



Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών
Υπολογιστών

ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΑ ΑΣΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

**Έλεγχος κίνησης ενός οχήματος και αποφυγή εμποδίων
με ασαφείς Ελεγκτές Ομάδα 2 – S04**

Μανουσαρίδης Ιωάννης (8855)

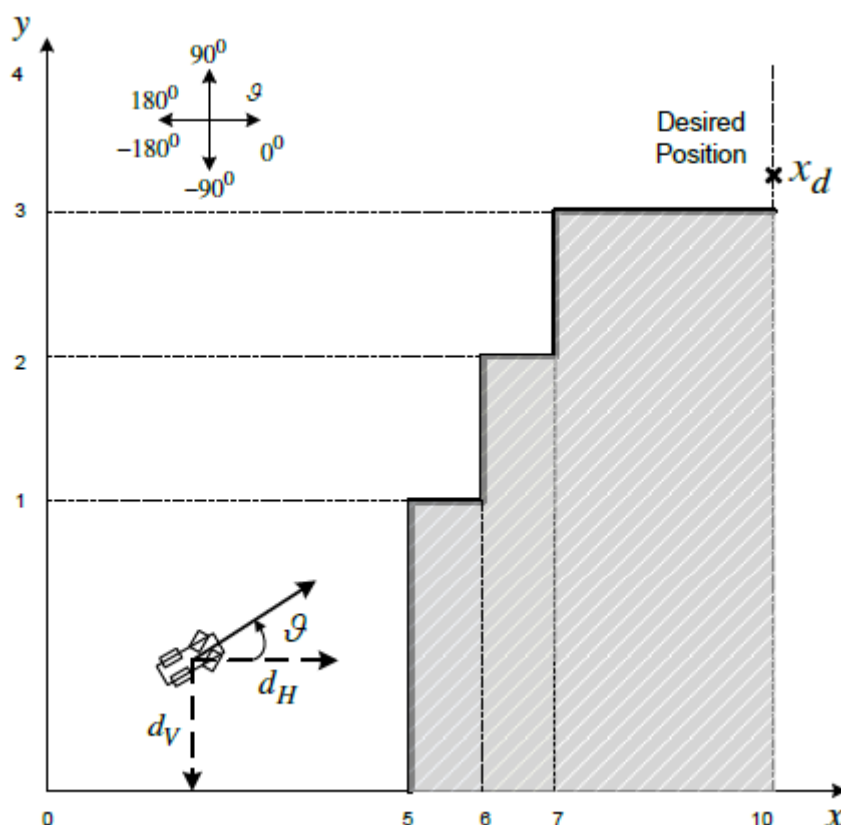
Θεσσαλονίκη, Νοέμβριος 2019

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	2
Περιγραφή του προβλήματος	3
Είσοδοι και έξοδοι του συστήματος	3
Βάση Κανόνων	5
Μοντελοποίηση της Κίνησης	6
Αποτελέσματα και Αξιολόγηση	7
Βελτίωση της Απόδοσης του Συστήματος	9
Επεξήγηση παραδοτέων αρχείων MATLAB και Simulink	12

Περιγραφή του προβλήματος

Στόχος της εργασίας είναι ο σχεδιασμός ενός ασαφούς ελεγκτή FLC για τον έλεγχο της κίνησης ενός οχήματος με σκοπό την αποφυγή εμποδίων. Σκοπός είναι η οδήγηση του οχήματος από μια αρχική θέση σε μια τελική, χωρίς την παραμικρή πρόσκρουση σε υπάρχοντα εμπόδια. Η διαδικασία αυτή φαίνεται καλύτερα στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 1: Περιγραφή του προβλήματος

