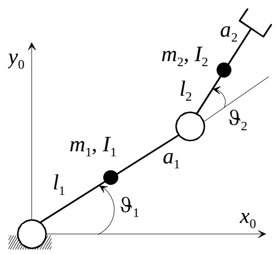
Controllo del moto e robotica industriale

Prof. Paolo Rocco

Dinamica del manipolatore

Esercizio 1 (dinamica inversa)



Si consideri il manipolatore planare a due gradi di mobilità riportato in figura. Si assumano i seguenti valori per i parametri geometrici e fisici dei bracci:

lunghezze: $a_1 = a_2 = 1$ m

distanze dei baricentri dagli assi dei giunti: $l_1 = l_2 = 0.5$ m

masse: $m_1 = m_2 = 50$ kg

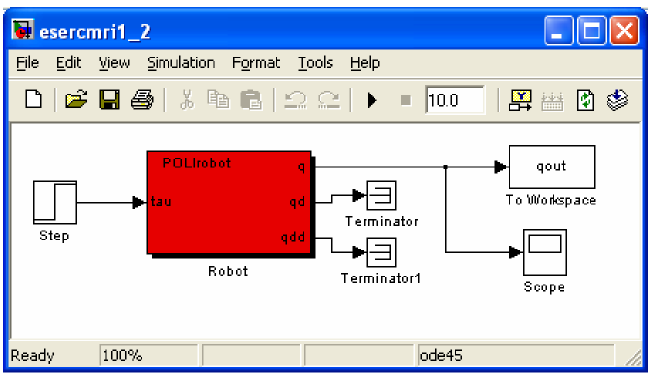
momenti di inerzia baricentrali intorno ad un asse parallelo a $\mathbf{z}_0$: $I_1 = I_2 = 10$ kg m^2

1. Con il costrutto **`link`** si istanzino in Matlab i due link del manipolatore, sulla base dei loro parametri di Denavit Hartenberg;
2. Si attribuiscano ai bracci i parametri fisici sopra riportati. Per una lista dei parametri assegnabili, si usi il comando **`showlink`**`(braccio)` dove `braccio` è il nome dell'oggetto creato dall'istruzione `link`. Per il corretto funzionamento di tutte le procedure, è necessario assegnare anche il rapporto di trasmissione (parametro G: lo si imposti a 1) ed il momento di inerzia del motore (parametro Jm: lo si imposti a 0);
3. Con il costrutto **`robot`** si istanzi il manipolatore nel suo complesso. Si tenga conto che la gravità agisce lungo l'asse $\mathbf{y}_0$;
4. Mediante un calcolo di cinematica inversa (funzione **`ikine`**), si determinino i valori degli angoli corrispondenti ad una collocazione dell'organo terminale nel punto (0.2, 0) nella postura a gomito basso;
5. Con l'istruzione **`jtraj`** si calcoli una traiettoria di durata 0.5 s che, a partire dalla configurazione precedentemente determinata, faccia compiere agli angoli un'escursione $\Delta q_1 = \pi/2$ rad, $\Delta q_2 = -\pi$ rad.
6. Con l'istruzione **`rne`** si calcolino le coppie ai giunti corrispondenti ai profili di posizione, velocità ed accelerazione determinati al punto precedente;
7. Con le istruzioni **`itorque`**, **`coriolis`** e **`gravload`** si calcolino i contributi di coppia dovuti ai termini inerziali, centrifughi e di Coriolis, e gravitazionali, rispettivamente. Si confrontino i contributi su ciascun giunto;
8. Con l'istruzione **`inertia`** si calcoli la matrice di inerzia lungo la traiettoria e si valuti la variabilità dei suoi coefficienti.

Esercizio 2 (dinamica diretta)

Ancora con riferimento al manipolatore dell'esercizio precedente, si vogliono simulare i seguenti transitori:

1. caduta libera, a partire dalla configurazione di braccio tutto esteso;
2. a partire da una situazione di equilibrio statico a braccio tutto esteso, annullamento dopo un secondo, per esempio a seguito di un guasto, della coppia agente sul secondo giunto .



