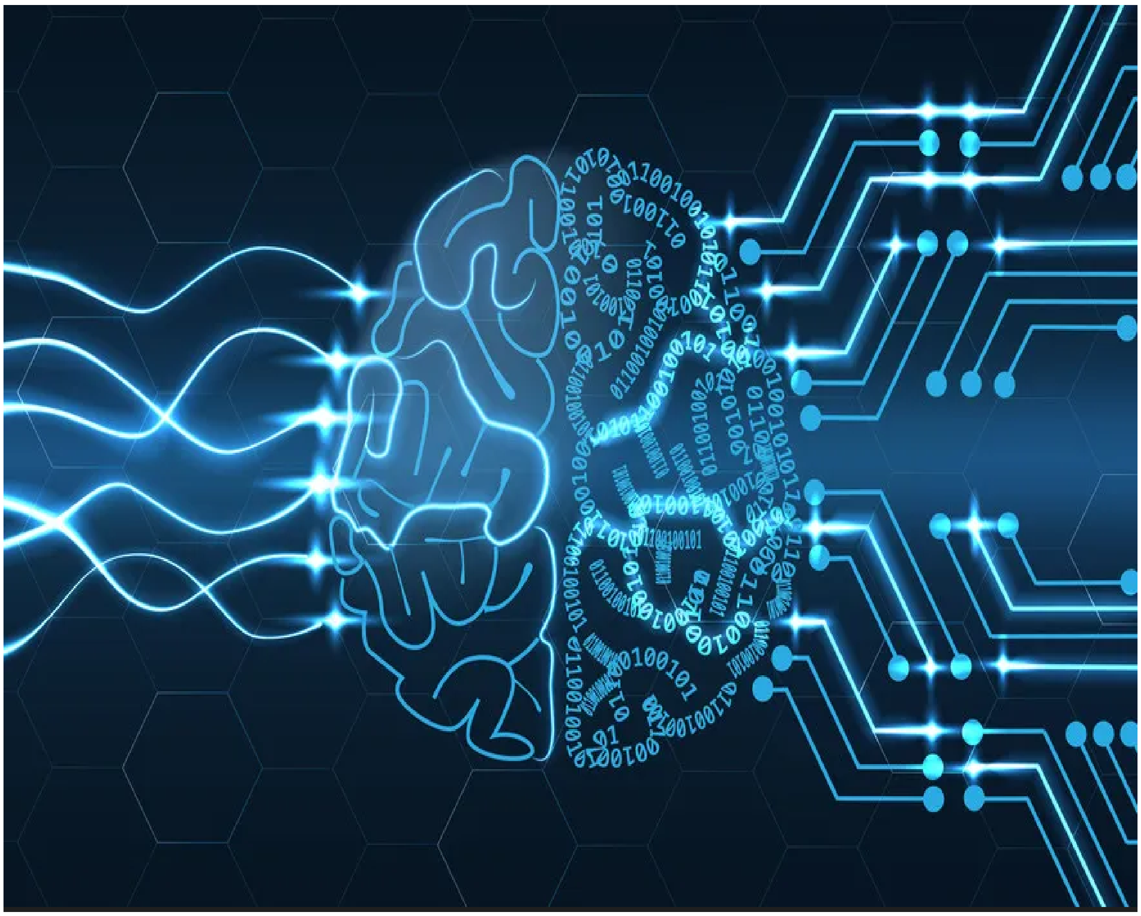
Υπολογιστική Νοημοσύνη - Δεύτερη Εργασία

Ονοματεπώνυμο: Πρωτοφάλτης Παναγιώτης
AEM: 9847
Email: pprotops@ece.auth.gr

March 10, 2024



Εισαγωγή

Σε αυτήν την εργασία θέλουμε να σχεδιάσουμε έναν ασαφή ελεγκτή για τον έλεγχο της κίνησης ενός οχήματος με σκοπό την αποφυγή εμποδίων. Θέλουμε ο ελεγκτής αυτός να οδηγήσει το όχημα με ασφάλεια, να αποφύγει δηλαδή την σύγκρουση με τα εμπόδια και να καταλήξει στην επιθυμητή θέση, την οποία ονομάζουμε x_d. Για κάθε χρονική στιγμή υπολογίζεται η κάθετη και οριζόντια απόσταση του οχήματος από τα εμπόδια (d_V, d_H). Επίσης σαν δεδομένα έχουμε:

- Σταθερή ταχύτητα u = 0.05 m/sec
- Γνωστά d_V, d_H
- Γνωστή διεύθυνση της ταχύτητας

Με αυτά τα δεδομένα πρέπει ο FLC να αποφασίζει για την μεταβολή στην διεύθυνση, ώστε να μεταφερθεί το όχημα στην θέση (x_d, y_d) = (10,3.2) με την μικρότερη απόκλιση από τον άξονα y.

Σχεδίαση FLC

Ως είσοδο στον FLC έχουμε:

- Την κάθετη απόσταση του οχήματος από τα εμπόδια, d_V = [0,1](m)
- Την οριζόντια απόσταση του οχήματος από τα εμπόδια, d_H = [0,1](m)
- Την διεύθυνση της ταχύτητας του οχήματος, ϑ = [-180, +180]°

Και ως έξοδο έχουμε την μεταβολή στην διεύθυνση της ταχύτητας του οχήματος, $\Delta\vartheta$ = [-130, +130]°.

Έπειτα ο χώρος των μεταβλητών d_V, d_H διαμερίζεται σε πέντε ασαφή σύνολα (VS: Very Small, S: Small, M: Medium, L: Large, VL: Very Large). Ακόλουθα, ο χώρος ορισμού της μεταβλητής ϑ και $\Delta\vartheta$ διαμερίζεται σε επίσης πέντε ασαφή σύνολα (NL: Negative Large, NS: NegativeSmall, Z: Zero, PS: Positive Small, PL: Positive Large).

Για την υλοποίηση της ασαφούς βάσης χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω τελεστές:

- Οι κανόνες υλοποιούνται με τον τελεστή συμπερασμού Larsen (aggregation = product).
- Το συνδετικό ALSO υλοποιείται με τον τελεστή max.
- Σαν τελεστή σύνθεσης χρησιμοποιούμε τον max-min.
- Για την απο-ασφαοποίηση χρησιμοποιήθηκε ο απο-ασαφοποιητής κέντρου βάρους (COA) (deffuzification = centroids).

Για την υλοποίηση του ασαφή ελεγκτή χρησιμοποιήθηκε το FIS Editor του MATLAB.
Παρακάτω δίνονται οι κανόνες για την καλύτερη κατανόηση του ασαφή ελεγκτή:

1. If (dH is VL) and (theta is ZE) then (delta_theta is ZE) (1)
2. If (dH is VL) and (theta is PS) then (delta_theta is NS) (1)
3. If (dH is VL) and (theta is PL) then (delta_theta is NL) (1)
4. If (dH is VL) and (theta is NS) then (delta_theta is PS) (1)
5. If (dH is L) and (theta is ZE) then (delta_theta is ZE) (1)
6. If (dH is L) and (theta is PS) then (delta_theta is NS) (1)
7. If (dH is L) and (theta is PL) then (delta_theta is NL) (1)
8. If (dH is L) and (theta is NS) then (delta_theta is PS) (1)
9. If (dH is M) and (theta is ZE) then (delta_theta is PS) (1)
10. If (dH is M) and (theta is NS) then (delta_theta is PL) (1)
11. If (dH is M) and (theta is PS) then (delta_theta is ZE) (1)
12. If (dH is M) and (theta is PL) then (delta_theta is NS) (1)
13. If (dV is VS) then (delta_theta is PS) (1)
14. If (theta is ZE) and (dV is VL) then (delta_theta is PS) (1)
15. If (theta is PS) and (dV is VL) then (delta_theta is ZE) (1)
16. If (theta is PL) and (dV is VL) then (delta_theta is NS) (1)
17. If (dH is VL) and (theta is ZE) and (dV is L) then (delta_theta is NL) (1)
18. If (dH is VL) and (theta is ZE) and (dV is M) then (delta_theta is NL) (1)

