

0111 INDUSTRIJSKI ROBOTI

1. PROGRAM IZVOĐENJA NASTAVE

1.1 OPŠTE

Predmet slušaju svi studenti profila za proizvodno mašinstvo u VIII i IX semestru sa fondom časova 2+1.

1.2 PROGRAM PREDAVANJA

1.2.1 VIII semestar (2+0)

1. Uvod u industrijsku robotiku. Istorijat, definicije i klasifikacija robota. Robotika kao disciplina. Funkcionalna struktura industrijskih robota. Ukratko o podsistemima - definisanje okvira problematike koja se izučava na predmetu.
2. Klasifikacija industrijskih robota. Tehničke karakteristike. Kinematička (mehanička) struktura robota - manipulator. Osnovni pojmovi iz teorije mehanizama, kinematički parovi i lanci. Kinematički opis manipulatora, osnovna konfiguracija, završni mahanizam, dodatne - mobilne ose. Serijski i paralelni manipulatori.
3. Tipovi struktura industrijskih robota (serijskih): Dekartova, polarno-cilindrična, sferna, horizontalna zglobna (SCARA), vertikalna zglobna. Pozicija , potpuna i delimična orijentacija, radni prostor. Završni mehanizam - zglobovi šake. Mogućnosti kretanja robota - broj stepeni slobode, redudantnost i singularitet.
4. Prostorni opisi i transformacije. Pozicija i orijentacija krutog tela. Transformacije koordinata. Matrice rotacija, kompozitna matrica rotacije.
5. Izvodjenje matrice orijentacije pomoću Ojlerovih uglova. Homogene transformacije - koordinatni sistemi (frejmovi). Transformacije translacije i rotacije. Kompozitna matrica transformacije, značenja. Inverzna matrica transformacije.
6. Transformacione jednačine. Kinematika manipulatora. Unutrašnje i spoljašnje koordinate. Kinematičke jednačine. Pozicija i orijentacija.
7. Denovit-Hartenberg-ovi kinematički parametri, specifikacija A matrica. Algoritam pridruživanja koordinatnih sistema segmentima manipulatora. Direktni kinematički problem.
8. Inverzni kinematički problem. Rešivost, višestrukost rešenja. Metode rešavanja (analitičke, numeručke, diskusija prednosti i nedostataka). Geometrijsko i algebarsko rešavanje inverznog kinematičkog problema. Metod inverzije A matrica, kinematičko dekuplovanje - Pieper-ovo rešenje za 3 ose koje se seku.
9. Veza između spoljašnjih i unutrašnjih brzina i ubrzanja - Jakobijan matrica. Dinamika manipulatora. Značaj i problemi izučavanja dinamike robota. Osnovi matematičkog modeliranja dinamike robota Lagranževim jednačinama II vrste i Njutn-Ojlerovim jednačinama.
10. Paralelni roboti. Tipovi struktura paralelnih robota. Inverzni kinematički problem. Direktni kinematički problem. Jakobijan matrica.
11. Pogonski sistemi robota. Pneumatski pogon. Hidraulički pogon. Elektromotori, DC i DD motori.
12. Merni sistemi. Merni sistemi puta, klasifikacija, potenciometri, rizeri, enkoderi. Merni sistemi brzine- tahogeneratori. Prenosnici, klasifikacija. Harmonik i ciklo drajv reduktori.
13. Upravljanje robotima. Hijerarhijska struktura upravljanja. Upravljanje jednim zglobom (osom) robota. Otvoreni i zatvoreni sistemi. Rezolucija, tačnost i ponovljivost.
14. Upravljanje simultanim kretanjem više zglobova. Tipovi upravljanja. PTP upravljanje. Upravljanje kontinualnim kretanjem po konturi - CP upravljanje.

