MYE031 – Ρομποτική

Εργασία 2023-2024

Αριστείδης Παναγιώτου AM: 4754 E-mail: cs04754@uoi.gr

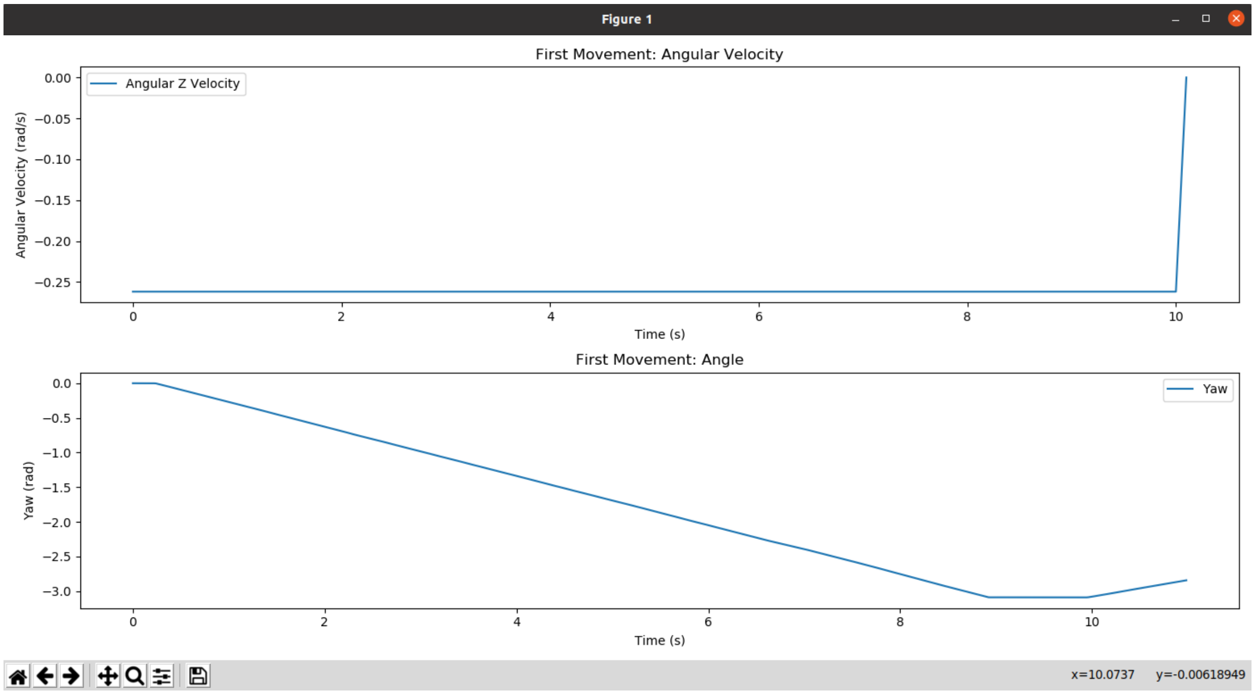
Ηλίας Βαρθαλίτης AM: 4637 E-mail: cs04637@uoi.gr