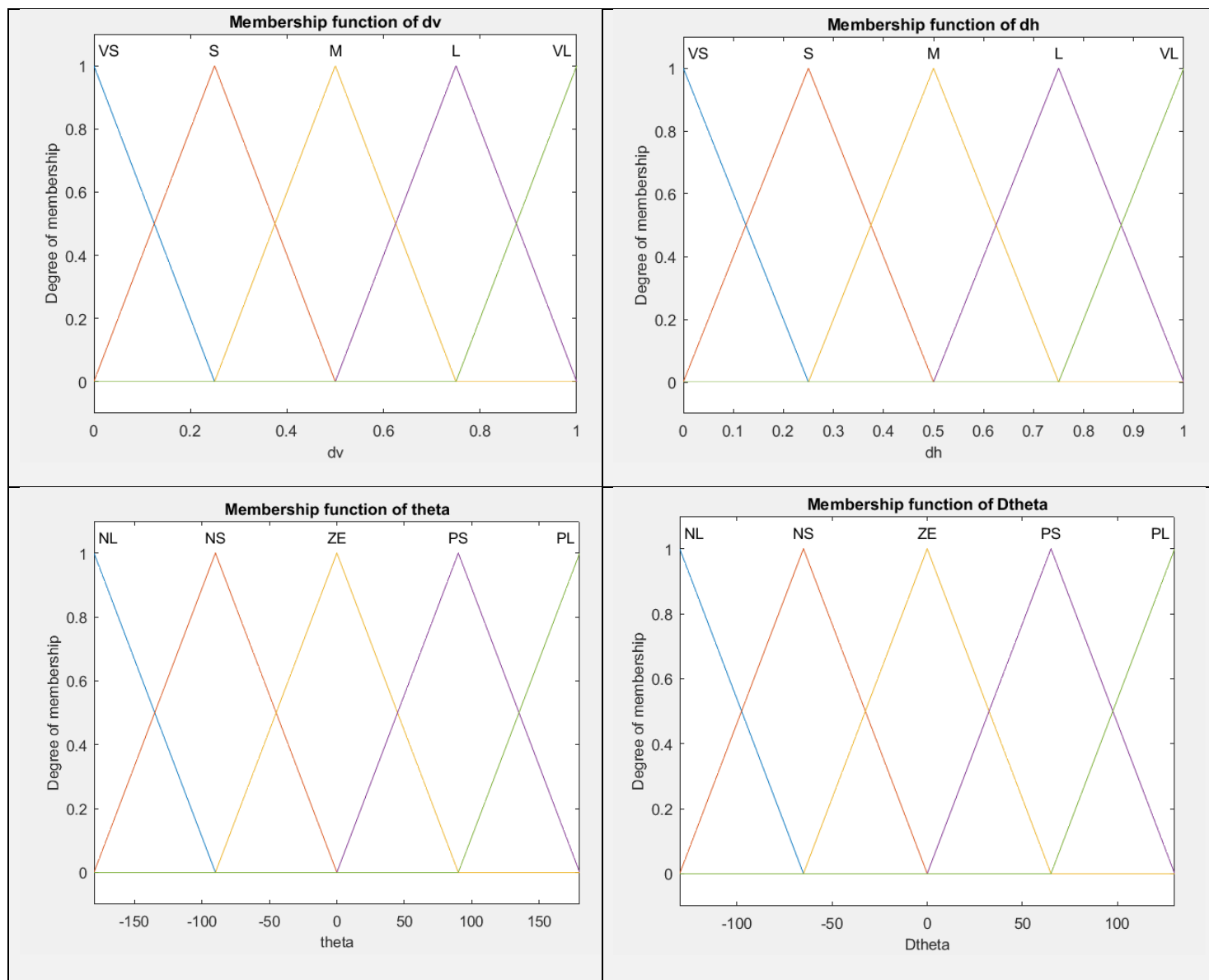
Είσοδοι και έξοδοι του συστήματος

Οι είσοδοι του συστήματος είναι η κάθετη (d_V) και η οριζόντια (d_H) απόσταση του οχήματος από τα εμπόδια. Έτσι, λαμβάνοντας υπόψη τις αποστάσεις και την διεύθυνση της ταχύτητας θ , ο ασαφής ελεγκτής θα αποφασίζει για την μεταβολή της διεύθυνσης της ταχύτητας ($\Delta\theta$), ώστε το όχημα να πλησιάζει την επιθυμητή θέση.

