



Μάθημα: "Ρομποτική Ι: Ανάλυση, Έλεγχος, Εργαστήριο" (Ακαδημαϊκό Έτος 2016-17)

Εξαμηνιαία Εργασία: Ρομποτικός Χειριστής τριών στροφικών βαθμών ελευθερίας (Robotic Manipulator with 3 rotational DOF)

Στο Σχήμα 1 εικονίζεται η κινηματική δομή ενός ρομποτικού χειριστή τριών στροφικών βαθμών ελευθερίας $\{q_1, q_2, q_3\}$. Τα μήκη των συνδέσμων $\{l_0, \dots, l_5\}$ θεωρούνται γνωστά και σταθερά. Η κινηματική διάταξη αρχικοποίησης (όπου $q_i=0$, για κάθε $i=1,2,3$) είναι αυτή που εικονίζεται στο Σχήμα 1.

A. Θεωρητική Ανάλυση

1. Να προσδιορισθεί ο πίνακας παραμέτρων **Denavit-Hartenberg** του ρομποτικού βραχίονα.
2. Να γραφεί η **κινηματική εξίσωση** (ευθύ γεωμετρικό μοντέλο) του ρομπότ.
3. Να υπολογιστεί η **ιακωβιανή μήτρα** για τυχαία διάταξη, και να γραφεί το ευθύ διαφορικό κινηματικό μοντέλο του ρομπότ.
4. Να μελετηθεί το **αντίστροφο γεωμετρικό**, καθώς και το **αντίστροφο διαφορικό κινηματικό μοντέλο** του ρομπότ, και να προσδιορισθούν πιθανές ιδιόμορφες διατάξεις του συστήματος (singular configurations).

B. Κινηματική Προσομοίωση

Έστω ότι, για τις ανάγκες μιας ρομποτικής εργασίας, το τελικό σημείο δράσης O_E του εργαλείου του ρομποτικού βραχίονα καλείται να εκτελέσει **ευθύγραμμη κίνηση**, ξεκινώντας από δεδομένο σημείο **A** (x_A, y_A, z_A) και τερματίζοντας σε δεδομένο σημείο **B** (x_B, y_B, z_B).

5. Θεωρούμε ότι τη χρονική στιγμή $t=0$ το τελικό σημείο δράσης του ρομπότ βρίσκεται ήδη στη δεδομένη αρχική θέση A και ότι η επιθυμητή τροχιά του τελικού στοιχείου δράσης πρέπει να διαγραφεί συνολικά εντός 10 secs. Επιθυμητή, επίσης, είναι η ομαλότητα της τροχιάς (χρονική συνέχεια και ως προς την ταχύτητα).

Να σχεδιαστεί **επιθυμητή τροχιά** στο χώρο εργασίας και να εκτελεστεί **κινηματική προσομοίωση** του ρομποτικού χειριστή.

Να δοθούν οι γραφικές παραστάσεις στο χρόνο (plots) των ακολούθων μεγεθών, που επιτυγχάνουν την εκτέλεση της επιθυμητής ρομποτικής εργασίας:

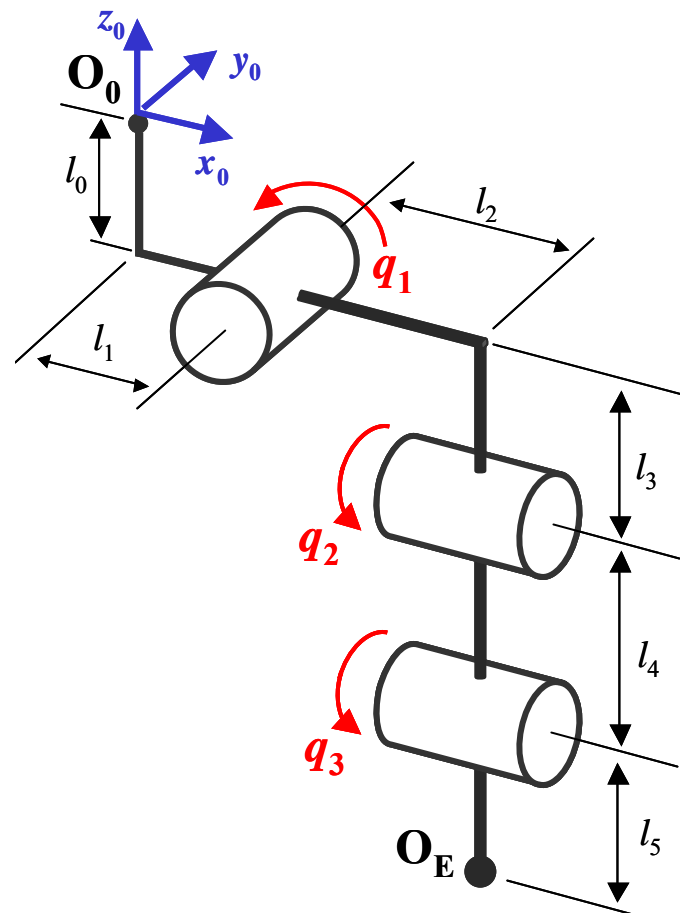
- (α) Το επιθυμητό προφίλ κίνησης του τελικού εργαλείου δράσης, δηλαδή: (1) η επιθυμητή θέση του άκρου (p_{Ex}, p_{Ey}, p_{Ez}) του ρομπότ σε κάθε χρονική στιγμή t , και (2) η γραμμική ταχύτητα του εργαλείου δράσης.
- (β) Οι γωνίες στροφής $\{q_1, \dots, q_3\}$ και οι γωνιακές ταχύτητες $\{\dot{q}_1, \dots, \dot{q}_3\}$ των αρθρώσεων, σε κάθε χρονική στιγμή t , κατά την εκτέλεση της εργασίας.
- (γ) Ένα, τουλάχιστον, διάγραμμα κίνησης που θα εικονίζει μια χρονική ακολουθία ενδιαμέσων διατάξεων της ρομποτικής κινηματικής αλυσίδας κατά την εκτέλεση της εργασίας (από το animation της κίνησης).

Παρατήρηση: Για την κινηματική προσομοίωση μπορεί να υποτεθεί ότι: $z_A=z_B$, $x_A=x_B$, και $l_3=0$. Οι υπόλοιπες διαστάσεις, μήκη συνδέσμων και λοιπά γεωμετρικά στοιχεία του ρομποτικού βραχίονα και της επιθυμητής ρομποτικής εργασίας (συντεταγμένες των σημείων A και B εντός του χώρου εργασίας -workspace), θεωρούνται δεδομένα και μπορεί να είναι της επιλογής σας για τις ανάγκες της κινηματικής προσομοίωσης.

Σημείωση: Είναι επιθυμητό οι συντεταγμένες των σημείων A και B (εντός του χώρου εργασίας) να μπορεί να εισάγονται ως παράμετροι της ρομποτικής εργασίας κατά την εκτέλεση του προγράμματος προσομοίωσης.

Να παραδοθούν: (α) γραπτή αναφορά (report), και (β) τα απαραίτητα αρχεία προγραμμάτων των προσομοιώσεων σε ηλεκτρονική μορφή ("m-files", εάν οι προσομοιώσεις γίνουν με χρήση Matlab).

(Οι εργασίες παραδίδονται ηλεκτρονικά μέσω της ιστοσελίδας του μαθήματος στο <http://mycourses.ntua.gr>)



Σχήμα 1: Κινηματική δομή ρομποτικού χειριστή 3 στροφικών β.ε.