Περιεχόμενα

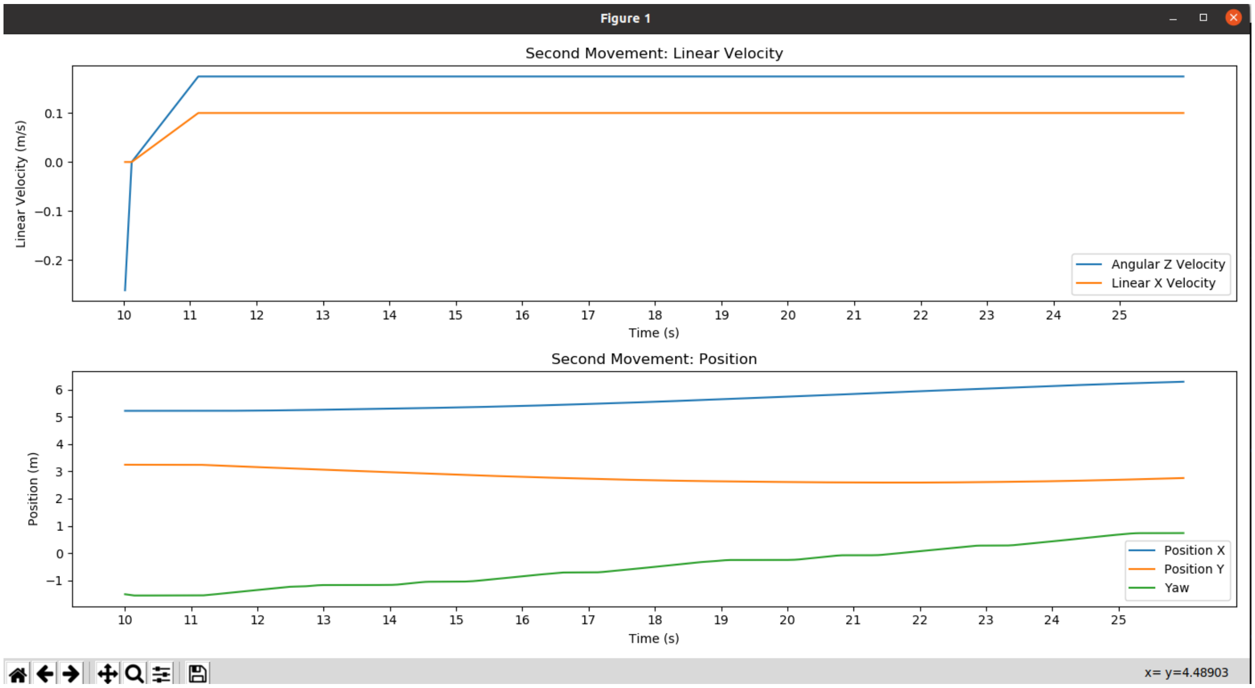
Θέμα 1

Ερώτημα 1

Για την πρώτη κίνηση εφαρμόζουμε για χρόνο 10s γραμμική ταχύτητα 0 m/s και γωνιακή -15° /s ή -0.261799 rad/s και παίρνουμε τα εξής διαγράμματα.



Για την δεύτερη κίνηση εφαρμόζουμε για χρόνο 15s γραμμική ταχύτητα 0.1 m/s και γωνιακή 10° /s ή 0.174533 rad/s και παίρνουμε τα εξής διαγράμματα.



Ερώτημα 2

Το μεγαλύτερο ΑΜ των μελών της ομάδας μας είναι το 4754 το οποίο είναι άρτιο άρα για αυτό το ερώτημα θα χρησιμοποιήσουμε την μέθοδο των κυβικών πολυωνύμων. Συνεπώς πρέπει να βρούμε τις παραμέτρους α_0, α_1, α_2 και α_3 των πολυωνύμων που περιγράφουν την τροχιά.

Αρχική θέση και προσανατολισμός $q_0 = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ \theta_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0\,m \\ 0\,m \\ 0\,rad \end{bmatrix}$

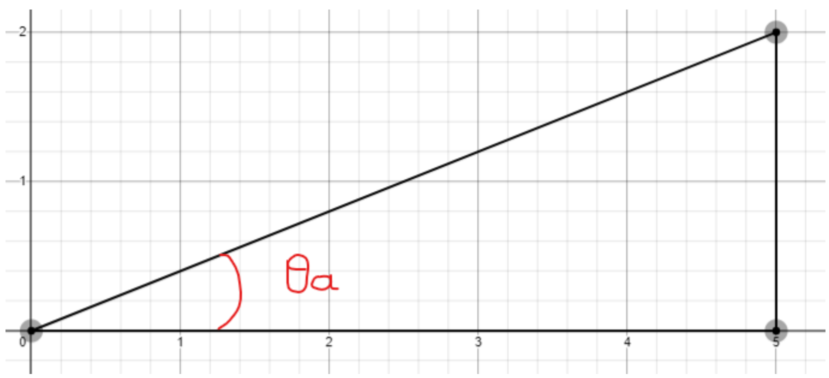
Τελική θέση και προσανατολισμός

$$q_f = \begin{bmatrix} x_f \\ y_f \\ \theta_f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} round(\frac{4754}{1000})\,m \\ round(\frac{4754}{2000})\,m \\ (\frac{4754}{3500})\,rad \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5\,m \\ 2\,m \\ 1.35828571\,rad \end{bmatrix}$$

Μέγιστη γραμμική ταχύτητα: 0.2m/s

Μέγιστη γωνιακή ταχύτητα: 30°/s ή 0.523599 rad/sec

Α) Για την πρώτη τροχιά που περιγράφει την περιστροφή του ρομπότ ώστε να κοιτάξει το τελικό σημείο αρχικά υπολογίζουμε την γωνία που πρέπει να στρίψει.



$$\tan(\theta_a) = \frac{2}{5} = 0.4 => \theta_a = 0.38050\,rad$$

Έπειτα, θα υποθέσουμε έναν χρόνο για αυτή τη τροχιά t_{f1} = 3 sec και αντικαθιστούμε στους παρακάτω τύπους για να βρούμε τις μεταβλητές α_i.

$$a_0 = x_0 = 0$$
$$a_1 = 0$$
$$a_2 = \frac{3}{t_{f1}^2} \cdot (\theta_a - \theta_0) = \frac{3}{3^2} \cdot (0.38050 - 0) => a_2 = 0.12683$$
$$a_3 = \frac{-2}{t_{f1}^3} \cdot (\theta_a - \theta_0) = \frac{-2}{3^3} \cdot (0.38050 - 0) => a_3 = -0.02818$$

Άρα τα πολυώνυμα που περιγράφουν το θ(t) και θ’(t) είναι:

$$\theta(t) = 0.12683 \cdot t^2 - 0.02818 \cdot t^3$$
$$\dot{\theta}(t) = 0.25366 \cdot t - 0.08454 \cdot t^2$$

Β) Η δεύτερη τροχιά του ρομπότ περιγράφει την γραμμική κίνηση του ώστε να φτάσει στο τελικό σημείο (x_f, y_f) = (5, 2). Αυτή τη φορά υποθέτουμε χρόνο t_{f2} = 50 sec.

