



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών
Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

Εργασία 2: «Car Control B»
Υπολογιστική Νοημοσύνη

Διδάσκων: Θεοχάρης Ιωάννης

Γιάννης Τατσόγλου, 9568

Σεπτέμβριος, 2023

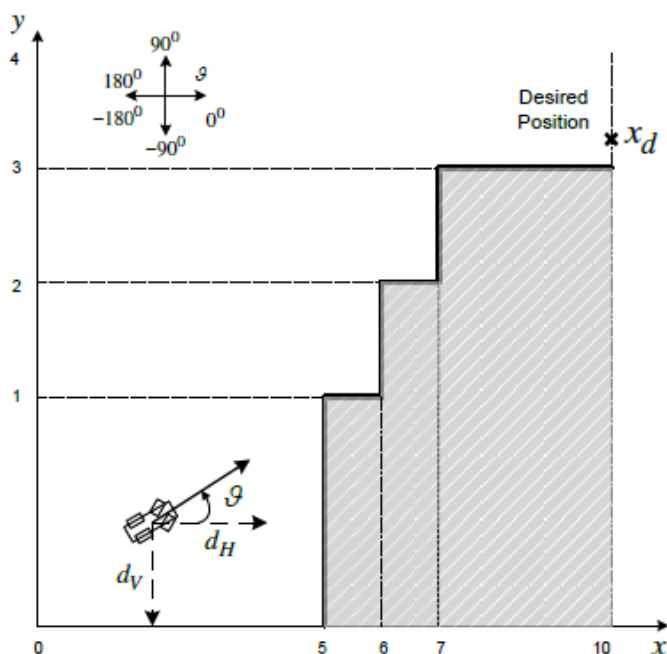
Περιεχόμενα

Ελεγχόμενο Σύστημα	3
Σχεδίαση Ασαφούς Ελεγκτή (FLC)	3
Συναρτήσεις Συμμετοχής.....	4
Βάση Κανόνων	5
Προσομοίωση Συστήματος.....	6
Προσαρμογή FLC.....	7
Συναρτήσεις Συμμετοχής.....	7
Προσομοίωση Προσαρμοσμένου Συστήματος	8
Κώδικας.....	9

Ελεγχόμενο Σύστημα

Η εργασία έχει σκοπό τον σχεδιασμό ενός ασαφούς ελεγκτή (FLC), για τον έλεγχο της κίνησης ενός οχήματος με σκοπό την αποφυγή εμποδίων και την άφιξή του σε προεπιλεγμένο σημείο.

Ο δισδιάστατος χώρος κίνησης του οχήματος, και οι μεταβλητές ελέγχου φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



Το όχημα διαθέτει τους κατάλληλους αισθητήρες ώστε να υπολογίζει την κάθε χρονική στιγμή την κάθετη (d_V) και οριζόντια (d_H) απόστασή του από τα εμπόδια. Το μέτρο της ταχύτητάς του είναι σταθερό και ίσο με $u = 0.05$ m/s. Η επιθυμητή θέση στην οποία θέλουμε να μεταφερθεί το όχημα είναι η $(x_d, y_d) = (10, 3.2)$.

Σχεδίαση Ασαφούς Ελεγκτή (FLC)

Οι είσοδοι στον FLC είναι:

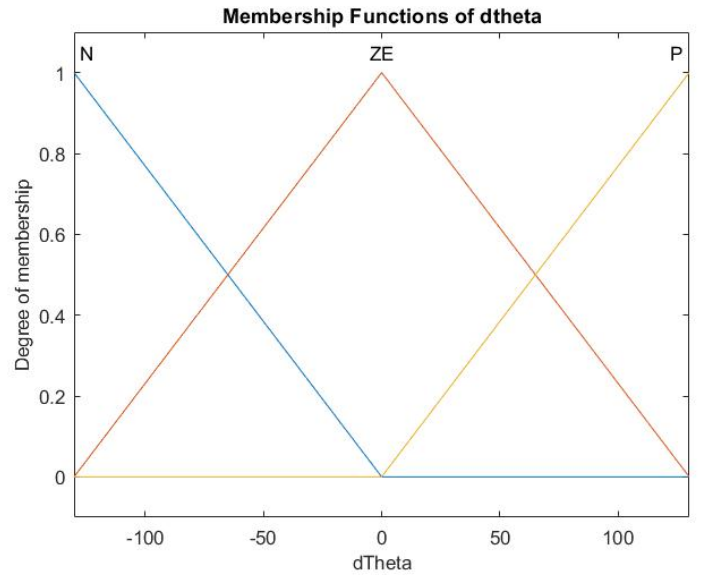
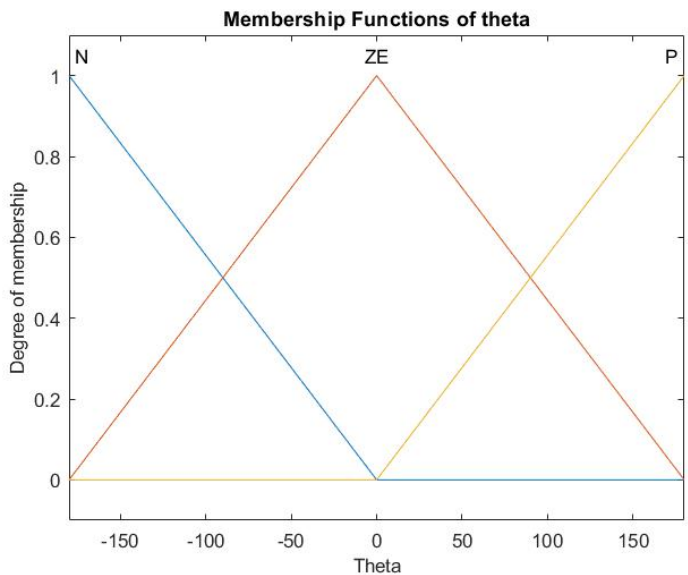
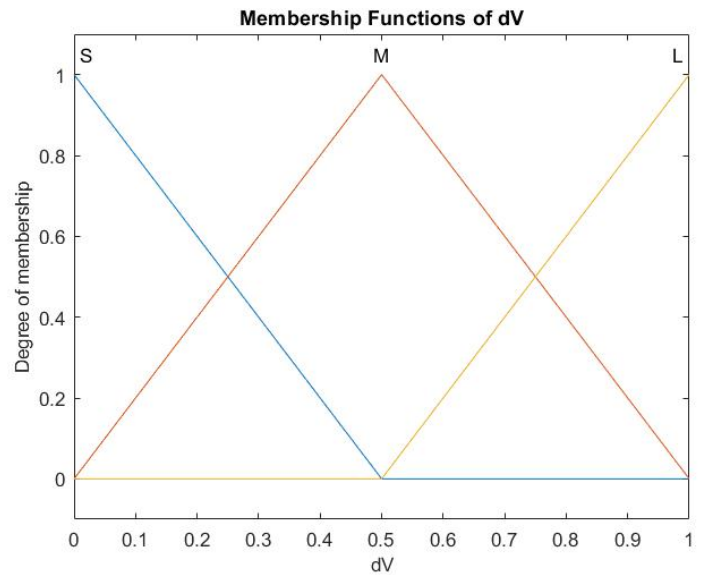
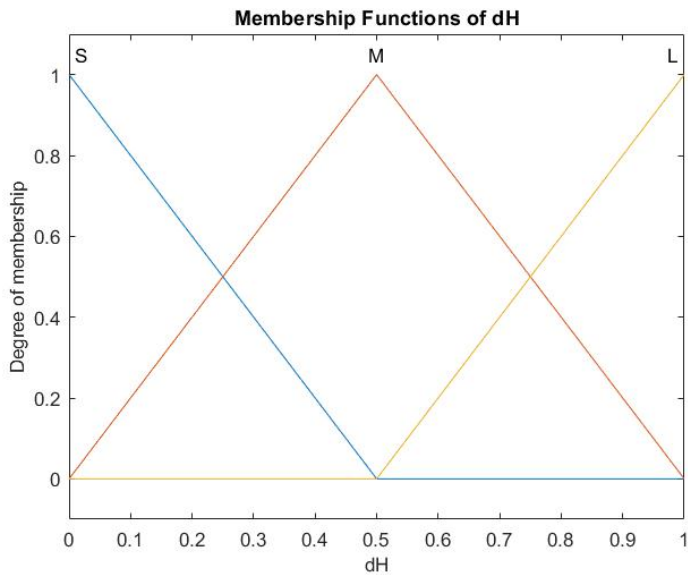
- Η οριζόντια απόσταση $d_H \in [0, 1]$ (m)
- Η κατακόρυφη απόσταση $d_V \in [0, 1]$ (m)
- Η διεύθυνση του διανύσματος της ταχύτητας $\theta \in [-180^\circ, 180^\circ]$