Si utilizzi per le simulazioni lo schema Simulink riportato in figura[1], dove per il primo transitorio l'ingresso di coppia va annullato.

Si visualizzi poi il risultato delle simulazioni con l'ausilio di un'animazione, utilizzando il comando **`plot`** applicato al robot.

1 Il blocco che simula il robot può essere preso da una delle demo Simulink (ad esempio demo1) del Robotics Toolbox. Se la demo non si avvia, occorre includere nel path di Matlab (menu File/Set Path) il folder in cui è installato il toolbox, unitamente ai suoi subfolders

Esercizio 3 (identificazione dei parametri dinamici)

Si vuole verificare l'efficacia della procedura nota per l'identificazione dei parametri dinamici del manipolatore, rispetto ai quali il modello è lineare. Si ricorda che il vettore dei parametri è dato, nel caso in esame, da:

$$\boldsymbol{\pi} = \begin{bmatrix} \pi_1 & \pi_2 & \pi_3 & \pi_4 & \pi_5 \end{bmatrix}^T$$
$$\pi_1 = m_1 l_1$$
$$\pi_2 = I_1 + m_1 l_1^2$$
$$\pi_3 = m_2$$
$$\pi_4 = m_2 l_2$$
$$\pi_5 = I_2 + m_2 l_2^2$$

1. Considerando di nuovo la traiettoria utilizzata nell'esercizio 1, si costruisca, sulla base dei valori di posizione, velocità ed accelerazioni dei giunti, il regressore $\boldsymbol{Y}$ ad ogni istante di tempo. Si ricorda che nel caso in esame, l'espressione del regressore è la seguente:

   $$\boldsymbol{Y}(\boldsymbol{q},\dot{\boldsymbol{q}},\ddot{\boldsymbol{q}}) = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & y_{13} & y_{14} & y_{15} \\ 0 & 0 & 0 & y_{24} & y_{25} \end{bmatrix}$$
   $$y_{11} = g c_1$$
   $$y_{12} = \ddot{\vartheta}_1$$
   $$y_{13} = a_1^2 \ddot{\vartheta}_1 + a_1 g c_1$$
   $$y_{14} = 2 a_1 c_2 \ddot{\vartheta}_1 + a_1 c_2 \ddot{\vartheta}_2 - 2 a_1 s_2 \dot{\vartheta}_1 \dot{\vartheta}_2 - a_1 s_2 \dot{\vartheta}_2^2 + g c_{12}$$
   $$y_{15} = \ddot{\vartheta}_1 + \ddot{\vartheta}_2$$
   $$y_{24} = a_1 c_2 \ddot{\vartheta}_1 + a_1 s_2 \dot{\vartheta}_1^2 + g c_{12}$$
   $$y_{25} = \ddot{\vartheta}_1 + \ddot{\vartheta}_2$$

2. Si costruisca la matrice:

   $$\overline{\boldsymbol{Y}} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{Y}(t_1) \\ \vdots \\ \boldsymbol{Y}(t_N) \end{bmatrix}$$

3. Sulla base dei valori di coppia ai giunti, si costruisca la matrice:

   $$\overline{\boldsymbol{\tau}} = \begin{bmatrix} \overline{\tau}(t_1) \\ \vdots \\ \overline{\tau}(t_N) \end{bmatrix}$$

4. Utilizzando la funzione `pinv` di Matlab per il calcolo della matrice pseudo-inversa, si risolva l'equazione in $\boldsymbol{\pi}$:

   $$\overline{\boldsymbol{\tau}} = \overline{\boldsymbol{Y}} \boldsymbol{\pi}$$

   e si confronti il risultato con i valori effettivamente assunti dai parametri dinamici.