

SCARA robot munkatere és pályagenerálás

1. A gyakorlat célja

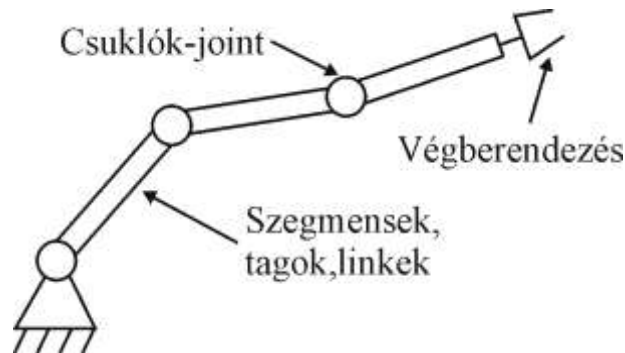
Egy SCARA robotkar munkatere korlátainak meghatározása felhasználva az direkt geometriai feladatot megoldó programot. SCARA robot előírt, világkoordinátákban megadott pályájának megfelelő csuklószögek megkeresése felhasználva az inverz geometriai feladatot megoldó szoftvert.

2. Elméleti bevezető

2.1. Robotikai alapfogalmak

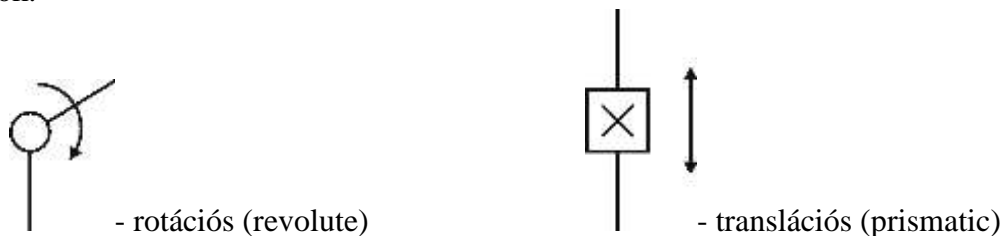
A robotkar, mint mechanizmus két részből áll:

- Végberendezés – az eszköz, amellyel a robot hat a környezetére (megfogó, megmunkáló eszköz)
- Artikulált mechanikai rendszer – amely a végberendezést az adott pozícióba eljuttatja. Részei: csuklók és szegmensek



1. Ábra: Nyílt láncú robotkar részei

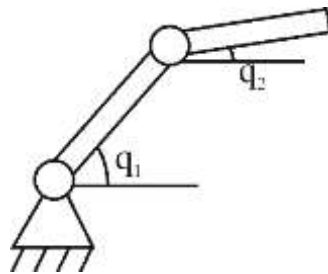
A fenti ábrán látható robot *nyílt láncú*, de vannak *zárt láncú*, párhuzamos robotok is. *Csuklók*: a szomszédos *szegmenseket* kötik össze. Lehetnek: rotációs vagy translációs csuklók.



2. Ábra: Elemi csuklók

Csuklóváltozók tere: (konfigurációs tér)

- Az a tér, amelyben ábrázoljuk a szegmensek összes lehetséges pozícióját.



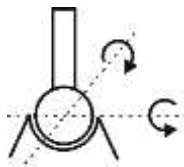
$$\underline{q} = \begin{pmatrix} q_1 \\ q_2 \end{pmatrix}$$

3. Ábra: Kétszabadságfokú robotkar – csuklóváltozók tere

A tér dimenziója – a robot szabadságfoka – Degree Of Freedom (*DOF*).

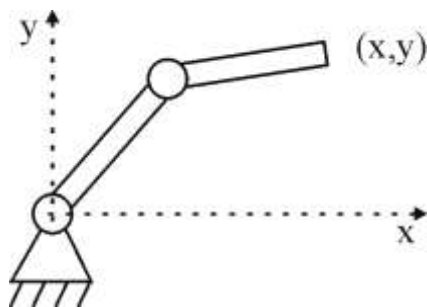
- Ez nem biztos, hogy egyenlő a csuklók számával. Egy csuklónak lehet akár több szabadságfoka is.