Η έξοδος του FLC είναι:

- Η μεταβολή της διεύθυνσης του διανύσματος της ταχύτητας $\Delta\theta \in [-130^\circ, 130^\circ]$

Συναρτήσεις Συμμετοχής

Ο χώρος των μεταβλητών d_H και d_V διαμερίζεται σε τρία ασαφή σύνολα με λεκτικές τιμές Small, Medium, Large. Αντίστοιχα ο χώρος των μεταβλητών θ και $\Delta\theta$ διαμερίζεται σε τρία ασαφή σύνολα με λεκτικές τιμές Negative, Zero, Positive. Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι λεκτικές τιμές των μεταβλητών εισόδου και εξόδου καθώς και οι συναρτήσεις συμμετοχής τους.



Βάση Κανόνων

Για την υλοποίηση του FLC, σχεδιάστηκε επίσης και η ασαφής βάση κανόνων. Για την βάση κανόνων ακολουθήθηκε η εξής λογική, το ελεγχόμενο σύστημα (αυτοκίνητο), θα πρέπει να επανέρχεται σε μια θέση ισορροπίας σε μια ικανοποιητική απόσταση από τα εμπόδια.

Λαμβάνοντας υπόψιν την διαμέριση των λεκτικών μεταβλητών η θέση αυτή θα είναι στην ζώνη Medium.

Επίσης, θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν ότι στόχος είναι το αυτοκίνητο να βρίσκεται κατά προτεραιότητα πιο κοντά στον άξονα Χ, έτσι η πορεία του σε περίπτωση μη ύπαρξης εμποδίων θα πρέπει να είναι προς την κατεύθυνση +Χ.

Οι πίνακες παρακάτω περιγράφουν τους κανόνες της μορφής:

IF d_v is **S** AND d_H is **S** AND ϑ is **N** THEN $\Delta\vartheta$ is **P**

που υλοποιούν την παραπάνω λογική.