1.2.2 IX semestar (2+0)

1. Senzori u robotici, klasifikacija. Unutrašnji senzori. Senzori sila i momenata. Šestokomponentni senzori u korenu šake. Centar popustljivosti, RCC jedinice.
2. Spoljašnji senzori. Taktilni senzori. Senzori bliskosti (induktivni i optički). Senzori rastojanja (aktivni i pasivni). Triangularizacija.
3. Sistemi prepoznavanja (vizuelni sistemi). Formiranje slike. Geometrijski model nastanka slike. Digitalna slika. Metode osvetljavanja.
4. Procesiranje i analiza slike. Izdvajanje karakteristika. Oblici, modeli i poredjenje - prepoznavanje. Primena sistema prepoznavanja u industriji.
5. Završni uređaji (end-efektori). Klasifikacija. Hvatači. Mehanički hvatači. Tipični mehanizmi hvatača sa dva prsta. Sila stezanja.
6. Vakumski, magnetni i adhezioni hvatači. Univerzalni i prilagodljivi hvatači. Alati. Veza robota i end-efektora. Automatska izmena end-efektora.
7. Programiranje robota, metode. Programiranje obučavanjem. Programski jezici za robote.
8. Klasifikacija jezika za robote. Jezici višeg nivoa. Struktura jezika. Elementi jezika i funkcije. Opisivanje kretanja, obrada senzorske informacije, komunikacija sa okolinom i sinhronizacija rada. Simulacije - virtualna stvarnost.
9. Primena robota. Čelije sa robotom. Lejauti ćelija sa robotom. Osnovni problemi u projektovanju ćelija sa robotima. Analiza ciklusnog vremena robota. RTM metoda.
10. Manipulacija (transfer materijala). Opsluživanje mašina (mašina za livenje pod pritiskom, mašina za plastiku, presa, čekića i automata, mašina za obradu rezanjem). Procesne operacije. Tačkasto i elektro-lučno zavarivanje.
11. Bojenje (prevlačenje). Obrada robotima. Obrada rezanjem (bušenje, glodanje, brušenje, čišćenje i poliranje).
12. Robotizovana montaža. Dovođenje delova pri montaži. Operacije montaže. Konfiguracije robotizovanih sistema za montažu (stanice sa jednim robotom, serijski sistemi, paralelni sistemi, ostale konfiguracije). Karakteristike robota za montažu.
13. Projektovanje robota. Organizacija i aktivnosti procesa projektovanja. Izbor koncepcije i projektnih parametara robota na bazi tehnoloških zadataka. Ispitivanje robota.
14. Metodologija uvođenja robota. Tehnoekonomska analiza opravdanosti uvođenja robota. Metoda vremena otplate.

1.3 PROGRAM I VRSTE VEŽBI

1.3.1 VIII semestar (0+1)

1. Laboratorijska vežba: Upoznavanje sa tipskim konfiguracijama robota.
2. Laboratorijska vežba: Detaljno upoznavanje sa osnovnim podsistemima na postojeća četiri robota u Zavodu za mašine alatke.
3. Auditorna vežba: Transformacione jednačine (ispitni zadatak).
4. Auditorna vežba: Direktni kinematički problem (ispitni zadatak).
5. Auditorna vežba: Inverzni kinematički problem - primeri.
6. Auditorna vežba: Priprema za laboratorijsku vežbu vezanu za direktni i inverzni kinematički problem koja se izvodi u bloku od 4 časa i počinje 7. časa a završava se 10.časa.
7. Laboratorijska vežba: Kinematika manipulatora. Direktni i inverzni kinematički problem.. Demonstracija razvoja algoritama na primeru vertikalne zglobove konfiguracije, pisanje programa u FORTRAN-u i testiranje.

8. Laboratorijska vežba: Samostalan razvoj algoritama za rešavanje direktnog kinematičkog problema i pisanje programa u FORTRAN-u svakog studenta u grupi za zadataku konfiguraciju robota.
9. Laboratorijska vežba: Pregled rešenja direktnog kinematičkog problema i napisanog programa u FORTRAN-u.
10. Laboratorijska vežba: Unošenje napisanog programa u računar i testiranje. Provera dobijenih rezultata za karakteristične položaje sa komentarima.
11. Laboratorijska vežba: Pogonski sistemi, DC motori, DD motori.
12. Laboratorijska vežba: Prenosnici, harmonik i ciklo dražv reduktori.
13. Laboratorijska vežba: Tahogeneratori i enkoderi. Servo ose. Analiza načina ugradnje na postojeća četiri robota u Zavodu za mašine alatke.
14. Laboratorijska vežba: Overa dobijenih rezultata sa laboratorijskih vežbi i odbrana izveštaja.

