljaju informacije o okolini (npr. senzori blizine, kamere) i aktuatorima koji izvršavaju fizičke radnje (npr. motori, servomotori).

2. Razvojna platforma i softver:

- Odabir razvojne platforme - odabrati platformu za razvoj softvera, ovisno o vrsti robota. To može biti *Arduino*, *Raspberry Pi*, mikrokontroleri, robotski kontroleri itd.
- Instalacija razvojnog okruženja - instalirati potrebno razvojno okruženje za programiranje robota. Na primjer, *Arduino IDE* za *Arduino* platforme ili *Python* za *Raspberry Pi*.

3. Razvoj programskog koda:

- Definirati ciljeve - razmisliti o tome što želimo postići s robotom. Hoće li se kretati, reagirati na senzore, komunicirati s korisnicima itd.
- Programiranje osnovnih funkcionalnosti:
 - Upravljanje motorima - ako robot ima kotače, napisati kod za upravljanje motorima kako bi se robot mogao kretati.
 - Čitanje senzora - programirati čitanje podataka sa senzora kako bi reagirali na okolinu.
 - Obrada podataka - razviti logiku za obradu podataka od senzora i donošenje odluka na temelju tih podataka.



4. Testiranje i pronalaženje grešaka u programskom kodu:

- Simulacije (opcionalno) - ako je moguće, koristiti simulacije za testiranje programskog koda prije nego što se prenese na stvarnog robota.
- Testiranje u stvarnom okruženju - provjeriti kako se robot ponaša u stvarnom okruženju, prilagoditi kod prema potrebi.
- Pronalaženje grešaka u programskom kodu - rješavati probleme u kodu, ako ih ima. Praćenje izlaza senzora i ponašanje motora može pomoći u otkrivanju i rješavanju problema.

5. Integracija naprednih funkcionalnosti (opcionalno):

- Komunikacija s računalom ili mobilnim aplikacijama - za daljinsko upravljanje, programirati komunikaciju s računalom ili mobilnim uređajem.
- Pametne odluke (umjetna inteligencija) - ako je potrebno, razviti naprednije algoritme za donošenje odluka na temelju podataka od senzora.

6. Dokumentacija:

- Komentiranje koda - komentirati svoj kod zbog lakšeg razumijevanja.
- Dokumentiranje hardvera - ako je moguće, dokumentirati hardverske komponente robota i povezivanje.

7. Sigurnost:

- Sigurnosne provjere - provjeriti je li robot siguran za rad. Ako koristi oštre ili pokretne dijelove, provjeriti ima li sigurnosne mehanizme.





8. Uvrštavanje:

- Prijenos koda na robota - prebaciti programski kod na robota ili mikrokontrolera.
- Postavljanje hardvera - provjeriti je li hardver ispravno postavljen i povezan.

9. Testiranje na terenu:

- Stvarno testiranje - testirati robota u stvarnim uvjetima kako bi se provjerilo ponašanje u različitim situacijama.

10. Održavanje:

- Redovito održavanje - ako robot ima kontinuiranu uporabu, planirati redovito održavanje kako bi se produžio njegov životni vijek.

Ovaj proces može varirati ovisno o vrsti robota i njegovim specifičnostima, ali opći koraci slični su za većinu robotskih sustava.

Pitanja za ponavljanje



- Koji su ključni koraci u programiranju jednostavnog robotskog sustava?
- Zašto je važno razumjeti hardver robota prije nego što započnete s programiranjem?
- Kako odabrati odgovarajuću razvojnu platformu za programiranje robota?
- Koje su osnovne funkcionalnosti koje treba programirati prilikom razvoja koda za robota?
- Koje su vrste senzora i aktuatora važne za razumijevanje prilikom programiranja robota?
- Kako se vrši testiranje i pronalaženje grešaka u programskom kodu za robota?
- Zašto je simulacija važna u testiranju robotskog koda, ako je moguća?
- Koje su opcionalne integracije naprednih funkcionalnosti u programskom kodu robota?
- Kako dokumentirati programski kod i hardverske komponente robota?
- Koji su ključni koraci u uvrštavanju programskog koda na samom robotu i provođenju sigurnosnih provjera?



- Åström, K. J; Murray, R. M. 2008. *Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers*. Princeton University Press.
- Das, S. 2017. *Fundamentals of Robotics: Analysis and Control*. PHI Learning Pvt. Ltd.
- Herzog, E. 2017. *Autonomous Robots: Mechanisms, Sensors, Actuators, and Algorithms*. CRC Press.
- Lynch, K. M; Park, F. C. 2017. *Modern Robotics: Mechanics, Planning, and Control*. Cambridge University Press.
- Niku, S. B. 2017. *Introduction to Robotics: Analysis, Control, Applications*. John Wiley & Sons.
- Quigley, M; Gerkey, B; Smart, W. D. 2009. *Programming Robots with ROS: A Practical Introduction to the Robot Operating System*. O'Reilly Media.
- Seraji, H. 2008. *Advances in Robot Kinematics: Analysis and Design*. Springer.
- Siciliano, B; Sciavicco, L; Villani, L; Oriolo, G. 2009. *Robotics: Modelling, Planning and Control*. Springer.
- Wang, P; Shen, Y. 2010. *Robot Analysis and Control*. John Wiley & Sons.
- Zhuang, H; Miao, J. 2015. *Robotic Welding, Intelligence and Automation*. Springer.