Figure 1: Οι κανόνες του ασαφή

Οι κανόνες θα μπορούσαν να είναι λιγότεροι, αλλά με αυτούς τους κανόνες έγινε καλύτερη προσέγγιση στο επιθυμητό σημείο. Ουσιαστικά με εμπειρικό τρόπο οι κανόνες για d_H να είναι VL, L Ή M και ανάλογα την γωνία ϑ, βάζουν $\Delta\vartheta$, ώστε η ϑ στην επόμενη επανάληψη να είναι κοντά στις $45°$. Έπειτα υπάρχει ένας κανόνας για όταν το d_V είναι VS, να αυξάνεται η γωνία ϑ για να μην είναι κοντά στα εμπόδια και τα ακουμπήσει και έπειτα άλλοι 3 κανόνες για το άμα το d_V είναι VL, να αυξάνει το ϑ, για τον ίδιο λόγο. Τέλος οι 2 τελευταίοι κανόνες είναι για όταν φτάσει στο τέλος μετά το x $=$ 7 που θα έχει d_H να είναι VL, να ρίχνει την ϑ ώστε να πλησιάζει στο επιθυμητό σημείο.

Ελεγκτής με δοσμένες παραμέτρους

Για την αρχική θέση του οχήματος να είναι το (4, 0.4) και για αρχικές διευθύνσεις το $\theta_1 = 0°$, $\theta_2 =$ -45°, $\theta_3 =$ -90°, δίνονται τα παρακάτω διαγράμματα.