θ is N	d_H	S	M	L
	d_v			
	S	P	P	P
	M	P	P	P
	L	P	P	P

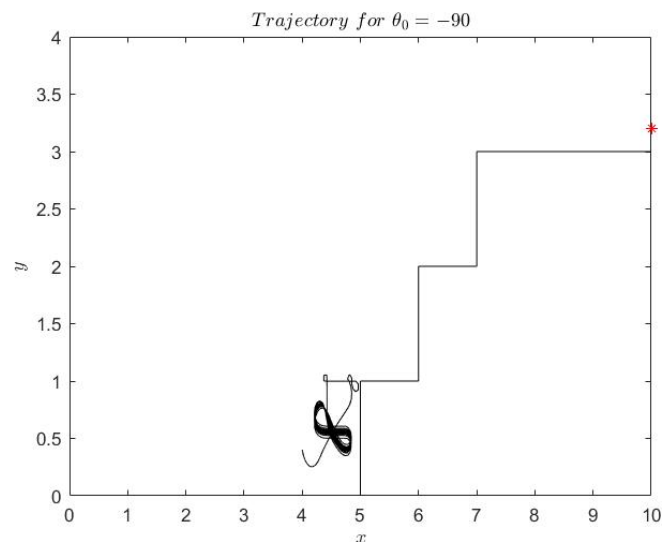
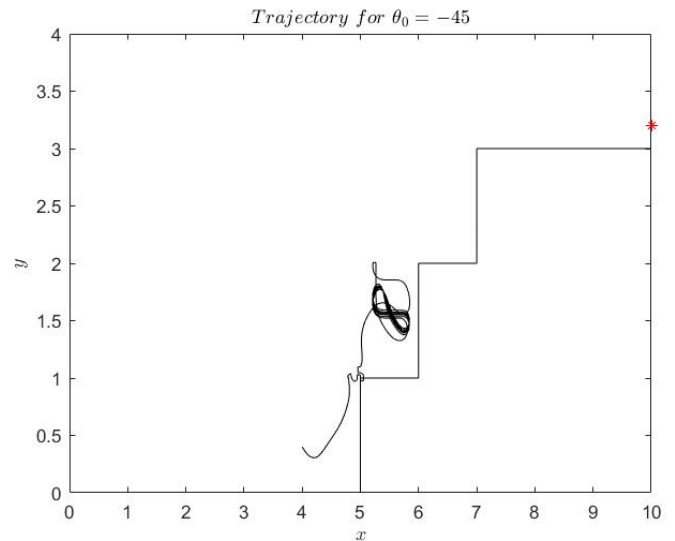
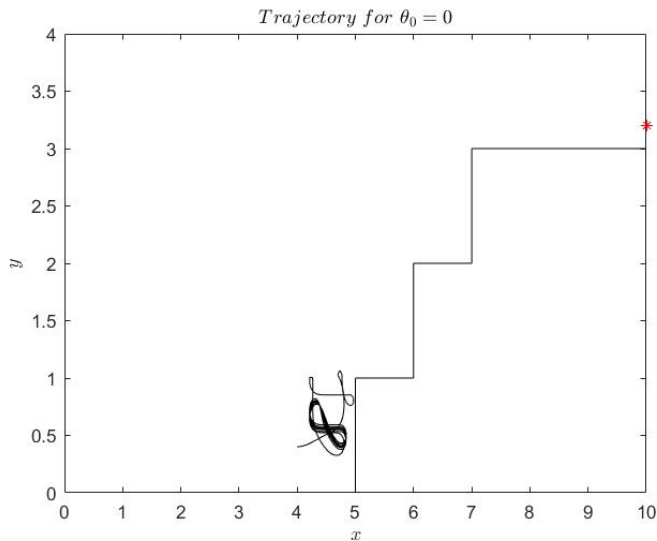
θ is P	d_H	S	M	L
	d_v			
	S	P	P	P
	M	P	ZE	N
	L	P	ZE	N

θ is ZE	d_H	S	M	L
	d_v			
	S	P	P	P
	M	P	ZE	ZE
	L	P	N	N

Προσομοίωση Συστήματος

Σύμφωνα με την βάση κανόνων και τις συναρτήσεις συμμετοχής των λεκτικών μεταβλητών όπως αυτές περιγράφηκαν παραπάνω, πραγματοποιήθηκε η προσομοίωση της διαδικασίας ελέγχου και αποφυγής εμποδίων του οχήματος, με χρήση του FLC.

Πραγματοποιήθηκαν τρεις προσομοιώσεις για τις οποίες η αρχική τιμή της γωνίας θ είναι 0° , -45° και -90° αντίστοιχα, η πορεία του οχήματος απεικονίζεται στα παρακάτω διαγράμματα.



Με το σύμβολο «*» σηματοδοτείται η επιθυμητή τελική θέση του οχήματος.

Φαίνεται ότι ο ελεγκτής με τις παραπάνω ρυθμίσεις, δεν ανταποκρίνεται με τον επιθυμητό τρόπο. Η πορεία του οχήματος δεν είναι η διαισθητική και δεν αποτυπώνεται η λογική που χρησιμοποιήθηκε για τον σχεδιασμό της βάσης κανόνων.