Οι δυνατές τιμές που μπορεί να λάβει η κάθετη απόσταση d_V καθώς και η οριζόντια απόσταση d_H ανήκουν στο διάστημα $[0, 1]$, ενώ η διεύθυνση της ταχύτητας του οχήματος θ παίρνει τιμές στο διάστημα $[-180^\circ, +180^\circ]$ και τέλος η έξοδος του

ελεγκτή, δηλαδή η μεταβολή της διεύθυνσης της ταχύτητας $\Delta\theta$, παίρνει τιμές στο διάστημα $[-130^\circ, +130^\circ]$.

Παρακάτω φαίνονται οι αρχικές συναρτήσεις συμμετοχής των ασαφών συνόλων.



Σχήμα 2: Αρχικές συναρτήσεις συμμετοχής

Το ζητούμενο είναι το όχημα έχοντας ως αρχική θέση $(x_{init}, y_{init}) = (4.1, 0.3)$ να μετακινηθεί, αποφεύγοντας όλα τα εμπόδια, στη επιθυμητή θέση $(x_d, y_d) = (10, 3.2)$. Η απόδοση του ελεγκτή που θα υλοποιηθεί θα αξιολογηθεί σε τρεις πιθανές περιπτώσεις αρχικών τιμών της κατεύθυνσης ταχύτητας του οχήματος θ και συγκεκριμένα για α) $\theta_1 = 0$, β) $\theta_2 = -45^\circ$, γ) $\theta_3 = -90^\circ$.

Βάση Κανόνων

Η βάση των κανόνων αποτελείται όπως φαίνεται στη συνέχεια από τους πίνακες 1 έως 5. Αποτελείται από $5^3 = 125$ διαφορετικούς συνδυασμούς.

Πίνακας 1.

$\theta = PL$		dh				
		VS	S	M	L	VL
dv	VS	ZE	ZE	NS	NS	NS
	S	ZE	ZE	NS	NS	NS
	M	ZE	ZE	NS	NL	NL
	L	ZE	ZE	NS	NL	NL
	VL	ZE	ZE	NS	NL	NL

Πίνακας 2.

$\theta = PS$		dh				
		VS	S	M	L	VL
dv	VS	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE
	S	ZE	ZE	ZE	NS	NS
	M	ZE	ZE	ZE	NS	NS
	L	ZE	ZE	ZE	NS	NS
	VL	ZE	ZE	ZE	NS	NS

Πίνακας 3.

$\theta = ZE$		dh				
		VS	S	M	L	VL
dv	VS	PL	PL	PL	PS	PS
	S	PL	PS	ZE	ZE	ZE
	M	PS	PS	ZE	ZE	ZE
	L	PS	PS	ZE	ZE	ZE
	VL	PS	ZE	ZE	ZE	ZE

Πίνακας 4.

$\theta = NS$		dh				
		VS	S	M	L	VL
dv	VS	PL	PL	PS	PS	PS
	S	PL	PL	PS	PS	PS
	M	PS	PS	PS	ZE	ZE
	L	PS	PS	ZE	ZE	ZE
	VL	PS	PS	ZE	ZE	ZE

Πίνακας 5.

$\theta = NL$		dh				
		VS	S	M	L	VL
dv	VS	PL	PL	PL	PL	PS
	S	PL	PL	PL	PS	PS
	M	PL	PL	PS	PS	PS
	L	PL	PS	PS	PS	ZE
	VL	PS	PS	PS	ZE	ZE

Το σκεπτικό πίσω από τη βάση κανόνων είναι εμπειρικό και αποτέλεσμα αρκετών πειραμάτων. Το σκεπτικό αυτό αναλύεται παρακάτω:

