



## Μάθημα: "Ρομποτική Ι: Ανάλυση, Έλεγχος, Εργαστήριο" (Ακαδημαϊκό Έτος 2015-16)

### 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  $\{l_1, l_2, l_3\}$  θεωρούνται γνωστά και σταθερά. Η μηδενική 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 υπολογιστεί 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 το τελικό σημείο δράσης  $O_E$  του εργαλείου του ρομποτικού βραχίονα καλείται, για τις ανάγκες μιας ρομποτικής εργασίας, να εκτελέσει ένα πλήρες τόξο κύκλου με κέντρο δεδομένο σημείο  $p_c$  και ακτίνα  $r$  (ξεκινώντας δηλαδή από δεδομένο σημείο A, να διαγράψει έναν πλήρη κύκλο επιστρέφοντας στο ίδιο σημείο, όπως εικονίζεται στο Σχήμα 1). Θωρούμε το επίπεδο του διαγραφόμενου κύκλου παράλληλο στο οριζόντιο επίπεδο στο χώρο εργασίας του ρομποτικού χειριστή.

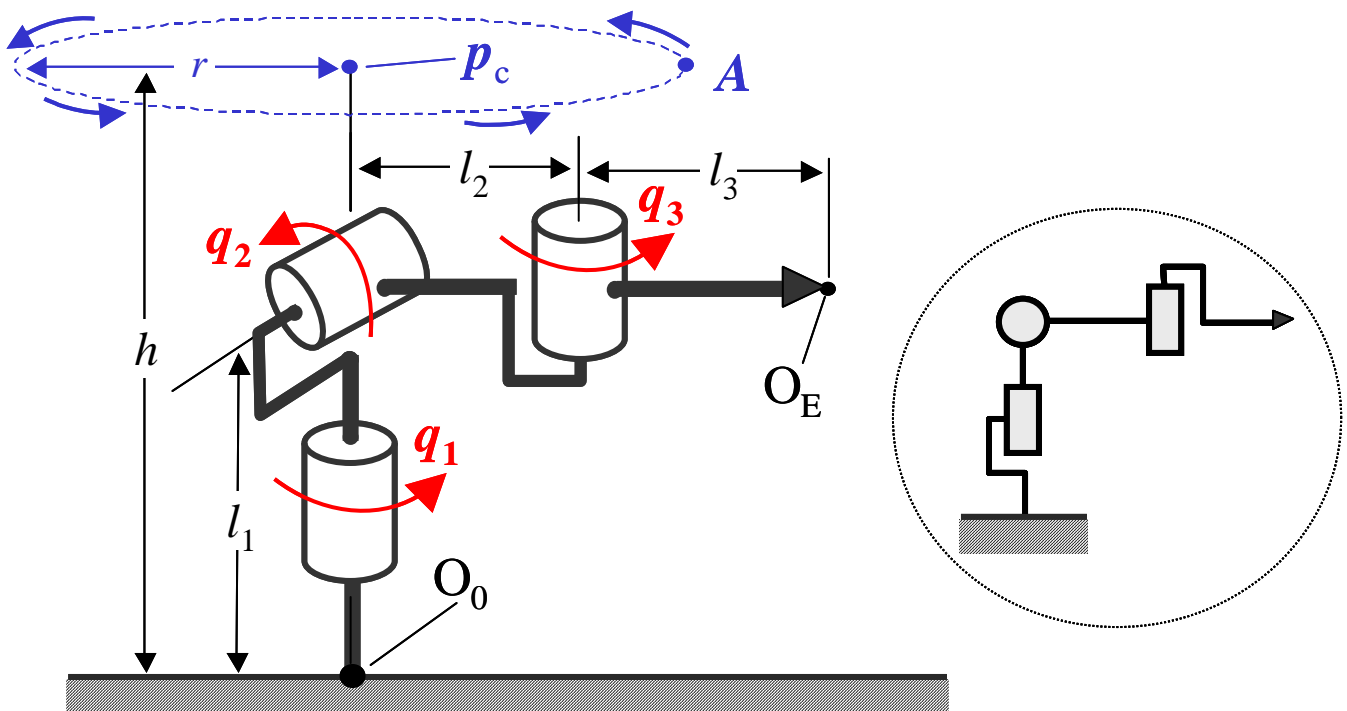
5. Θεωρούμε ότι τη χρονική στιγμή  $t=0$  το τελικό στοιχείο δράσης του ρομπότ βρίσκεται ήδη σε δεδομένη αρχική θέση A πάνω στον κυκλικό δρόμο, και ότι η επιθυμητή τροχιά του τελικού στοιχείου δράσης πρέπει να διαγραφεί συνολικά εντός 10 secs. Επιθυμητή, επίσης, είναι η ομαλότητα της τροχιάς (χρονική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

Να 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 και γωνιακή 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 ενδιάμεσων διατάξεων της ρομποτικής κινηματικής αλυσίδας κατά την εκτέλεση της εργασίας (από το animation της κίνησης).

Παρατήρηση: Οι διαστάσεις, μήκη συνδέσμων και λοιπά γεωμετρικά στοιχεία του ρομποτικού βραχίονα και της επιθυμητής ρομποτικής εργασίας, θεωρούνται δεδομένα και είναι της επιλογής σας για τις ανάγκες της κινηματικής προσομοίωσης.

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



Σχήμα 1: Κινηματική δομή ρομποτικού χειριστή 3 στροφικών θ.ε. και διάταξη ρομποτικής εργασίας