Pl. Gömbcsukló – ez két csukló mozgását oldja meg



4. Ábra: Gömbcsukló

Munkatér: Az a tér, amelyben leírjuk a végberendezés összes lehetséges pozícióját



$$\underline{x} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \in \mathfrak{R}^M$$

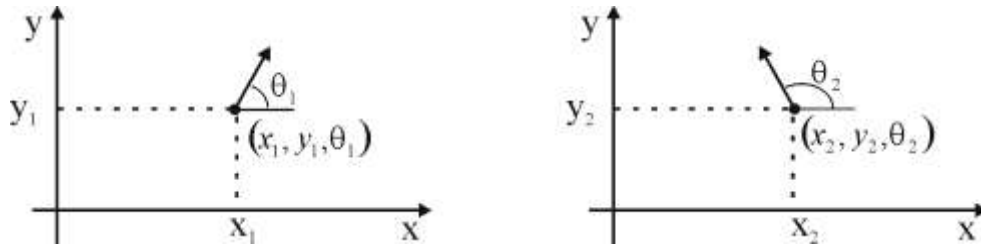
5. Ábra: Kétszabadságfokú robotkar – munkatér tere

M – azoknak a független változóknak a száma, amelyek leírják a végberendezés pozícióját

Fontos összefüggések

- I. $M \leq 6$ (3 változó a pozíció a térben, 3 az orientáció leírására)

Példa: Feltételezzük, hogy síkban vagyunk – itt $M \leq 3$



6. Ábra: Munkatér síkban

II. $M \leq N$

A robot szabadságfokainak száma nagyobb is lehet a munkatér dimenziójánál. Az ilyen robotokat *redundáns* robotoknak hívjuk. Ezekre jellemző, hogy a végberendezés egy pozíciójának több csuklókonfiguráció is megfelel.

A szabadságfok meghatározása

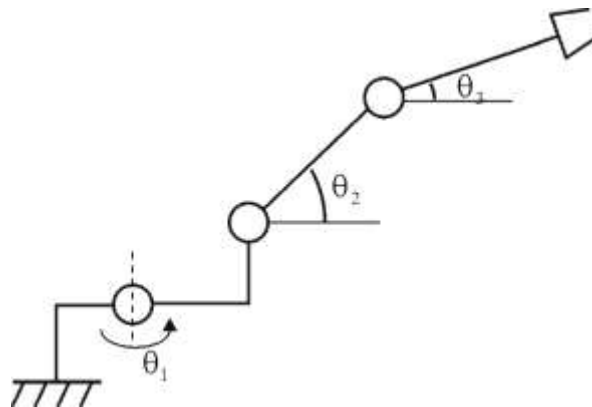
- Ahhoz, hogy egy tárgyat tetszőleges orientációval, tetszőleges pozícióban elhelyezzük a munkatérben, a szabadságfokok száma 6 kell legyen
- Bizonyos alkalmazásoknál ez nem szükséges. Például:
 - ha a mozgatott tárgy hengersizmetrikus, akkor elég öt szabadságfok
 - NYÁK (nyomtatott áramkör) beültetésnél általában elég négy. (x, y, z, forgatás z körül, lásd SCARA robotkar)
- Redundáns robotokat általában akkor használunk, ha a robot „be kell nyúljon” a berendezésbe
- Tehát a megválasztás függ a végberendezéstől és az alkalmazástól, de általában törekszünk az általánosságra.

Lehetséges architektúrák: Kérdés, hogy hogyan következzenek egymás után a robotban a prizmatikus és rotációs csuklók.

A bázishoz közeli csuklók valósítják meg a végberendezés elhelyezését a térben. A végberendezéshez közeli csuklók felelősek az orientációért.

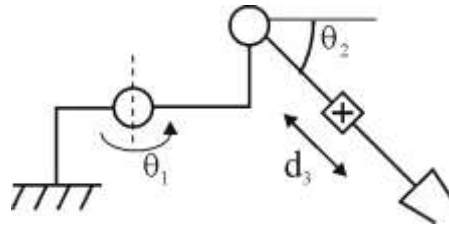
Nagyon sok kombináció létezhet, a gyakorlatban azonban csak egy néhány terjedt el:

1. RRR



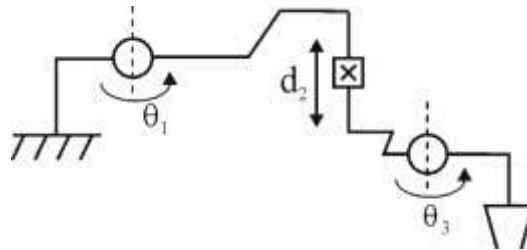
7. Ábra: RRR architektúra

2. RRP



8. Ábra: RRP architektúra

3. RPR



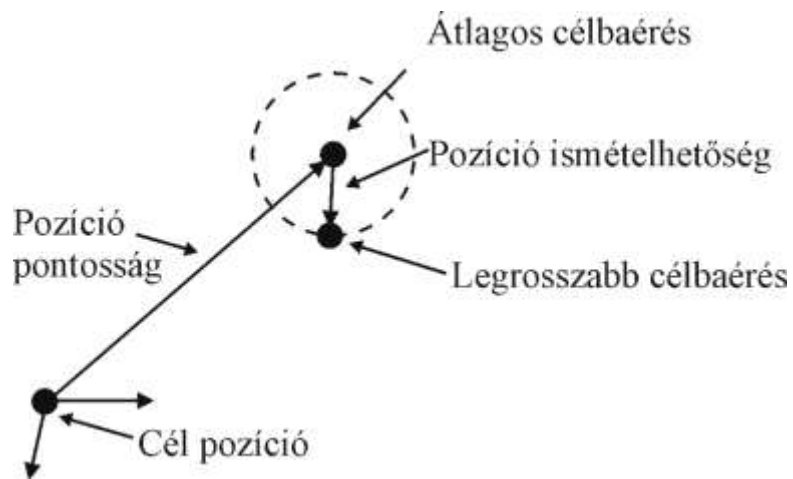
9. Ábra: RPR architektúra

4. PPP: Egymás után három translációs csukló az x, y, z térbeli koordináták mentén

2.2 A robotok jellemzői

Az ISO9946 kötelezi a robotgyártókat az alábbi jellemzők megadásására:

- *Munkatér*: az a tér, amelyben a végberendezés mozoghat. Függ:
 - o A szabadságfokoktól
 - o A karok hosszától
 - o Mechanikai felépítéstől
- *Hasznos tömeg (payload)*: a maximális tömeg, amit a végberendezés mozgatni képes



10. Ábra: Robotok jellemzőinek szemléltetése

- *Pozíció pontosság (position accuracy)*: az átlagkülönbség az előírt és a valós pozíció között, amikor a robotot különböző kiinduló pozíciókból kívánjuk az előírt pozícióba vinni
- *Pozíció ismételtetőség (position repeatability)*: a pontosság, amellyel a robot visszatér az előírt pozícióba. Definíció szerint a távolság az átlagpozíciótól és a legtávolabbi pozíciótól, miközben több kiindulópontból kívánjuk a célt elérni
- *Felbontás*: a legkisebb távolság, amit a robot képes megtenni

2.3 Az MTAB SCARA

A következőkben egy oktatási célra használt SCARA típusú robot, az MTAB cég *Quest* modellje lesz vizsgálva, ez laboratóriumi felszerelésként található a Sapientia egyetem robotvezérlés laboratóriumában.



11.ábra. Az MTAB-Quest robotkar

A SCARA robot leírása: A SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm) egy viszonylag kívánatos robot kialakítás bizonyos ipari műveletekhez.

1981-ben egy új elképzelés volt bemutatva a soros robotokkal kapcsolatban, a robot Hiroshi Makino, a Yamanashi egyetem professzora irányítása alatt volt kifejlesztve. A kar merev a Z tengelyen és könnyen irányítható az XY síkban.

A SCARA párhuzamos tengelyű csukló elhelyezkedésének alapján a kar kissé engedékeny az X-Y irányokban, de merev a Z irányban. Ez előnyös többféle összeszerelési műveletben, mint például egy csap behelyezése lyukba.

