

ЛЕКЦИЈА 1. УВОД ВО РОБОТИКАТА

1.1. УВОД

Луѓето од многу одамна се обидуваат да направат машини кои ќе ги имитираат движењето и однесувањето на човекот и/или останатиот жив свет. Типичен пример се статуите во Венеција кои удираат во часовник секој час и играчките на навивање.

Иако постојат разни видови работи, од наједноставни до најсложени (какви што се, на пример, хуманоидните работи), и сите тие во својата градба и дејствување се засновани врз истите принципи, материјалот од овој предмет ќе ги третира главно индустриските работи манипулатори (роботски раце), презентирајќи ја нивната механика (кинематика и динамика), како и нивните составни елементи: мотори, сензори, системи за гледање.

Денешните работи се многу битни елементи на современата индустрија. Тие можат да извршуваат многу операции и задачи, при што не бараат посебни услови на заштита или удобство, како луѓето.

Најголем дел од компаниите кои во 1980-тите години изработувале работи веќе не постојат. Денес на пазарот се јавуваат само компаниите кои изработуваат индустриски работи како: ADEPT ROBOTICS, STAUBLI ROBOTICS, FANUC ROBOTICS NORTH AMERICA INC.

Бројот работи вклучени во современото производство не одговара на првобитните предвидувања и очекувања, затоа што современите достигнувања во роботиката се уште не се доволни да ги остварат големите очекувања во полето. Оттаму, иако во индустријата во светот има неколку илјади работи, тие се уште се далеку од тоа по број да ги надминат луѓето работници.

Роботите се применуваат секаде каде што се корисни. Како и луѓето, тие можат да извршуваат одредени задачи, но некои не можат. Роботите сами за себе ретко некогаш се полезни. Тие скоро секогаш се вградени во системи кои извршуваат одредени задачи и операции.

1.2. ШТО Е РОБОТ?

Роботот манипулатор (роботската рака) е многу слична со еден кран (дигалка). И двата механизма се состојат од **лостови (краци)** кои се поврзани со **зглобови**. И двата система имаат рака која се движи во просторот и може да биде поставена во произволна положба во работниот простор. И двата можат да креваат одреден товар. Основната разлика меѓу двата механизма е што едниот го управува човек, а другиот го управува компјутер – програм.

Роботите се механизми кои ги управува компјутер, кој од своја страна извршува одреден програм. Со промена на тој програм се менува и типот на дејствија што ги извршува роботот. Следствено, **роботот може да извршува најразновидни задачи и е флексибилен во тоа, без да има потреба од промена на самиот механизам.** Дигалката (кранот) не може да изврши ништо, доколку постојано не е управувана од страна на човекот оператор.

1.3. КЛАСИФИКАЦИЈА НА РОБОТИТЕ

Различни земји имаат различни стандарди при класификацијата на роботите. Американскиот институт за роботика RIA (ROBOTICS INSTITUTE OF AMERICA) ги дефинира следните класи работи:

- **Уреди кои извршуваат низа последователни чекори** (етапи) од една задача (операција) **во согласност со однапред зададена и неменлива процедура**, кои лесно се модифицираат.
- **Работи кои го запаметуваат движењето на човекот оператор и потоа го повторуваат.** Човекот оператор најнапред рачно ја извршува саканата операција водејќи го роботот, а овој ги запомнува неговите движења за подоцна да може самостојно да ги повторува. Роботите од оваа класа дејствуваат во согласност со запаметената информација.
- **Работи со нумеричко управување (нумеричко управувани работи).** Наместо човекот сам да го учи роботот изведувајќи ја задачата рачно, движењето на роботот се задава преку одреден програм вграден во роботот.
- **Интелигентни работи** се работи кои можат да ја препознаат и осознаат околината и успешно да извршуваат задачи без оглед на промените во околината во која се извршуваат тие задачи.

1.4. ШТО Е РОБОТИКА?