$$a_0 = x_0 = 0$$
$$a_1 = 0$$
$$a_2 = \frac{3}{t_{f2}^2} \cdot \left(\sqrt{x_f^2 + y_f^2} - x_0\right) = \frac{3}{50^2} \cdot (5.38516 - 0) => a_2 = 0.00646$$
$$a_3 = \frac{-2}{t_{f2}^3} \cdot \left(\sqrt{x_f^2 + y_f^2} - x_0\right) = \frac{-2}{50^3} \cdot (5.38516 - 0) => a_3 = -0.00008$$

Άρα τα πολυώνυμα που περιγράφουν το x(t) και x’(t) είναι:

$$x(t) = 0.00646 \cdot t^2 - 0.00008 \cdot t^3$$
$$\dot{x}(t) = 0.01292 \cdot t - 0.00024 \cdot t^2$$

Γ) Η τρίτη τροχιά του ρομπότ περιγράφει την περιστροφή του του ώστε να αποκτήσει τον τελικό προσανατολισμό θ_f = 1.35828571. Αυτή τη φορά υποθέτουμε χρόνο t_{f3} = 4 sec.

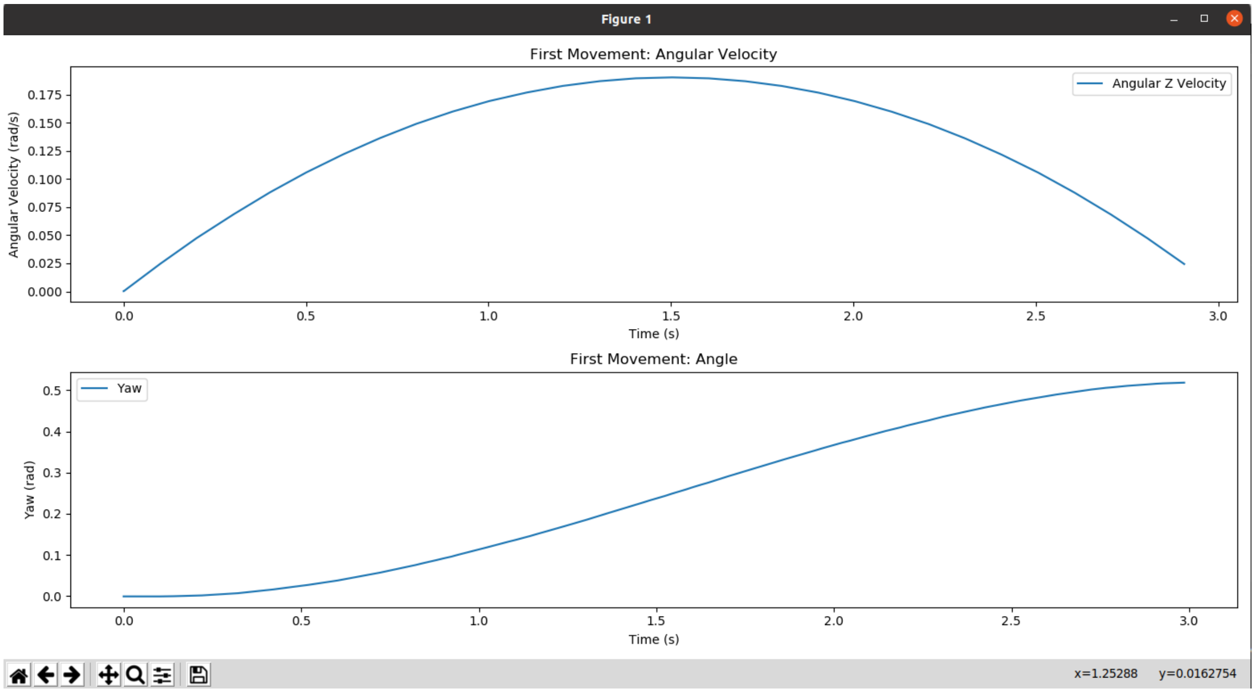
$$a_0 = \theta_a = 0.38050$$
$$a_1 = 0$$
$$a_2 = \frac{3}{t_{f2}^2} \cdot \left(\theta_f - \theta_a\right) = \frac{3}{4^2} \cdot (1.35828571 - 0.38050) => a_2 = 0.18333$$
$$a_3 = \frac{-2}{t_{f2}^3} \cdot \left(\theta_f - \theta_a\right) = \frac{-2}{4^3} \cdot (1.35828571 - 0.38050) => a_3 = -0.03055$$

Άρα τα πολυώνυμα που περιγράφουν το θ(t) και θ’(t) είναι:

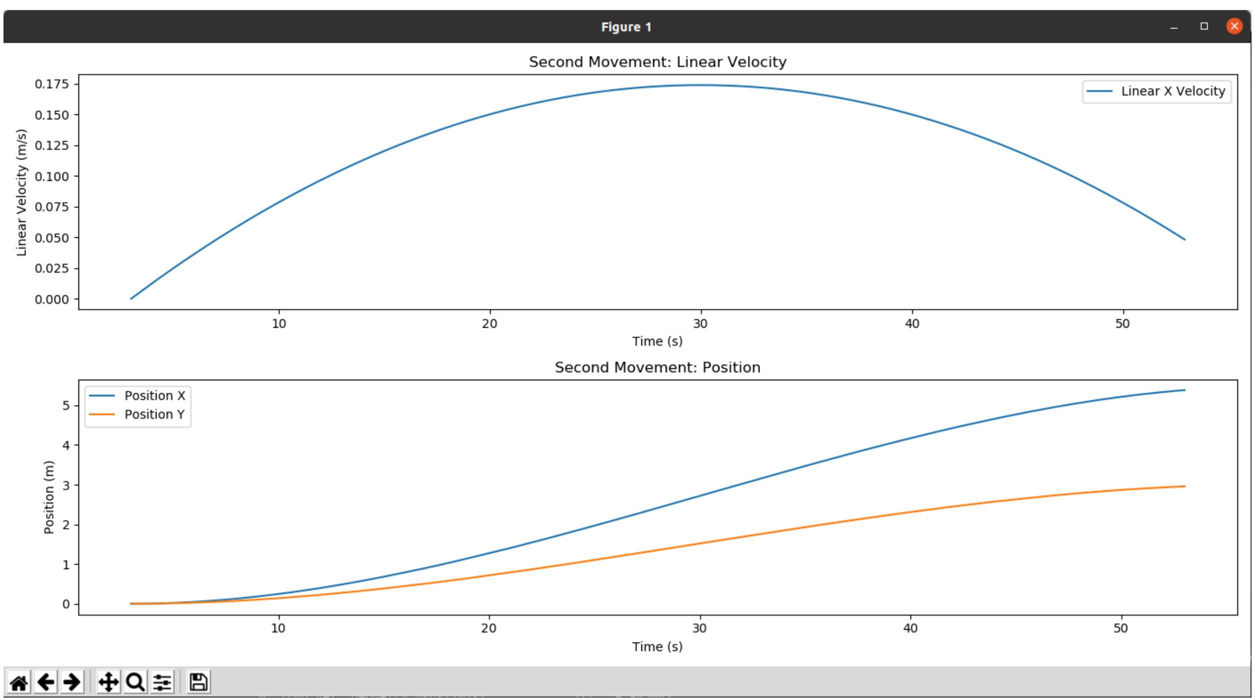
$$\theta(t) = 0.18333 \cdot t^2 - 0.03055 \cdot t^3$$
$$\dot{\theta}(t) = 0.36666 \cdot t - 0.09165 \cdot t^2$$

Ερώτημα 3

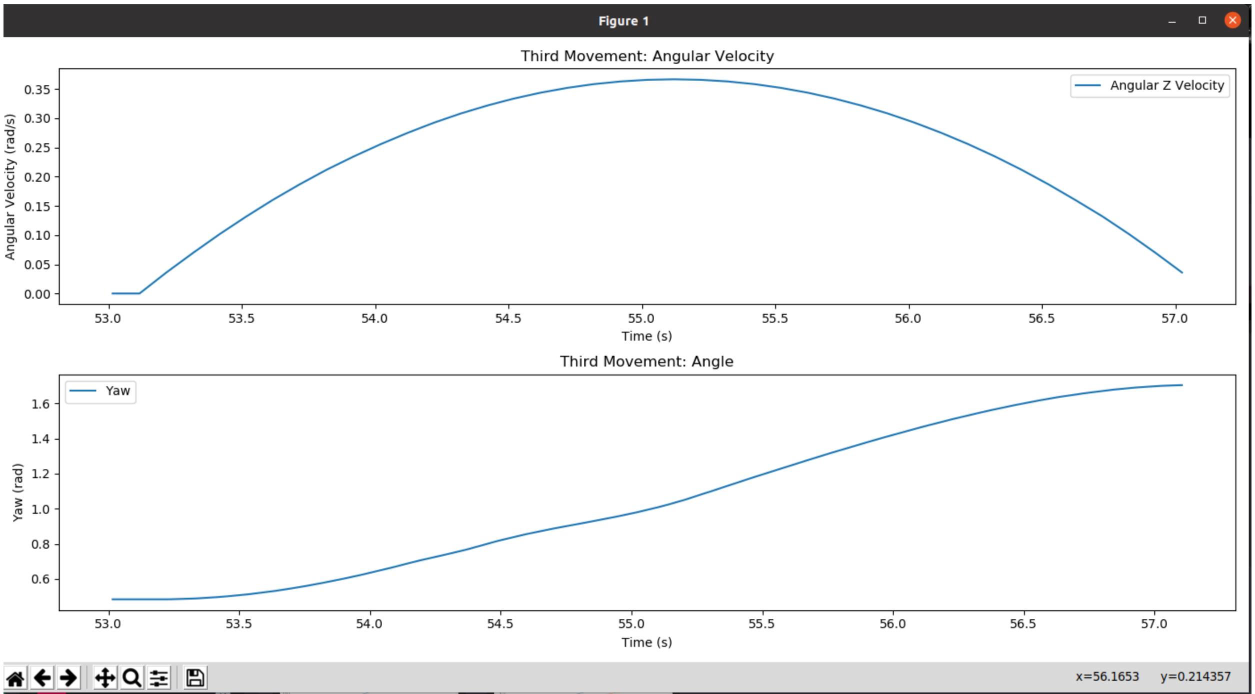
Παρακάτω ακολουθούν τα διαγράμματα θέσης, προσανατολισμού και ταχυτήτων της κάθε τροχιάς του προηγούμενου ερωτήματος όπως τα πήραμε από το rosbag.