Προσαρμογή FLC

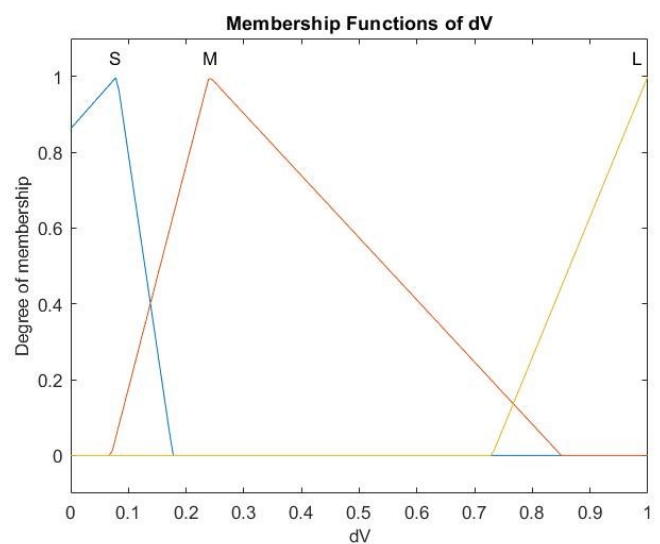
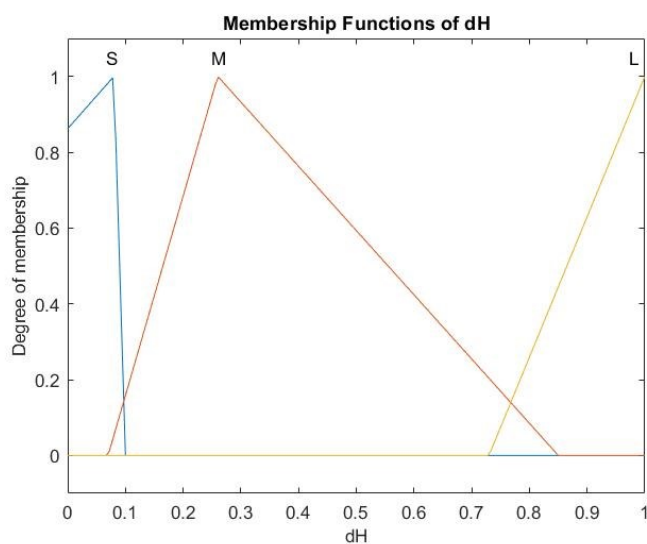
Αξιολογώντας τα αποτελέσματα των προηγούμενων προσομοιώσεων, θα προχωρήσουμε στον επαναπροσδιορισμό των συναρτήσεων συμμετοχής για κάθε λεκτική μεταβλητή του ασαφούς ελεγκτή, με σκοπό την βελτίωση της απόκρισης του ελεγκτή, και κατά συνέπεια του ελεγχόμενου συστήματος.

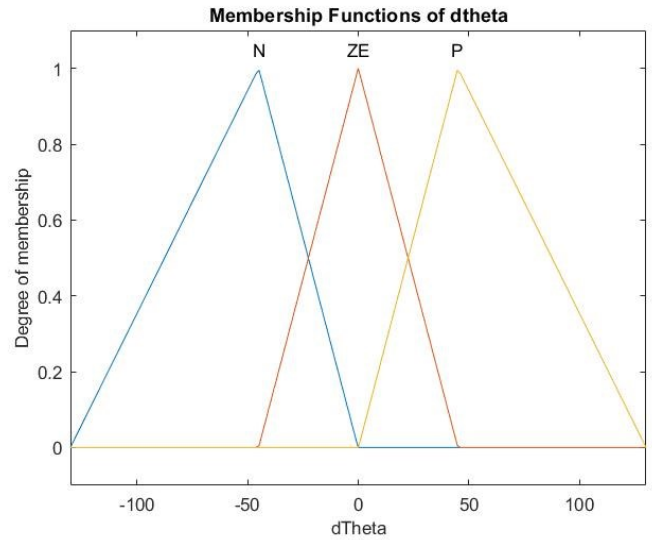
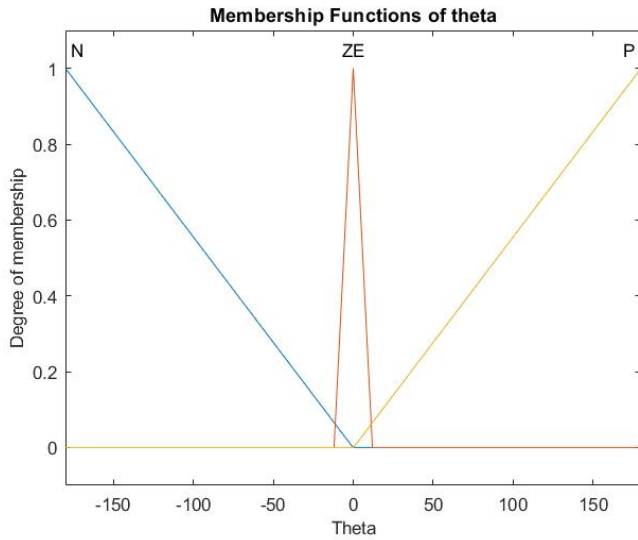
Συναρτήσεις Συμμετοχής