Роботиката е наука за проектирањето (градбата) и примената на роботите во служба на човекот. Роботските системи не се состојат само од работи, туку и од други уреди и потсистеми кои заедно со роботите се неопходни за извршување на одредените задачи. Роботите се применуваат во индустриското производство, во подводните и вселенските истражувања, во медицината, и за забава. Тие се многу полезни, но мора да бидат успешно програмирани и управувани. **Роботиката е интердисциплинарна област која се ослоува врз машинството, електроинженерството, компјутерските науки, биологијата и многу други дисциплини.**

1.5. ИСТОРИЈА НА РОБОТИКАТА

Ако ги занемариме статуите во Венеција и играчките на навивање за кои стана збор, можеме да забележиме дека развојот на роботиката е тесно поврзан со развојот на индустријата, револуцијата во нумеричкото и компјутерско управување со индустриските и други машини, вселенските истражувања и живата имагинација на многу креативни личности.

Самиот збор робот за прв пат е искористан во расказот на чешкиот писател Карел Чапек „Универзалните работи на Росам“ во кој се зборува за човеколики машини, без чувства и душа, кои се силни и послушни, а можат да се произведат брзо и ефтино. Наскоро сите земји во расказот на Чапек сакаат да ги опремаат своите армии со вакви робовски и роботски „војници“, кои се борат предано, а чија загуба никогаш не погодува. Меѓутоа, со тек на времето, роботите на Чапек сваќаат дека се посупериорни од луѓето и се обидуваат да завладеат со светот.

По втората светска војна започнува производство на автоматски и нумерички управувани машини со цел да се зголеми и подобри индустриското производство. Едновремено, за целите на нуклеарните истражувања се развиени манипулатори со повеќе степени слобода на движење. „Бракот“ помеѓу нумеричкото програмирање машини и манипулаторите го произведува првиот робот, управуван со издупчени ленти хартија. Со развојот на индустријата, овие ленти се заменети со магнетни ленти, па мемориски елементи и на крајот со компјутери. Во продолжение се дадени најважните настани што го одбележуваат развојот на полето на роботиката:

1922 Чешкиот писател Карел Чапек го пишува расказот Универзалните работи на Росам и го воведува поимот за „работа“ и „работник“ од каде потекнува зборот робот

1946 На Универзитетот во Пенсилванија е направен првиот компјутер ENIAC

1952 На MIT универзитетот во Масачусетс е направена првата NC (нумерички управувана) машина

1954 Џорџ Девол (George Devol) го развил првиот програмабилен робот

1955 Denavit и Hartenberg ги развиле хомогените трансформациони матрици

1961 Џорџ Девол го патентирал пронајдокот кој претставува основа на Unimate™ роботите

1962 Се формира компанијата Unimation, се појавуваат првите индустриски работи и GM (General Motors) го инсталира првиот Unimation робот во своите погони

1967 Се појавува роботот Mark II™, а во Јапонија е извезен првиот индустриски робот

1968 Во истражувачкиот институт на универзитетот Стенфорд во Калифорнија, САД (Stanford Research Institute SRI) е изграден интелигентен робот наречен Shakey

1972 IBM го развива комерцијалниот робот IBM 7565

1973 Компанијата MilacronTM од Синсинати, САД го претставува роботот T3, кој е многу успешно прифатен во индустријата

1978 Unimation го испорачува првиот PUMA робот во GM

1983 Нагло расте интересот за роботиката, како во индустријата, така и во академскиот свет; многу универзитети воведуваат нови предмети и предавања од областа на роботиката

1990 Од пазарот исчезнуваат најголемиот број мали производители на работи; опстануваат само неколку големи компании кои произведуваат индустриски работи

1.6. ПРЕДНОСТИ И НЕДОСТАТОЦИ НА РОБОТИТЕ

Основни предности на роботите се:

- зголемување на продуктивноста, ефикасноста, безбедноста, квалитетот и постојаноста на производите
- роботите можат да работат во ризични услови без да бараат безбедносни услови, удобство или грижа за безбедноста на работното место
- роботите не бараат посебни работни услови како осветлување, вентилација, климатизација, заштита од бучава
- роботите можат да работат неограничено и притоа никогаш не страдаат од досада, мамурлук, умор, главоболка, никогаш не се лутат, не им се слушава и никогаш не бараат здравствена заштита и годишен одмор
- роботите постојано работат прецизно (се` додека не се расипат или не настрадаат на некој друг начин)
- роботите можат да бидат многу попрецизни од човекот (типична прецизност им е од неколку илјадити делови од инчот); постојат работи кои имаат прецизност од микроинчи
- роботите и нивните компоненти (на пример, сензорите) можат да ги надминат можностите на човекот

