



Μάθημα: "Ρομποτική Ι: Ανάλυση, Έλεγχος, Εργαστήριο" (Ακαδημαϊκό Έτος 2020-21)

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. Εφαρμόζοντας τη μέθοδο **Denavit-Hartenberg (D-H)** να τοποθετηθούν τα πλαίσια αναφοράς των συνδέσμων του βραχίονα και να προσδιοριστεί ο πίνακας των παραμέτρων της μεθόδου.

Για τη συνέχεια της ανάλυσης, υποθέτουμε ότι: $l_3=0$.

2. Να προσδιορισθεί η ευθεία **κινηματική εξίσωση** του ρομπότ.
3. Να προσδιορισθεί η **ιακωβιανή μήτρα** που περιγράφει το ευθύ διαφορικό κινηματικό μοντέλο για δοθείσα διάταξη του ρομπότ.
4. Να μελετηθεί το **αντίστροφο διαφορικό κινηματικό μοντέλο** του ρομπότ ως προς τη γραμμική ταχύτητα του τελικού εργαλείου δράσης, και να προσδιορισθούν οι ιδιόμορφες κινηματικές διατάξεις του συστήματος (singular configurations).
5. Να προσδιορισθεί το **αντίστροφο γεωμετρικό** μοντέλο του ρομποτικού βραχίονα για δεδομένη θέση p_E του τελικού εργαλείου δράσης.

B. Κινηματική Προσομοίωση

Έστω ότι το κέντρο O_E του τελικού εργαλείου δράσης του ρομποτικού βραχίονα καλείται, για τις ανάγκες μιας ρομποτικής εργασίας, να εκτελέσει *περιοδική ευθύγραμμη μετατόπιση* μεταξύ δύο σημείων (στάσης) $P_A (x_A, y_A, z_A)$ και $P_B (x_B, y_B, z_B)$ επί οριζοντίου επιπέδου, απόστασης h από το κέντρο του συστήματος αναφοράς της ρομποτικής βάσης (δηλ. $z_A=z_B=h$).

Θεωρούμε ότι τη χρονική στιγμή $t=0$ το τελικό στοιχείο δράσης του ρομπότ βρίσκεται ήδη (εν στάση) στη δεδομένη αρχική θέση P_A , και ότι η χρονική περίοδος της κίνησής του (μεταξύ των θέσεων P_A και P_B) είναι T secs. Επιθυμητή, επίσης, είναι η ομαλότητα της εκτελούμενης τροχιάς (χρονική συνέχεια συνολικά της τροχιάς και ως προς την ταχύτητα).

6. Να περιγραφεί αναλυτικά ο **σχεδιασμός της επιθυμητής τροχιάς** στο χώρο εργασίας.
7. Να εκτελεστεί **κινηματική προσομοίωση** του ρομποτικού χειριστή και να δοθούν οι γραφικές παραστάσεις στο χρόνο (plots) των ακολούθων μεγεθών, που επιτυγχάνουν την εκτέλεση της επιθυμητής ρομποτικής εργασίας:

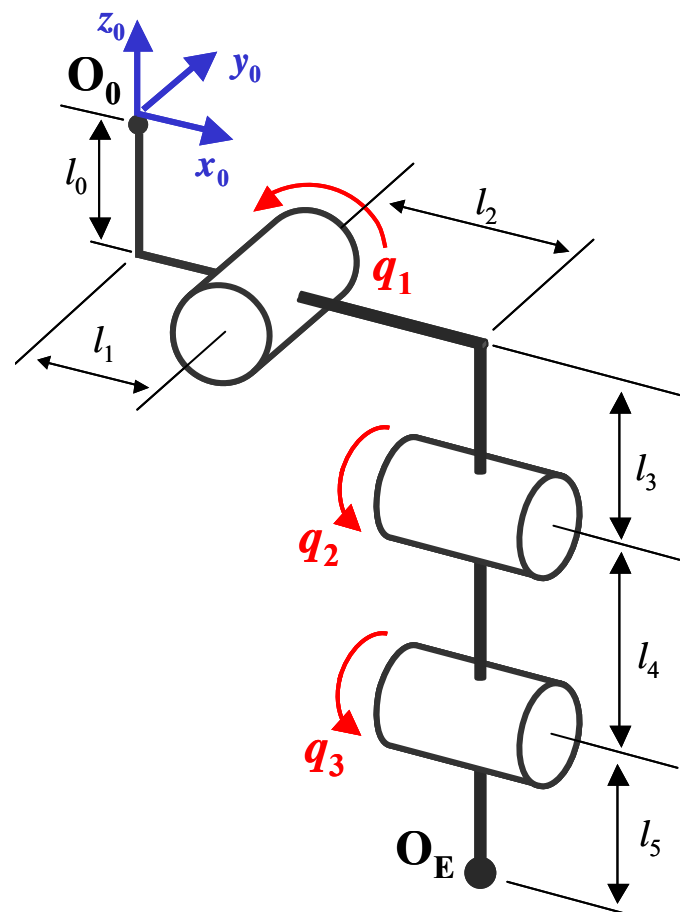
- (α) Το επιθυμητό προφίλ κίνησης του τελικού εργαλείου δράσης, δηλαδή: (1) η επιθυμητή θέση του άκρου (p_{Ex}, p_{Ey}, p_{Ez}) του ρομπότ σε κάθε χρονική στιγμή t , και (2) η γραμμική ταχύτητα του εργαλείου δράσης.

- (β) Οι γωνίες στροφής $\{q_1, q_2, q_3\}$ και οι γωνιακές ταχύτητες $\{\dot{q}_1, \dot{q}_2, \dot{q}_3\}$ των αρθρώσεων, σε κάθε χρονική στιγμή t , κατά την εκτέλεση της εργασίας.
- (γ) Ένα, τουλάχιστον, διάγραμμα κίνησης που θα εικονίζει μια χρονική ακολουθία ενδιάμεσων διατάξεων της ρομποτικής κινηματικής αλυσίδας κατά την εκτέλεση της εργασίας (από το animation της κίνησης).

Παρατήρηση: Για την κινηματική προσομοίωση υποθέτουμε ότι: $l_0=l_1=0$ καθώς και $l_3=0$. Οι υπόλοιπες διαστάσεις, μήκη συνδέσμων και λοιπά γεωμετρικά στοιχεία του ρομποτικού βραχίονα καθώς και παράμετροι της επιθυμητής ρομποτικής εργασίας (συντεταγμένες των σημείων P_A και P_B εντός του χώρου εργασίας –workspace, περίοδος T , απόσταση h), θεωρούνται δεδομένα και μπορεί να είναι της επιλογής σας για τις ανάγκες της κινηματικής προσομοίωσης.

Παραδοτέα: (α) γραπτή αναφορά (report σε PDF), (β) τα απαραίτητα αρχεία προγραμμάτων των προσομοιώσεων σε ηλεκτρονική μορφή (“m-files”, εάν οι προσομοιώσεις γίνουν με χρήση Matlab).

Υποβολή εργασιών: Οι εργασίες υποβάλλονται αποκλειστικά ηλεκτρονικά μέσω της ιστοσελίδας του μαθήματος στο <mycourses.ntua.gr>.



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