Παρατηρούμε ότι για την πρώτη κίνηση η γωνιακή ταχύτητα δεν ξεπερνάει την μέγιστη τιμή των 0.523599 rad/s.



Ομοίως για την $2^{η}$ κίνηση η μέγιστη γραμμική ταχύτητα των 0.2 m/s δεν ξεπερνιέται.

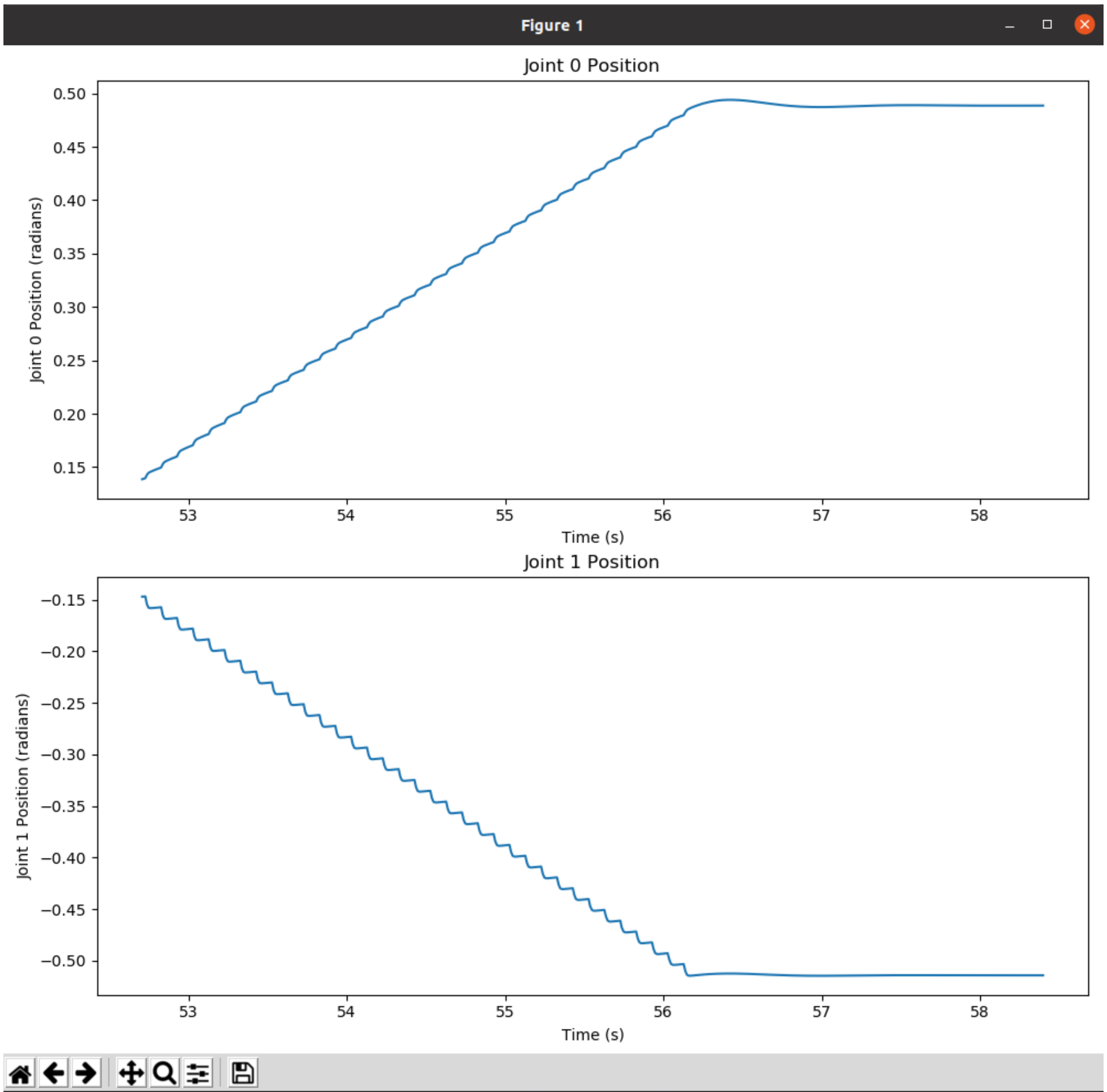


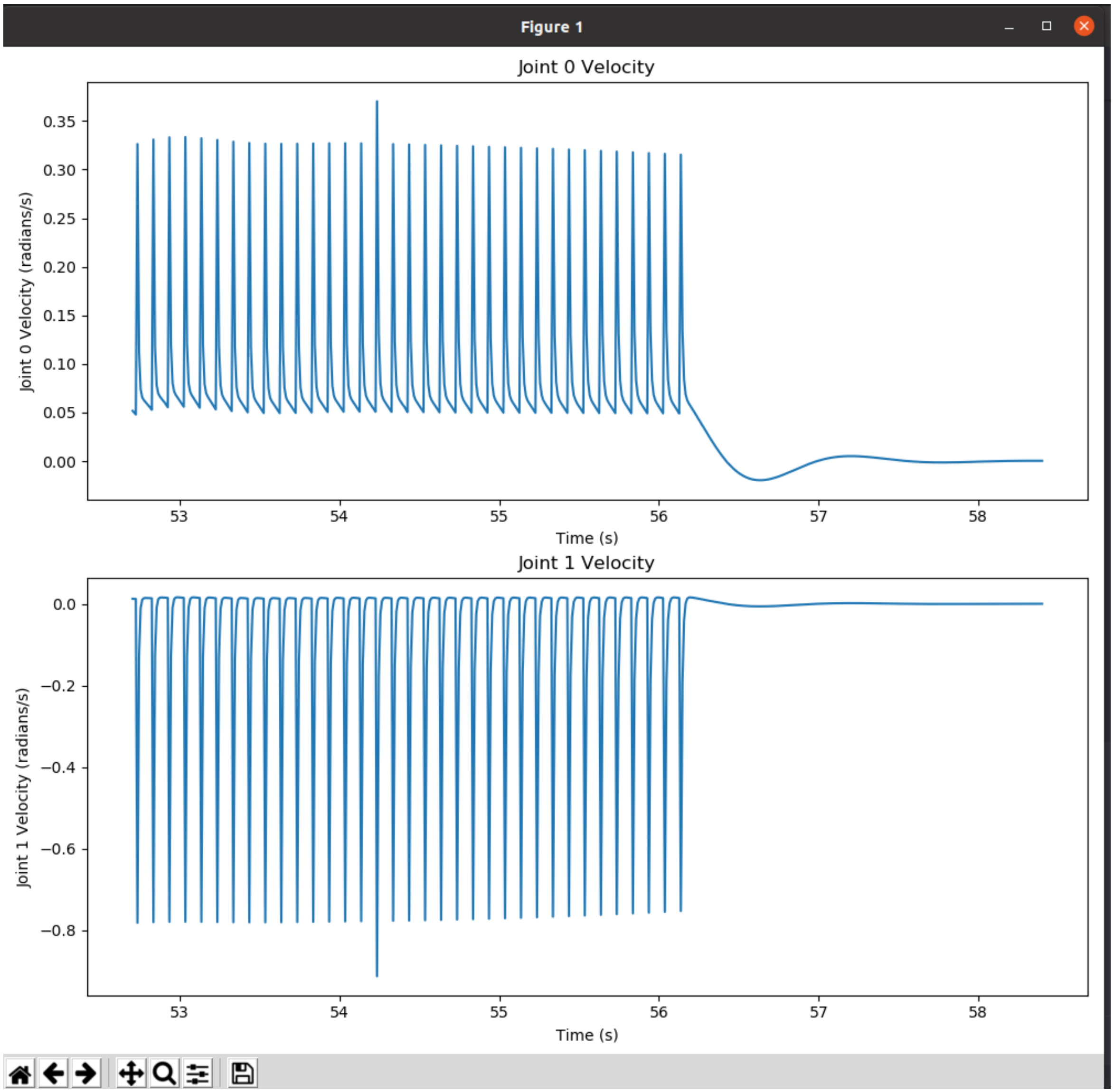
Ούτε στην 3η κίνηση ξεπερνάμε την μέγιστη γωνιακή ταχύτητα.

Άσκηση 2

Ερώτημα 1

Για την πρώτη άρθρωση θέλουμε να φτάσουμε στην γωνία των 25° ή 0.436332 rad ενώ για την δεύτερη άρθρωση θέλουμε γωνία -30° ή 0.523599 rad. Από το rosbag παίρνουμε τα εξής διαγράμματα.





Παρατηρούμε ότι οι αρθρώσεις φτάνουν στις επιθυμητές γωνίες παρουσιάζοντας βέβαια κάποιο stuttering το οποίο πιστεύουμε ότι οφείλεται στο rate = 10Hz που δώσαμε.

Ερώτημα 2

Το μεγαλύτερο ΑΜ των μελών της ομάδας μας είναι το 4754 το οποίο είναι άρτιο άρα για αυτό το ερώτημα θα χρησιμοποιήσουμε την μέθοδο των γραμμικών συναρτήσεων με παραβολικά σημεία.

Αρχική θέση και προσανατολισμός $q_0 = \begin{bmatrix} q_{1,0} \\ q_{2,0} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0^o \\ 0^o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0\,rad \\ 0\,rad \end{bmatrix}$

Τελική θέση και προσανατολισμός

$$q_f = \begin{bmatrix} q_{1,f} \\ q_{2,f} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} round(\frac{4754}{80})^o \\ -round(\frac{4754}{120})^o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 59^o \\ -40\,^o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.02974\,rad \\ -0.698132\,rad \end{bmatrix}$$