- Όσο το όχημα βρίσκεται μακριά από κάποιο οριζόντιο ή κατακόρυφο εμπόδιο, το όχημα επιθυμούμε να κινείται οριζόντια, με φορά προς τα δεξιά.
- Το όχημα εάν εντοπίσει κάποιο κατακόρυφο εμπόδιο, δηλαδή η οριζόντια απόσταση γίνει μικρή, αυξάνει τη γωνία θ και κινείται παράλληλα σε αυτό.
- Μόλις η οριζόντια απόσταση μεγαλώσει ξανά, το όχημα ξεκινά να κινείται οριζόντια εκ νέου.
- Αν το όχημα βρεθεί πολύ κοντά σε οριζόντιο εμπόδιο, δηλαδή η κατακόρυφη γίνει μικρή, θα αυξήσει ελαφρώς για λίγο τη γωνία θ ώστε και να απομακρυνθεί από αυτό.

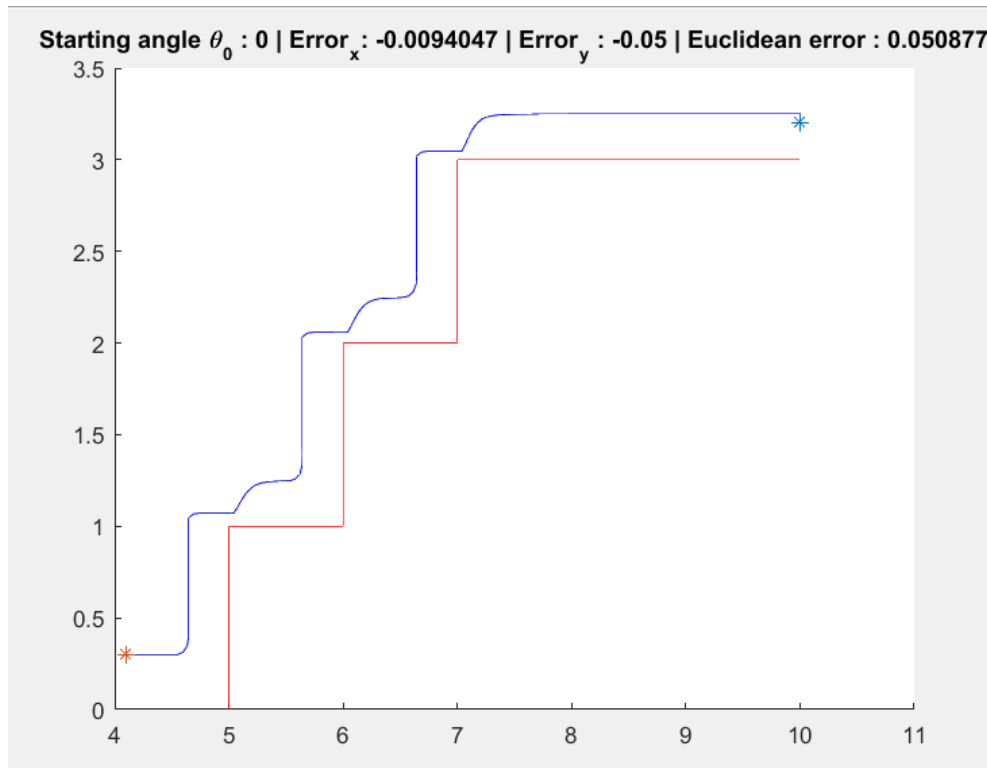
Μοντελοποίηση της Κίνησης

Η κατεύθυνση του οχήματος πάνω στον χώρο δίνεται από τις παρακάτω εξισώσεις:

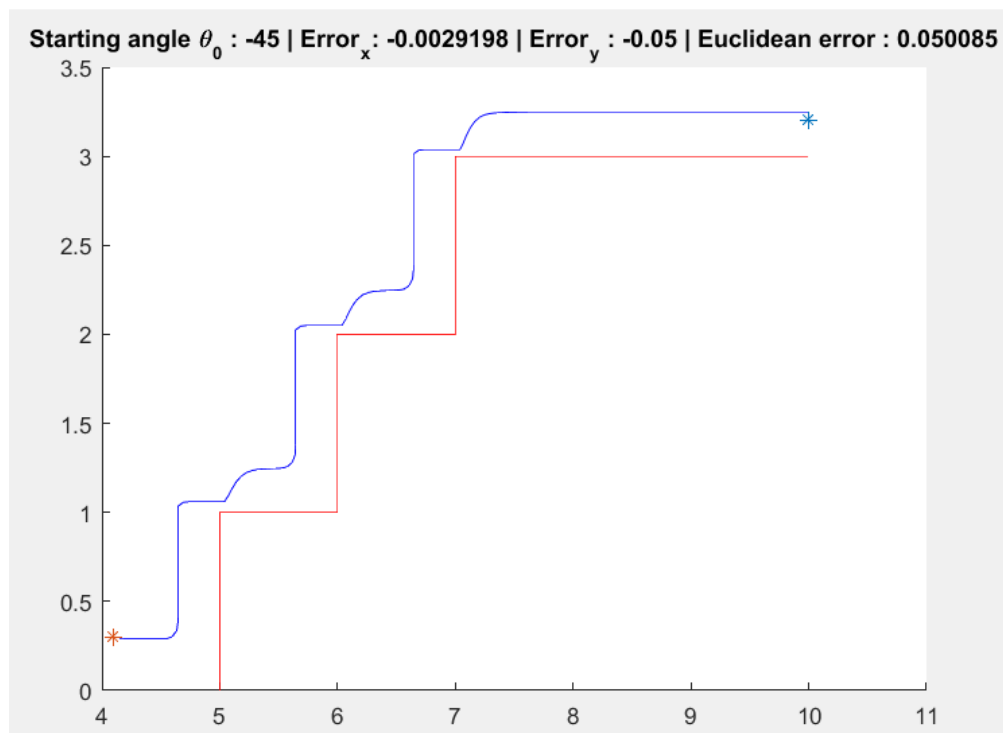
- ως προς τον άξονα x: $x(t) = x(t - 1) + u * \cos(\theta)$
- ως προς τον άξονα y: $y(t) = y(t - 1) + u * \sin(\theta)$, όπου το u είναι σταθερό και ίσο με 0.05m/sec.
- ως προς την γωνία κατεύθυνσης: $\theta(t) = \theta(t - 1) + \Delta\theta(t)$