- за разлика од луѓето, роботите можат да процесираат паралелно повеќе задачи

Основните недостатоци на роботите се:

- замената на човечката работна рака со работи создава економски проблеми како, на пример, отпуштања (безработица) и социјални проблеми (како, на пример, штрајкови и други видови социјални протести и немири)
- роботите не се во состојба успешно да одговорат во вонредни ситуации и услови, освен ако таа ситуација и саканата реакција на неа не се однапред предвидени и вградени во програмот на роботот
- потребни се дополнителни мерки на заштита како на луѓето оператори што работат крај роботите, така и на останатите уреди од нивната околина поради несоодветни или погрешни дејствија на роботот, губиток на напојување, оштетување на роботот, неспособност за донесување конкретни одлуки
- иако во одредена смисла и случаи се посупериорни од човекот, роботите имаат огарничени можности во следните случаи: степени слобода на движење, сензори, системи за гледање, одзив во реално време
- роботите се скапи уреди поради: почетната цена на чинење на опремата, цената на чинење на инсталацијата, потребата од периферни уреди, потребата од обучување, потребата за програмирање

1.7. КОМПОНЕНТИ НА ЕДЕН РОБОТ

Роботот, како систем, се состои од следните составни делови, кои заедно прават една целина:

Манипулатор (роботска рака) или **количка** – е основното тело на роботот и се состои од врски, зглобови и други структурни елементи. Без останатите составни делови, манипулаторот сам за себе не претставува робот.

Краен извршен елемент – е делот што се приклучува на последниот зглоб од роботската рака и служи за фаќање предмети, поврзување со други машини и изведување на одредени задачи. Производителите на индустриски работи по правило не ги произведуваат и продаваат овие елементи заедно со роботот. Тоа е задача на инженерите и консултантите на компаниите купувачи, кои треба да ги проектираат и инсталираат завршните елементи на роботските манипулатори во зависност од нивната конкретна примена и услови на работа. Примери за конкретни завршни елементи се: пиштолот за прскање боја, пламеникот за заварување, истискувачот на лепило.

Актуатори – се „мускулите“ на манипулаторите. Најчесто тоа се сервомотори, чекорни мотори, пневматски и хидраулични цилиндри. Постојат и други видови актуатори кои се користат во специјални намени. Актуаторите ги управува соодветен регулатор, односно управувачки уред.

Сензори – се елементи кои служат да обезбедат информации за внатрешната состојба на роботот или за комуникација со надворешната средина. Значи може да се зборува за два вида сензори: внатрешни, вградени во самиот робот и надворешни. Управувачкиот дел од роботот мора да „знае“ каде се наоѓа секој негов крак и зглоб, за да може точно да ја одреди конфигурацијата на роботот. Овие информации ги обезбедуваат внатрешните сензори на роботот. Надворешните сензори му овозможуваат на роботот да комуницира со надворешната средина. Такви се: системи за гледање, сензори за допир, синтизајзери на говор и др.

Управувачки елемент – е уред кој ја управува работата на актуаторите и го координира движењето на роботот врз основа на повратните информации од внатрешните сензори. По својата улога може да се спореди со `рбетниот мозок кај човекот кој, иако ја нема моќта на големиот мозок, сепак ги управува и координира движењата на човекот. Следниот пример е добра илустрација на неговата улога кај една роботска рака. Нека, на пример, за да подигне одреден предмет, роботската рака треба да го има првиот зглоб поставен под агол од 35^0 . Доколку почетната положба на првиот зглоб не се поклопува со саканата, управувачкиот елемент на раката испраќа сигнал до актуаторот на првиот зглоб (струен сигнал во случајот на електричен мотор, дотек на воздух во пневматскиот цилиндер, сигнал до хидрауличниот серво-вентил) кој ќе го придвижи актуаторот. Внатрешниот сензор поврзан со првиот зглоб од раката (потенциометар, енкодер и сл.) ја мери промената на аголот на зглобот и резултатот од мерењата го испраќа до управувачкиот елемент во вид на повратна информација. Кога аголот на првиот зглоб ќе ја постигне саканата вредност, сигналот од управувачкиот елемент се прекинува. Кај посовршените работи, управувачкиот елемент ги управува и брзината на движење и применетата сила на роботската рака.