Αρχικά, θα μετακινήσουμε την «ζώνη ισορροπίας» Medium, γύρω από το 0.2, αφού παρατηρούμε ότι η επιθυμητή τελική θέση απέχει 0.2m από τον οριζόντιο άξονα.

Η εικόνα που παρουσιάζει η πορεία του οχήματος στις προηγούμενες προσομοιώσεις, οφείλεται εν μέρη στο γεγονός ότι ο χώρος των μεταβλητών εισόδου και εξόδου, διαμερίζεται σε μικρό αριθμό ασαφών συνόλων και επομένως η μεταβολή της εξόδου είναι βίαια και κοντά στις ακραίες τιμές. Για να αντιμετωπίσουμε αυτό το φαινόμενο θα περιορίσουμε τον χώρο των μεταβλητών θ και $\Delta\theta$, και θα αλλάξουμε την συμμετρία στον χώρο των μεταβλητών dH και dV ώστε να οδηγείται το σύστημα πιο ομαλά στην θέση ισορροπίας.

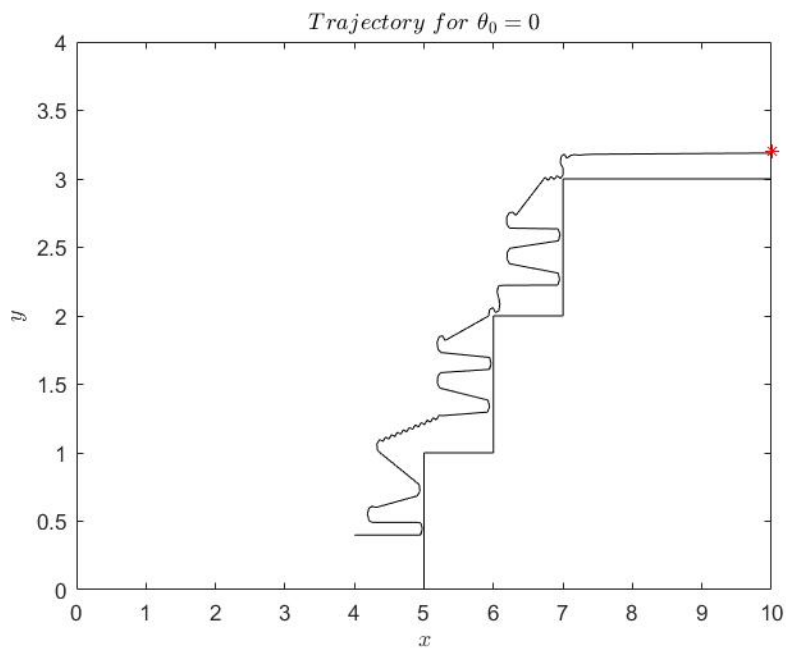
Έπειτα από μια διαδικασία δοκιμής-λάθους, οι βελτιωμένες τιμές και οι νέες συναρτήσεις συμμετοχής απεικονίζονται στις εικόνες παρακάτω.