Αποτελέσματα και Αξιολόγηση

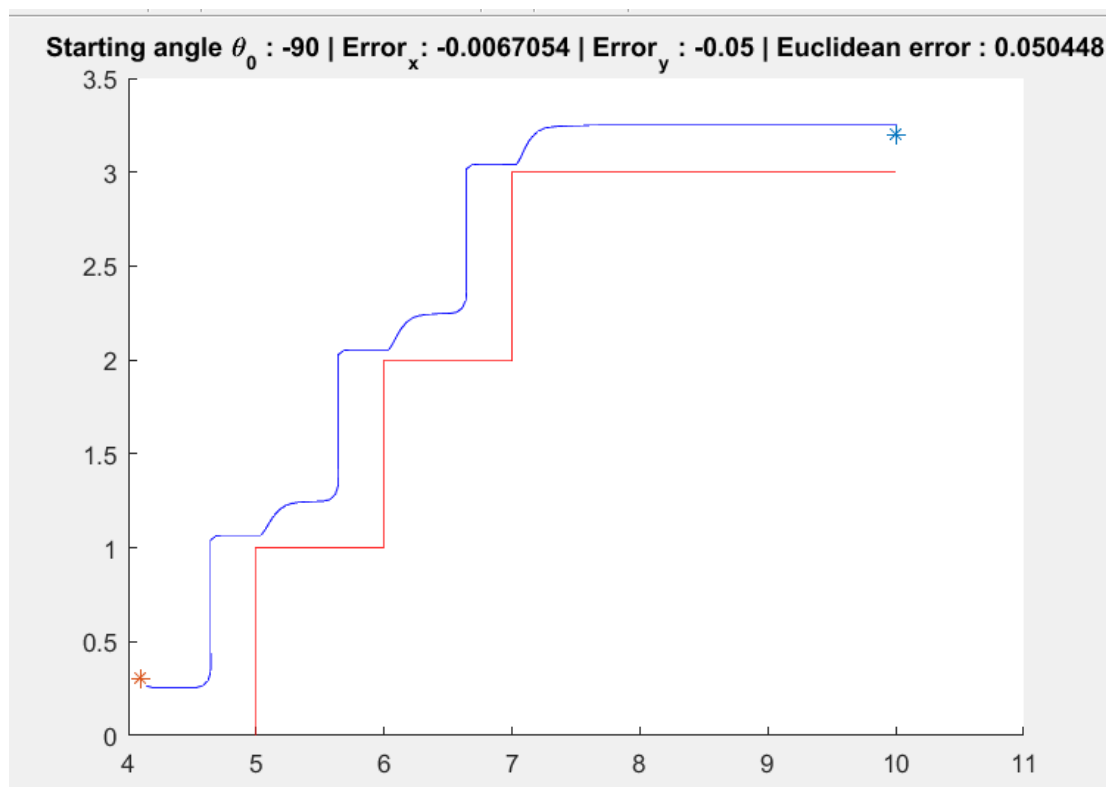
Με τις αρχικές συναρτήσεις συμμετοχής, τα αποτελέσματα της κίνησης του οχήματος σε προσομοιώσεις στο MATLAB είναι όπως φαίνονται παρακάτω:



Σχήμα 3: Πορεία του οχήματος με αρχική διεύθυνση $\vartheta = 0^\circ$.



Σχήμα 4: Πορεία του οχήματος με αρχική διεύθυνση $\vartheta = -45^\circ$.



Σχήμα 5: Πορεία του οχήματος με αρχική διεύθυνση $\theta = -90^\circ$.

Αξιολογώντας τα παραπάνω αποτελέσματα είναι εμφανές ότι το όχημα δεν καταφέρνει να φτάσει στην επιθυμητή θέση με ακρίβεια. Ωστόσο, το σφάλμα της τελικής θέσης είναι αρκετά ικανοποιητικό και συγκεκριμένα λιγότερο από 0,06m για κάθε περίπτωση.

Ως μετρική για το σφάλμα χρησιμοποιήθηκε η ευκλείδεια απόσταση ανάμεσα στην τελική θέση του οχήματος και την επιθυμητή θέση. Τέλος, παρατηρούμε ότι το όχημα πλησιάζει πολύ στα εμπόδια μόνο σε γωνίες και σε κάθε άλλη περίπτωση βρίσκεται αρκετά μακριά από αυτά.