Процесор – е „мозокот“ на роботот. Тој ги пресметува движењето на зглобовите на роботот, одредува во која мерка и колку брзо треба да се придвижи секој зглоб за да ја постигне саканата положба и брзина, и го надгледува координираното дејствување на управувачкиот елемент и сензорите. Општо земено, процесорот е пресметувач кој работи како и секој друг пресметувач, но има специјална задача. Следствено, процесорот на роботот ги има истите можности и ограничувања како и секој стандарден пресметувач и како и секој друг пресметувач мора да поседува соодветен оперативен систем, програми и периферни уреди (како, на пример, монитори).

Битно е да се истакне дека кај многу работи управувачкиот елемент и процесорот се сместени во иста единица. Меѓутоа, иако овие два елемента се во исто куќиште, па дури и се интегрирани во една изведба, имаат две различни функции.

Софтвер (програмска поддршка) – се главно три типа софтвер што се користат кај роботите. Првиот е оперативен систем кој го управува компјутерот. Вториот е софтверот

кој го пресметува движењето на секој зглоб од роботот врз основа на неговите кинематски равенки и испраќа соодветна информација до управувачкиот елемент на роботот. Овој софтвер може да биде на различно ниво, од машински јазик до софистицирани јазици кои ги користат современите работи. Третиот тип го чинат апликативни програми и збир рутини кои се наменети за изведување специфични задачи или за примена на периферните уреди на роботот како, на пример, рутини за „гледање“.

1.8. СТЕПЕНИ СЛОБОДА НА ДВИЖЕЊЕ НА ЕДЕН РОБОТ

За да се определи положбата на една точка во просторот потребно е да се зададат нејзините три координати во избраниот референтен координатен систем. На пример, тоа се x , y и z координатите во Декартовиот правоаголен координатен систем. Без оглед на тоа што координатите на една точка можат да се изразат во различни координатни системи, секогаш се потребни и доволни само три координати за положбата на точката во просторот наполно да биде определена – помалку од три координати се недоволни за да се определи положбата на точка во просторот, а повеќе од три не можат да се дефинираат во тридимензионален простор. Во согласност со погоре кажаното, еден тридимензионален уред со три степени слобода на движење треба да биде во состојба произволно одбрана точка да постави во произволно зададена положба во рамките на својот работен простор.

За да се определи положбата на едно цврсто тело (тридимензионален објект) во просторот, потребно е да се определи положбата на една точка од телото, на пример, неговото тежиште. Меѓутоа, постои бесконечен број начини на кои телото може да се ориентира околу избраната точка. Затоа, освен координатите на избраната точка, потребно е да се зададе и ориентацијата на телото во однос на неа, за што се потребни дополнителни три информации. Тоа значи дека положбата на едно цврсто тело во просторот целосно е определена со шест координати. Во согласност со ова, еден робот мора да поседува шест степени слобода на движење да може целосно да постави и ориентира еден објект во својот работен простор; помалку од шест степени слобода на движење значат дека роботот има ограничени можности.

Систем со седум степени слобода на движење нема единствено решение. Тоа значи дека робот со седум степени слобода на движење може да постави даден објект во просторот на бесконечен број начини. За да може да одбере еден конкретен начин од овој бесконечен број, управувачкиот дел на роботот мора да користи дополнителни рутини за одлучување. На пример, тој користи рутина која му овозможува да го одбере најкусиот или најбрзиот пат до саканата положба.

Човечката рака, ако се исклучи дланката со прстите, има седум степени слобода на движење: рамото има 3 степени слобода на движење, лактот има 1 степен слобода на движење и зглобот на шаката има 3 степен слобода на движење.

Во еден роботски систем, завршниот елемент никогаш не се вклучува во степените слобода на движење на системот.