Μέγιστη γωνιακή ταχύτητα άρθρωσης 1: $\dot{q}_{1,max} = 9^o/s$ ή 0.15708 rad/s

Μέγιστη γωνιακή ταχύτητα άρθρωσης 2: $\dot{q}_{2,max} = 11^o/s$ ή 0.191986 rad/s

Υποθέτουμε ότι t_f = 10 sec και t_b = 1 sec τότε θα έχουμε ότι:

$$t_b = \frac{t_f}{2} - \frac{\sqrt{\ddot{q_1}^2 \cdot t_f^2 - 4 \cdot \ddot{q_1}(q_{1,f} - q_{1,0})}}{2 \cdot \ddot{\theta}_1} => \ddot{q_1} = 0.11441 \frac{rad}{s^2}$$

$$t_b = \frac{t_f}{2} - \frac{\sqrt{\ddot{q_2}^2 \cdot t_f^2 - 4 \cdot \ddot{q_2}(q_{2,f} - q_{2,0})}}{2 \cdot \ddot{q_2}} => \ddot{q_2} = -0.07757 \frac{rad}{s^2}$$

Ισχύουν ότι

$$\ddot{q_1} \cdot t_b = 0.11441 < \dot{q}_{1,max} = 0.15708$$
$$\|\ddot{q_2}\| \cdot t_b = 0.07757 < \dot{q}_{2,max} = 0.191986$$

Άρα δεν ξεπερνάμε τις μέγιστες γωνιακές της κάθε άρθρωσης.

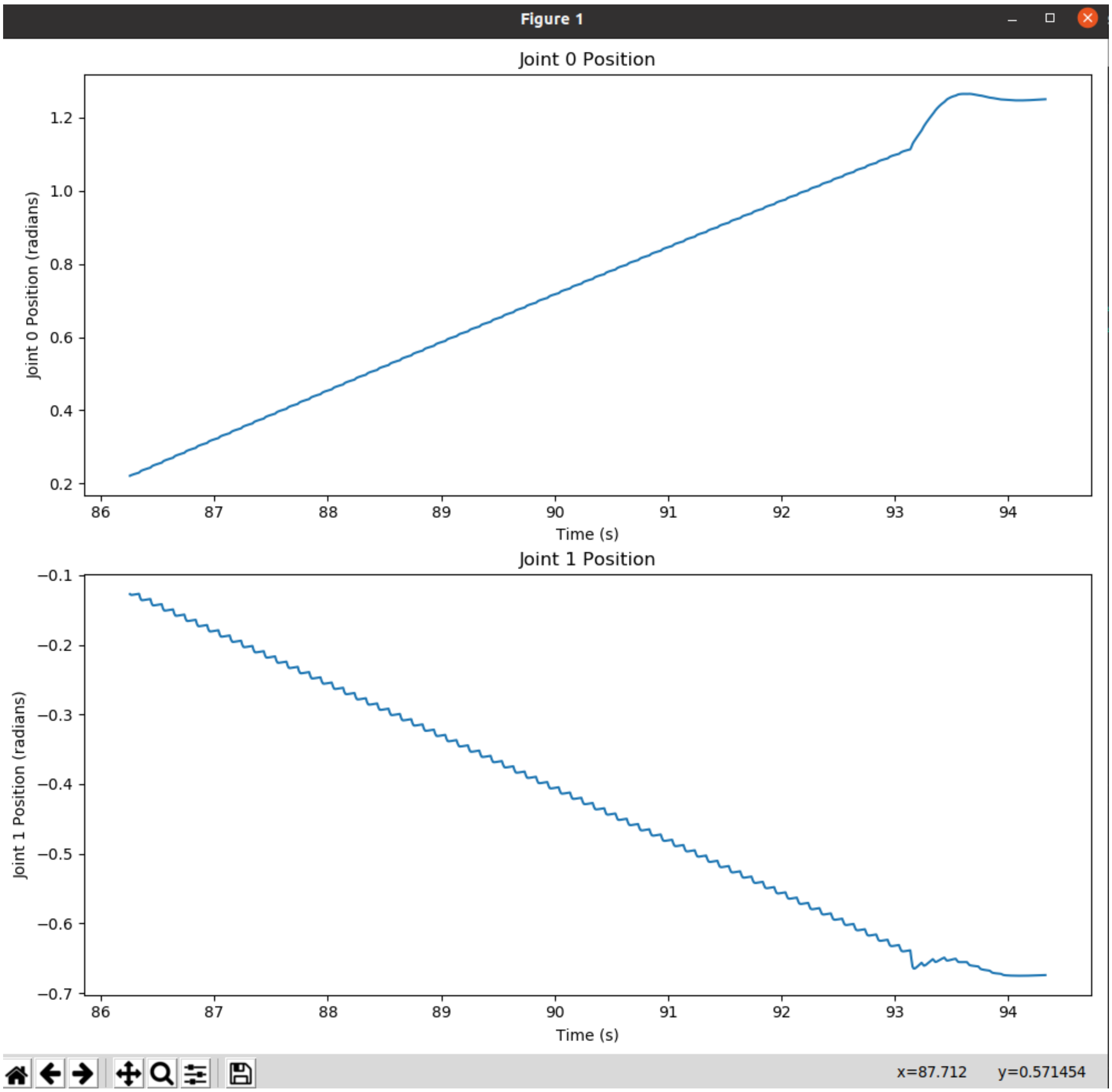
Τέλος οι τροχιές για κάθε άρθρωση είναι οι εξής:

$$q_1(t) = \begin{cases} 0.057205 \cdot t^2 & ,0 \le t \le 1 \\ 0.057205 + 0.11441 \cdot (t-1) & ,1 < t \le 9 \\ 1.02974 - 0.057205 \cdot (10-t)^2 & ,9 < t \le 10 \end{cases}$$

$$q_2(t) = \begin{cases} -0.038785 \cdot t^2 & ,0 \le t \le 1 \\ -0.038785 - 0.07757 \cdot (t-1) & ,1 < t \le 9 \\ -0.698132 + 0.038785 \cdot (10-t)^2 & ,9 < t \le 10 \end{cases}$$

Ερώτημα 3

Παρακάτω ακολουθούν τα διαγράμματα θέσης και ταχυτήτων των αρθρώσεων της κάθε τροχιάς του προηγούμενου ερωτήματος όπως τα πήραμε από το rosbag.