1.3.2 IX semestar (0+1)

1. Auditorna vežba: Transformacione jednačine za uparivanje elemenata pri montaži i analiza ciklusnog vremena ćelije sa robotom primenom RTM metode.
2. Samostalno rešavanje zadataka: Podela 1. zadatka vezanog za transformacione jednačine i njihovu primenu u tehnološkom procesu montaže.
3. Samostalno rešavanje zadataka: Pregled 1. zadatka.
4. Samostalno rešavanje zadataka: Pregled 1. zadatka.
5. Samostalno rešavanje zadataka: Podela 2. zadatka vezanog za analizu ciklusnog vremena ćelije sa robotom.
6. Samostalno rešavanje zadataka: Pregled 2. zadatka.
7. Samostalno rešavanje zadataka: Pregled 2. zadatka.
8. Samostalno rešavanje zadataka: Overa elaborata sa samostalnog rešavanja zadataka.
9. Auditorna vežba: Priprema i podela zadataka za laboratorijsku vežbu iz programiranja koja se izvodi u bloku od 4 časa i koja počinje 10. časa a završava se 13. časa (Student pravi maketu radnog predmeta i piše program samostalno).
10. Laboratorijska vežba: Programiranje robota. Ručno programiranje - primeri.
11. Laboratorijska vežba: Jezici visokog nivoa - PASRO sa grafičkom proverom - primeri.
12. Laboratorijska vežba: Pisanje programa i provera programa na robotu korišćenjem makete radnog predmeta koju je student prethodno napravio.
13. Laboratorijska vežba: Senzori i sistemi prepoznavanja.
14. Laboratorijska vežba: Overa dobijenih rezultata sa laboratorijskih vežbi i odbrana izveštaja.

STRUKTURA ČASOVA VEŽBANJA.

Vrste vežbi	Broj studenata u nastavnoj grupi	Nedeljno časova po nastavnoj grupi u odgovarajućem semestru	
		VIII	IX
Auditorne vežbe	60	$\frac{4}{14}$	$\frac{2}{14}$
Laboratorijske vežbe	10	$\frac{10}{14}$	$\frac{5}{14}$
Samostalno rešavanje zadataka	10		$\frac{7}{14}$
	Σ	$\frac{14}{14} = 1$	$\frac{14}{14} = 1$

2. ISPIT

2.1. USLOVI ZA STICANJE PRAVA ZA POLAGANJE ISPITA

- Redovno pohađanje nastave (predavanja i svih vidova vežbi),
- potpis u indeksu,
- odbranjeni izveštaji sa laboratorijskih vežbi,
- pozitivno ocenjeni samostalni zadaci.

2.2 NAČIN POLAGANJA ISPITA

Ispit se sastoji iz pismenog i usmenog dela (P+U). Na pismenom delu ispita, koji je eliminatoran, rade se zadaci uz dozvoljeno korišćenje literature (2 zadatka, 3.5h, oba zadatka moraju ispunjavati uslove prolaznosti). Usmeni ispit obuhvata 4 teorijska pitanja koje student izvlači. Student u vremenu od 45 min pismeno koncipira a zatim usmeno izlaže odgovore.

3. LITERATURA

3.1 Osnovni udžbenik

D.Milutinović, Industrijski roboti, (u pripremi)

3.2 Pomoćni udžbenik

M.Glavonjić, D.Milutinović, Mašine sa paralelnom kinematikom, (u pripremi)

3.3 Dopunska literatura

- M.Vukobratović i grupa autora, Uvod u robotiku, "Mihajlo Pupin", Beograd, 1986.
- V.Potkonjak, Robotika, Univerzitet u Beogradu, 1997.