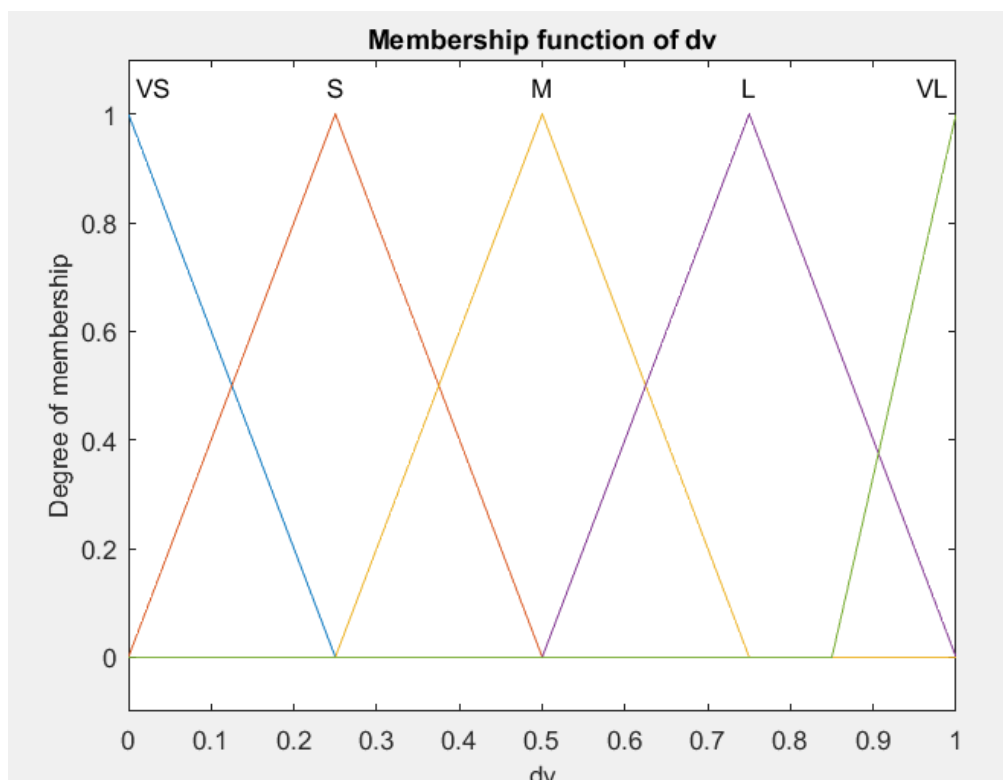
Οι πορείες αυτές είναι αποτέλεσμα αρκετής προσπάθειας και πειραματισμού με τους κανόνες.

Βελτίωση της Απόδοσης του Συστήματος

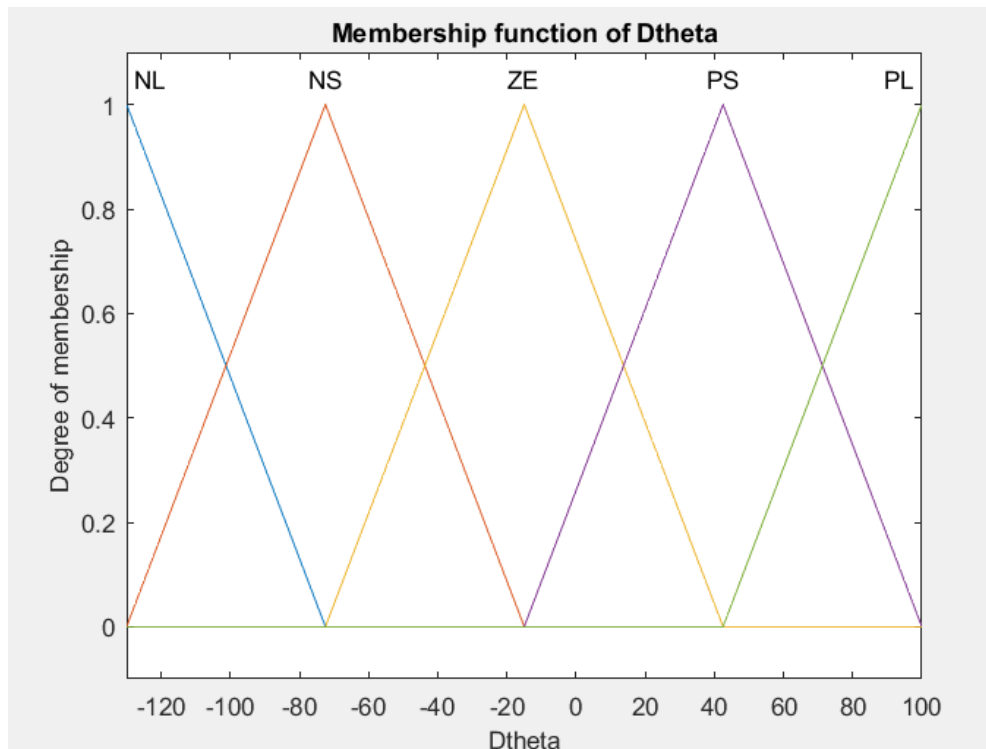
Εφόσον το σφάλμα ως προς x ήταν μικρό, η βελτίωση αποσκοπούσε στη μείωση του ευκλείδειας απόστασης, διατηρώντας το x μικρό και προσπαθώντας να μειώσει το σφάλμα κατά y .