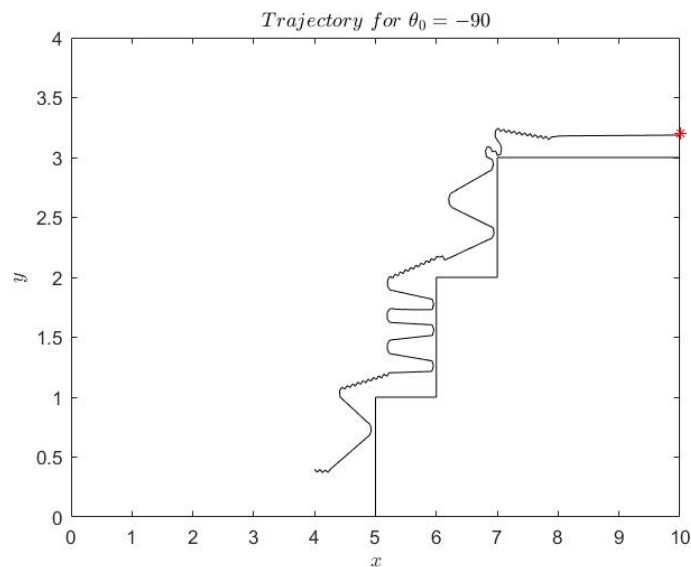
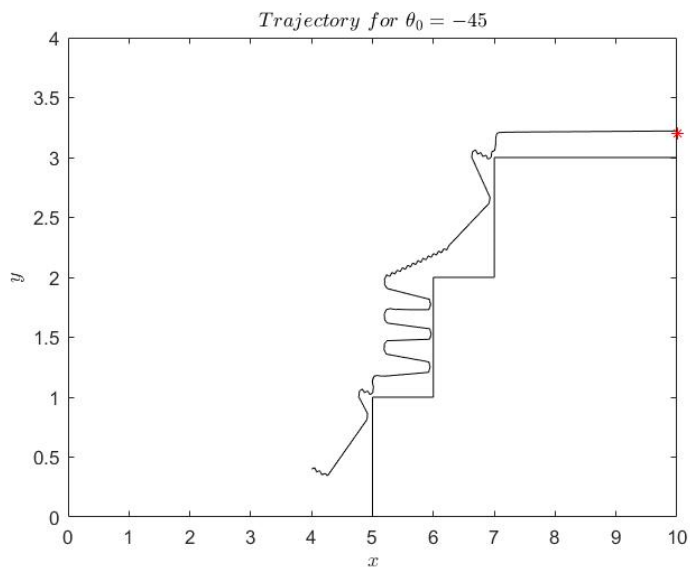




Προσομοίωση Προσαρμοσμένου Συστήματος

Με χρήση των παραπάνω συναρτήσεων μεταφοράς για τις μεταβλητές εισόδου και εξόδου, και με την βάση κανόνων που περιγράφηκε παραπάνω, οι προσομοιώσεις για τις τρεις αρχικές γωνίες παρουσιάζονται στις παρακάτω εικόνες.





Όπως φαίνεται από τα παραπάνω διαγράμματα, η πορεία του οχήματος έχει βελτιωθεί σε μεγάλο βαθμό. Καταφέρνει να βρεθεί στην επιθυμητή τελική θέση με μεγάλη ακρίβεια.

Επίσης, διακρίνουμε ένα μοτίβο στην κίνηση του, γεγονός που κάνει το μοντέλο πιο προβλέψιμο, και επομένως καλύτερα διαχειρίσιμο.

Οι μεγάλες διακυμάνσεις που παρουσιάζονται το διάστημα πριν βρεθεί στην θέση ισορροπίας, ενδεχομένως να μπορούσαν να εξαλειφθούν με μεγαλύτερη διαμέριση του χώρου των μεταβλητών από ασαφείς εκφράσεις, και την εισαγωγή περισσότερων κανόνων στην βάση ελέγχου.

Κώδικας

Ο Κώδικας για τις παραπάνω υλοποιήσεις βρίσκεται στο GitHub, στο link:

[https://github.com/giatats/Computational Intelligence](https://github.com/giatats/Computational_Intelligence)