Όπως φαίνεται παραπάνω οι αρθρώσεις καταλήγουν να στρίβουν στην επιθυμητή γωνία.

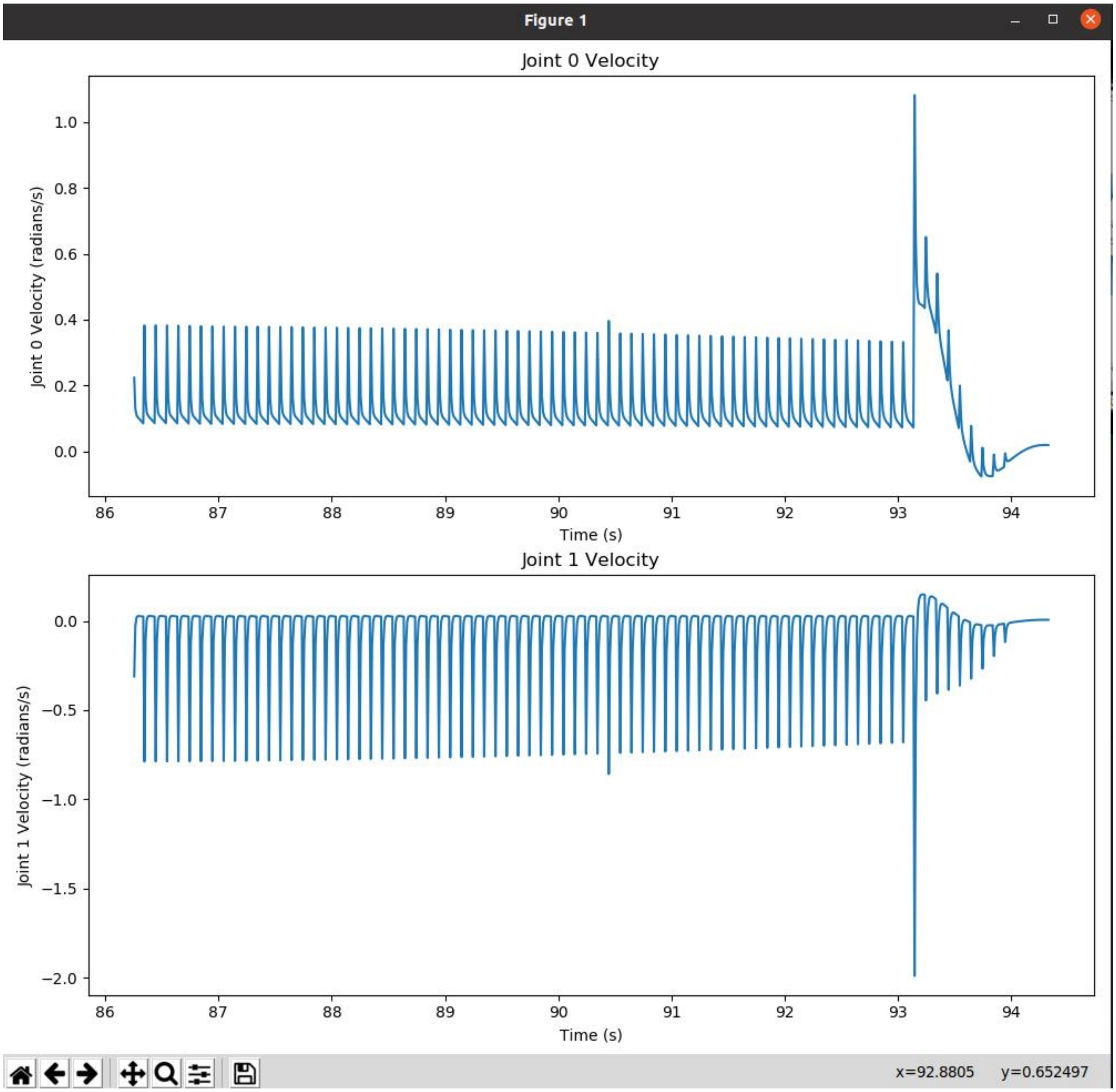


Figure 1
Joint 0 Velocity
Joint 0 Velocity (radians/s)
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
86
87
88
89
90
91
92
93
94
Time (s)
Joint 1 Velocity
Joint 1 Velocity (radians/s)
0.0
−0.5
−1.0
−1.5
−2.0
86
87
88
89
90
91
92
93
94
Time (s)
x=92.8805 y=0.652497