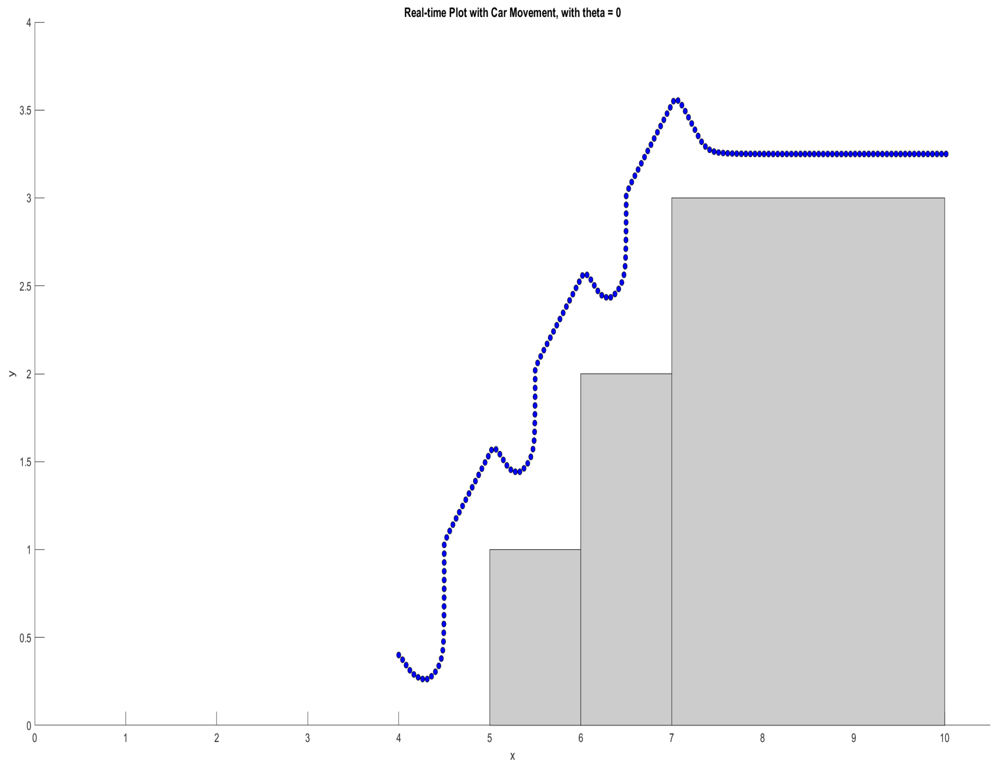


Figure 2: Πορεία του οχήματος με $\theta_1 = 0$

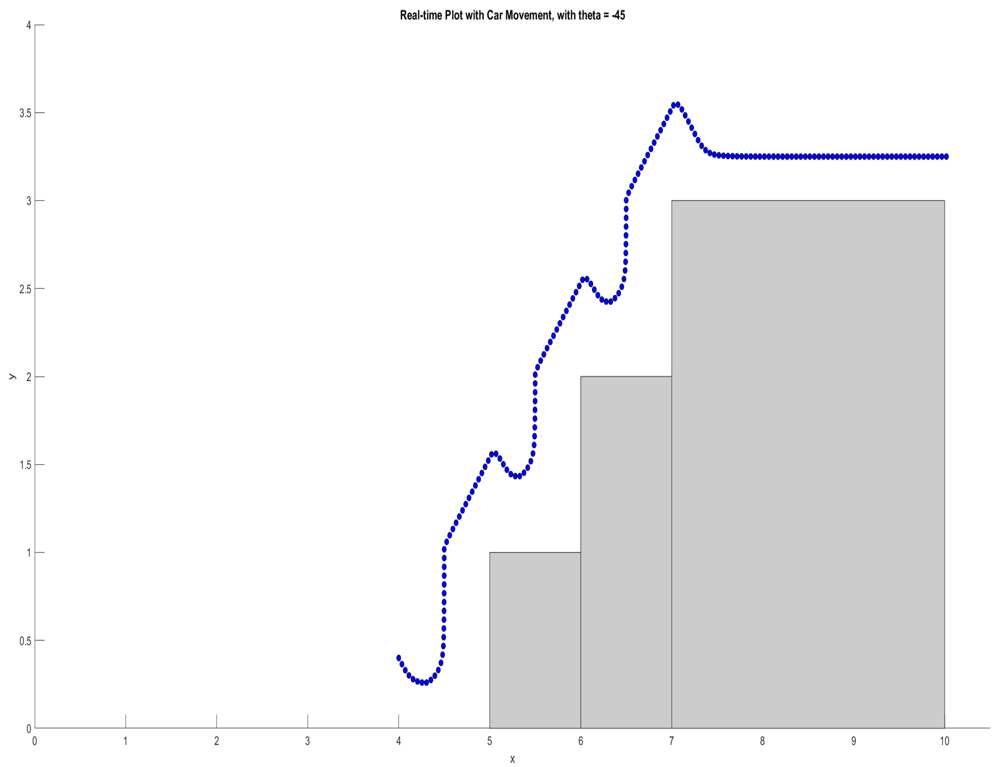


Figure 3: Πορεία του οχήματος με $\theta_2 =$ -45

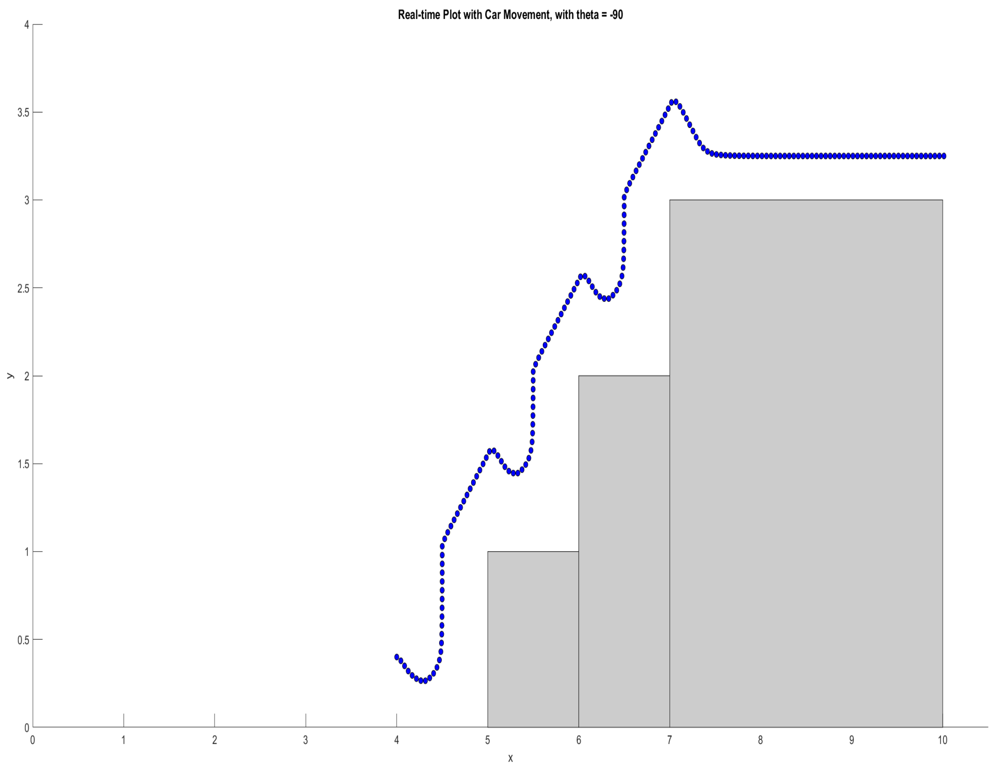


Figure 4: Πορεία του οχήματος με θ_3 = -90

Παρατηρήσεις

Βλέπουμε ότι και τα 3 διαγράμματα έχουν παρόμοια συμπεριφορά και σταματάνε στο (10,3.25) και τα 3. Η διαφορά τους είναι σχετικά αισθητή για τις πρώτες επαναλήψεις, σε κάθε περίπτωση, καθώς ξεκινάει με διαφορετική γωνία, αλλά μετά από δύο - πέντε επαναλήψεις έχουμε την ίδια συμπεριφορά, καθώς ο ελεγκτής έδωσε την αντίστοιχη $\Delta\vartheta$ για κάθε αρχική ϑ, και την έφερε στο επιθυμητό πλαίσιο.

Ελεγκτής με τροποποιημένες παραμέτρους

Το μόνο που αλλάζει σε αυτή την ενότητα είναι τα πεδία ορισμού των μεταβλητών, για την ίδια αρχική θέση και τις ίδιες αρχικές διευθύνσεις, καθώς και ιδίοις κανόνες. Οι παράμετροι που τροποποιήθηκαν στις συναρτήσεις συμμετοχής είναι οι NL και ZE της $\Delta\vartheta$. Η NL από [-195 -130 -65] τροποποιήθηκε σε [-195 -130 -40] και η ZE από [-65 0 65] σε [-96 0 12].