Постојат случаи кога движењето на некој зглоб од роботската рака не може целосно да се управува. На пример, еден линеарен зглоб, придвижуван од пневматски цилиндер, може да реализира само целосно издолжување или целосно собирање на роботската рака. Останатите меѓуположби не се управливи. Во ваков случај на зглобот му се доделува само $\frac{1}{2}$ степен слобода на движење, што значи дека зглобот може да се постави само во одредени позиции во рамките на својот ограничен работен простор (можностите за движење). Друг пример за зглоб со $\frac{1}{2}$ степен слобода на движење е ротационен зглоб кој може да се постави само на одреден агол, на пример, на 0^0 , 30^0 , 60^0 и 90^0 степени. Бидејќи и во овој случај зглобот има ограничени можности, тој поседува само ограничен степен слобода на движење.

1.9. ЗГЛОБОВИТЕ НА ЕДЕН РОБОТ

Зглобовите на еден робот можат да бидат **линеарни**, **ротациони**, **лизгачки** или **сферни**. Најголемиот број работи имаат линеарни или ротациони зглобови. Линеарните зглобови по правило се означуваат со P , ротационите зглобови се означуваат со R , додека сферните зглобови се означуваат со S . Иако сферните зглобови се сретнуваат кај многу системи, тие не се користат често во роботиката освен во истражувачки цели, бидејќи тешко се управуваат.

Линеарните роботски зглобови се изведуваат со хидраулични или пневматски цилиндри, или линеарни електрични актуатори. Иако постојат хидраулични и пневматски ротациони зглобови, ротационите роботски зглобови се задвижуваат најчесто со електрични чекорни или сервомотори.

1.10. РОБОТСКИ КОНФИГУРАЦИИ

Конфигурацијата на еден робот се специфицира преку координатните системи поврзани со неговите зглобови и типот зглобови што ги поседува. Роботска рака што поседува 3 линеарни и 3 ротациони зглоба се означува со 3P3R. Кај роботските раце најчесто се сретнуваат следните конфигурации:

Правоаголна конфигурација 3P - роботот има три линеарни зглобови за позиционирање на завршниот елемент и дополнителни ротациони зглобови за негово ориентирање во просторот.

Цилиндрична конфигурација R2P - роботот има два линеарни зглоба за позиционирање на завршниот елемент и еден ротационен, како и дополнителни ротациони зглобови за негово ориентирање во просторот.

Сферна конфигурација 2RP - роботот има два ротациони зглоба за позиционирање на завршниот елемент и еден линеарен, како и дополнителни ротациони зглобови за негово ориентирање во просторот.

Антропоморфна конфигурација 3R - роботот има три ротациони зглоба, слично како и човечката рака.

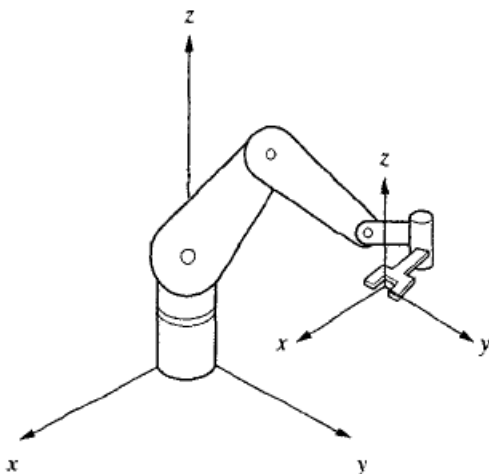
SCARA работи (Selective Compliance Assembly Robot Arm) - SCARA роботите имаат два паралелни ротациони зглоба, кои им дозволуваат движење во хоризонталната рамнина и еден линеарен, кој се движи вертикално.

1.11. КООРДИНАТНИ СИСТЕМИ НА ЕДЕН РОБОТ

Движењето на еден робот се претставува во соодветен координатен систем. Со еден робот можат да се придружат повеќе координатни системи. Тогаш движењето на роботот е различно во секој од тие координатни системи. Вообичаено, движењето на еден робот се прикажува во некој од следните три координатни системи:

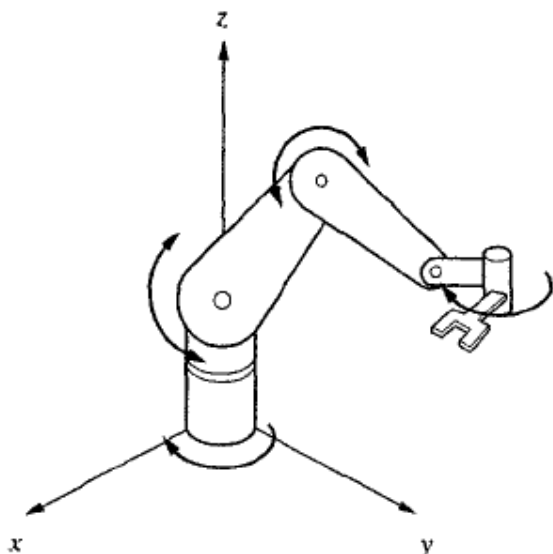
- Универзален координатен систем
- Координатен систем на зглобовите
- Координатен систем на завршниот зглоб на раката

Универзален координатен систем. Тој е дефиниран со x , y и z - оската. Кога движењето на роботската рака е претставено во овој координатен систем, нејзините зглобови се придвижуваат симултано долж трите координатни оски. Во универзалниот координатен систем, прикажан на сл.1.1, без оглед каде се наоѓа завршниот елемент на роботската рака, позитивно x движење е секогаш движење во позитивна насока долж x -оската. Се користи кога треба да се определи движењето на роботот во однос на другите објекти во просторот, да се дефинира положбата на другите делови и машини со кои комуницира конкретниот робот и да се дефинираат патеките на движење на роботот.



Сл.1.1. Универзален координатен систем

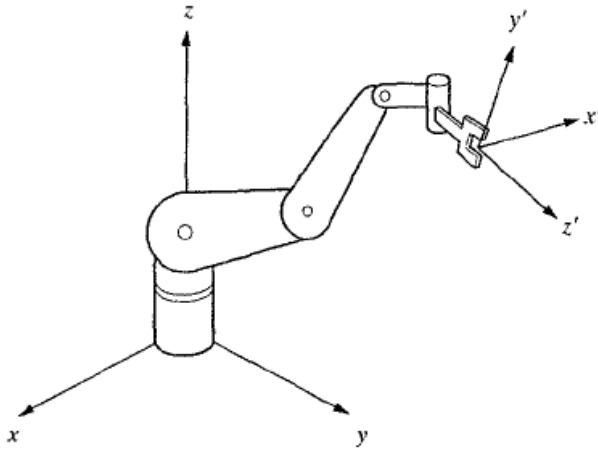
Координатен систем на зглобовите. Прикажан е на сл.1.2. Се користи кога треба да се определи движењето на секој од зглобовите на роботот одделно. Нека, на пример, роботската рака треба да се постави во одредена положба (позиција и ориентација во просторот). Движењето може да се изведе така што секој од зглобовите на раката ќе се придвижи посебно и последователно. Во ваков случај, секој од зглобовите на роботската рака може да се набљудува одделно, зошто во еден момент се движи само еден зглоб од раката. Зависно од типот на зглобовите на раката (призматични, ротациони или сферни), движењето на роботот ќе биде различно. На пример, ако се работи за ротационен зглоб, движењето на раката ќе биде по круг дефиниран со оската на зглобот.



Сл.1.2. Координатен систем на зглобовите

Координатен систем на завршниот зглоб на раката. Прикажан е на сл.1.3. Го одредува движењето на роботската рака во однос на координатниот систем придружен со нејзиниот последен зглоб. Координатните оски x' , y' и z' кои се придружени со последниот зглоб од роботската рака го одредуваат движењето на раката во однос на овој локален координатен систем. За разлика од универзалниот координатен систем, локалниот координатен систем (x', y', z') се движи заедно со роботската рака. Ако се набљудува роботската рака од сл.1.3, може да се забележи дека исто позитивно движење долж x' -оската ќе биде нагоре, доколку раката е завртена нагоре, и ќе биде надолу, доколку раката е завртена надолу. Со други зборови, овој координатен систем е подвижен и се менува со движењето на раката, така што движењата на раката во однос на овој координатен систем се различни, во зависност од тоа во која положба се наоѓа раката и каква е ориентацијата на самиот координатен систем. Во овој координатен систем сите зглобови на раката се движат симултано со цел да обезбедат нејзино координирано движење во однос на локалниот координатен систем. Тој е многу полезен при програмирањето на роботите,

кога роботот треба да се приближи до други објекти или оддалечи од нив, и кога треба да составува делови.



Сл.1.3. Координатен систем на крајниот зглоб од раката