A robotkar másik tulajdonsága a csuklóval összekötött, két láncszemből álló kar, amely az emberi kart próbálja utánozni, ebből következik az *artikulált* elnevezés. Ez a sajátosság engedi meg a karnak, hogy szűkebb területekre nyúljon, majd visszahúzódjon. Ez előnyös darabok áthelyezésére egyik helyről a másikra. Ezek a robotok általában gyorsabbak és tisztábbak, mint a velük összehasonlított Cartesian rendszerek (PPP robotok). Az egyetlen talapzat rögzítése egy kis felületnyi helyet igényel, és egy egyszerű, akadálymentes rögzítést biztosít. Másrészt a SCARA-k drágábbak, mint a Cartesian rendszerek, és a vezérlési szoftver inverz kinematikát igényel a lineáris interpolációs mozgásokhoz. Ez a szoftver általában a robottal együtt érkezik a csomagban és elég átlátható a felhasználó számára.

3. A mérés menete

A feladatokat a *RobotGeometryProj* tervben oldjuk meg. Az *InverseGeometry* és a *DirectGeometry* függvények már implementálva kell legyenek a megoldáshoz.

1. Feladat: 11. Ábrán látható SCARA robot az alábbi Denavit Hartenberg paraméterekkel.

1. Táblázat: SCARA Denavit Hartenberg paraméterei

i	θ	d	a	α
1	q_1	0	0,3	0
2	q_2	0	0,3	0
3	0	-d	0	0

A q_1 szög tartománya -135 fok ... 135 fok, a q_2 szögtartománya -120 fok ... $+120$ fok. Keressük meg az X-Y síkban a munkatér maximális és minimális határát és az ezeknek megfelelő szögeket:

- X_MAX, Y_X_MAX, Q1_X_XMAX, Q2_X_MAX
- X_MIN, Y_X_MIN, Q1_X_XMIN, Q2_X_MIN
- Y_MAX, X_Y_MAX, Q1_Y_XMAX, Q2_Y_MAX
- Y_MIN, X_Y_MIN, Q1_Y_XMIN, Q2_Y_MIN

A feladat visszavezethető egy vektorban a maximális elem megkeresésének problémájához:

- A megoldásához bejárjuk a q_1 és q_2 szögtartományokat egy előírt felbontással (válasszuk száznak)
- Ha az i -ik ciklusban vagyunk és a q tartománya $q_{min} \dots q_{max}$, akkor az aktuális szöget az alábbi képlettel számíthatjuk:

$$q = q_{min} + i / \text{felbontás} (q_{max} - q_{min})$$

- Ezt egy dupla ciklusban implementálva meghívjuk a *DirectGeometry* függvényt az aktuális q_1 , q_2 értékre és meghatározzuk a T mátrixot mindegyik értékre.
- Az aktuális x és y értékek az T mátrix (1,4) és (2,4) elemei.
- Ezeket összehasonlítjuk az aktuális maximális/minimális értékekkel és ha nagyobbak-kisebbek, akkor elmentjük őket illetve a nekik megfelelő szögértékeket
- Kiíratjuk az eredményeket.

2. *Feladat:* Írjunk egy programot, amely az X_MIN , Y_X_MIN pozíciót az X_MAX , Y_X_MAX pozíciót összekötő szakasznak megfelelő csuklópályákat kigenerálja.

- A megoldáshoz a szakaszt felbontjuk 100 pontra, és mindenik pontra megkeressük a megfelelő csuklópályákat.
- A pontok x koordinátái egy i futóindex függvényében:

$$x = x_{min} + i / \text{felbontás} (x_{max} - x_{min})$$

- A megoldáshoz az *InverseGeometry* függvényt használjuk, Válasszuk a bemeneti paramétereket:

$Max_Iteration = 1000$

$Error_Tolerance = 1E-7$

$G_desired$ – tartalmazza az aktuális pont x és y koordinátáit

Q_0 – az előző iterációban megkapott eredmény

Vegyük észre, hogy a legelső pontban (X_MIN , Y_X_MIN) a koordinátákat már meghatároztuk az 1. Feladatban.

- Kiíratjuk az eredményt.

4. *Kérdések és feladatok*

1. A munkatér meghatározásánál növeljük meg a felbontást másfélszeresére. Mennyivel nő meg a megoldás pontossága?
2. Oldjuk meg a pályagenerálás feladatát egy 0.3 méter átmérőjű körpályára.
3. Vegyük észre, hogy a számítási pontosság X_MAX , Y_X_MAX pontok környékén leromlik. Miért?