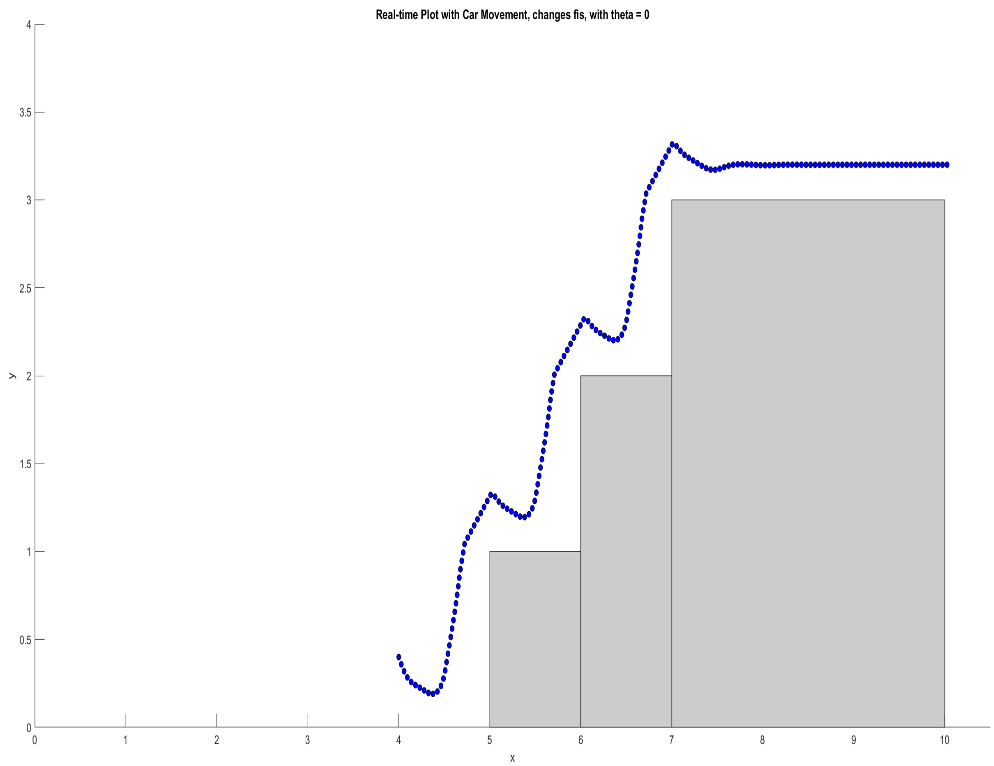


Figure 5: Πορεία του οχήματος με $\theta_1 = 0$

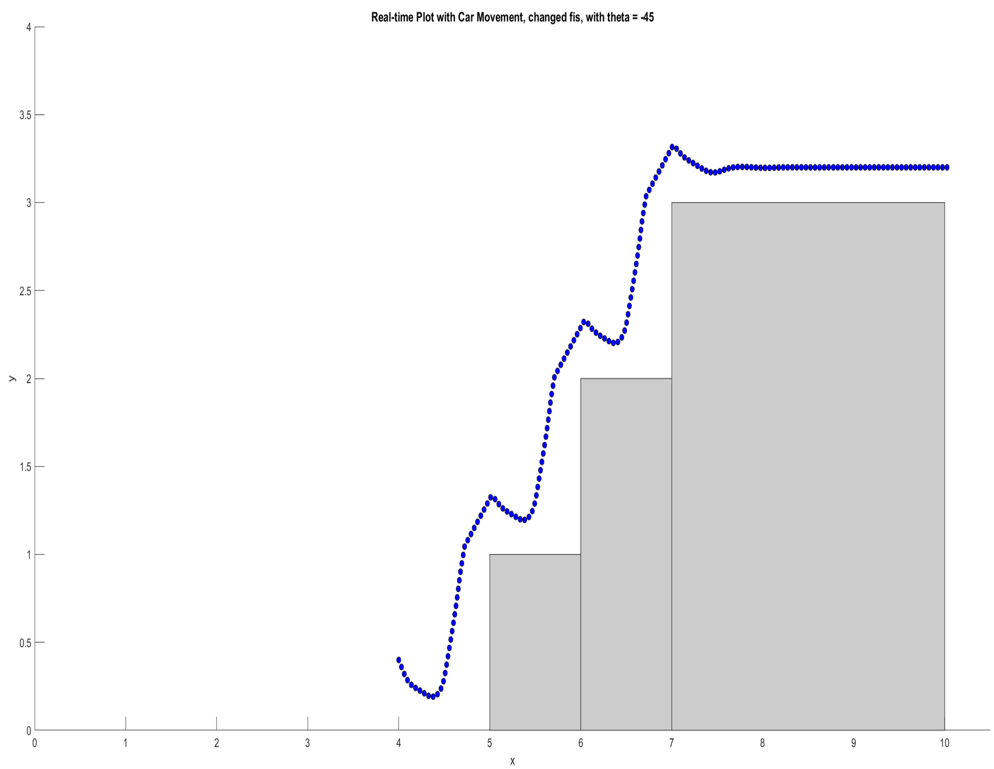


Figure 6: Πορεία του οχήματος με $\theta_2 =$ -45

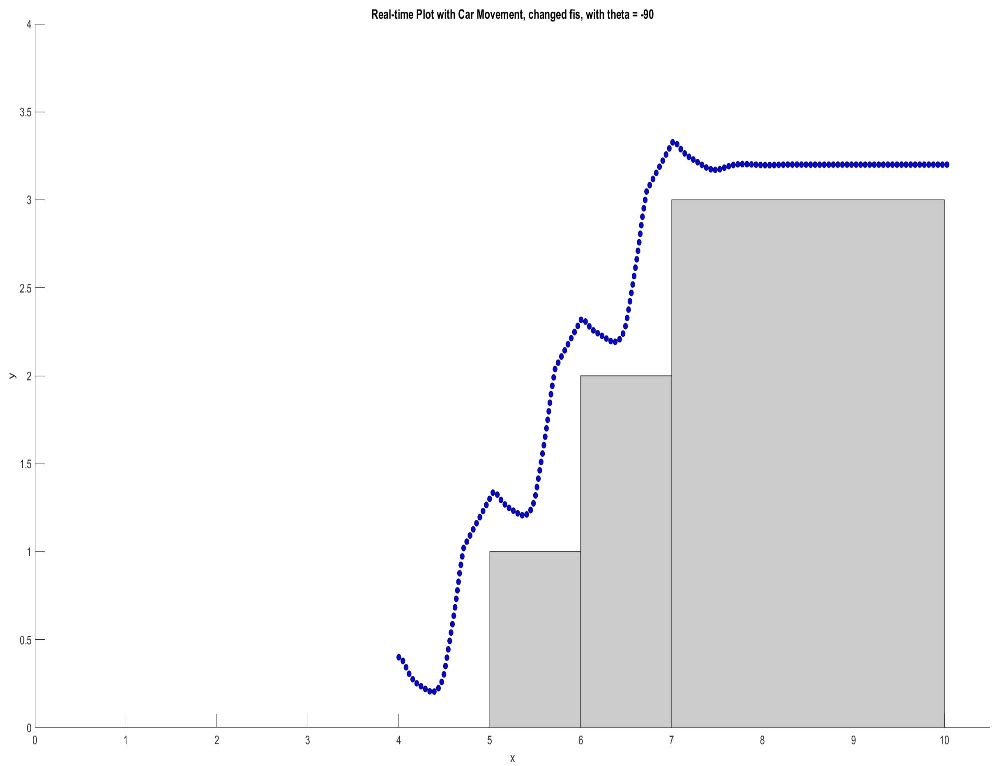


Figure 7: Πορεία του οχήματος με θ_3 = -90

Παρατηρήσεις

Βλέπουμε ότι και τα 3 διαγράμματα έχουν παρόμοια συμπεριφορά και σταματάνε στο (10,3.20008) και τα 3, το οποίο είναι **υπερβολικά** κοντά στο επιθυμητό σημείο με ένα πολύ μικρό σφάλμα. Τα αποτελέσματα είναι παρόμοια με τα προηγούμενα διαγράμματα, δηλαδή η διαφορά τους είναι σχετικά αισθητή για τις πρώτες επαναλήψεις, σε κάθε περίπτωση, καθώς ξεκινάει με διαφορετική γωνία, αλλά μετά από δύο επαναλήψεις έχουμε την ίδια συμπεριφορά, καθώς ο ελεγκτής έδωσε την αντίστοιχη $\Delta\vartheta$ για κάθε αρχική ϑ, και την έφερε στο επιθυμητό πλαίσιο.

Για το "βουναλάκι" που κάνει το όχημα, ευθύνονται οι κανόνες, αλλά όπως ειπώθηκε παραπάνω κρίθηκε απαραίτητο για να έχει μια υποβέλτιστη, αλλά εύκολη λύση για να φτάσει στο επιθυμητό σημείο. Με αυτόν τον τρόπο επίσης **αυξάνεται** η ασφάλεια του οχήματος για οποιοδήποτε γράφημα, ακόμη και αν άλλαζαν δηλαδή τα εμπόδια. Επομένως υπήρξε ένα "trade-off" της βέλτιστης διαδρομής και της ασφάλεια.

Εν τέλει παρατηρούμε ότι με μικρή αλλαγή του πεδίου ορισμού μπορούμε πειραματικά να πετύχουμε καλύτερο αποτέλεσμα, αυτό θα μπορούσε να γίνει και τροποποιώντας παραπάνω την συνάρτηση που υπολογίζει το d_V, ώστε να επιστρέφει πιο μεγάλες τιμές όταν αποκλίνουμε από το 3.2 και μικρότερες όταν πλησιάζουμε.