Για την επίτευξη αυτού του σκοπού χρειάστηκε η αλλαγή ορισμένων παραμέτρων. Οι αλλαγές αυτές αποσκοπούν στο να μειώσουν κατά κύριο λόγο το σφάλμα στο y άξονα, κρατώντας σταθερό ή μειώνοντας το σφάλμα στον x άξονα. Ουσιαστικά, είναι επιθυμητό το αυτοκινητάκι μόλις βρεθεί κοντά σε οριζόντιο εμπόδιο να απομακρυνθεί ομαλά από αυτό και όχι απότομα. Έτσι στο τελευταίο οριζόντιο εμπόδιο δεν θα απομακρυνθεί πολύ από το επιθυμητό y .

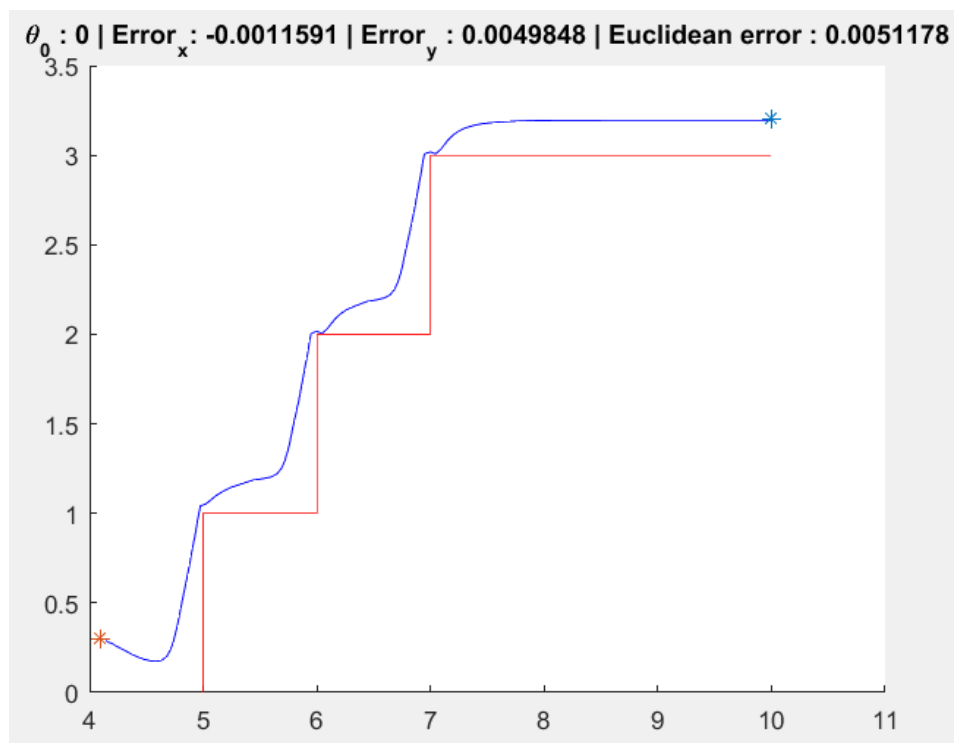
Οι κατάλληλες αλλαγές είναι απόρροια αρκετών πειραμάτων και αφορούν τη συνάρτηση συμμετοχής της dv και του $D\theta$. Στη πρώτη περίπτωση, απλά μειώνεται η επιρροή του VL και στη δεύτερη το εύρος τιμών μετατρέπεται από $[-130^\circ, +130^\circ]$ σε $[-130^\circ, +100^\circ]$.

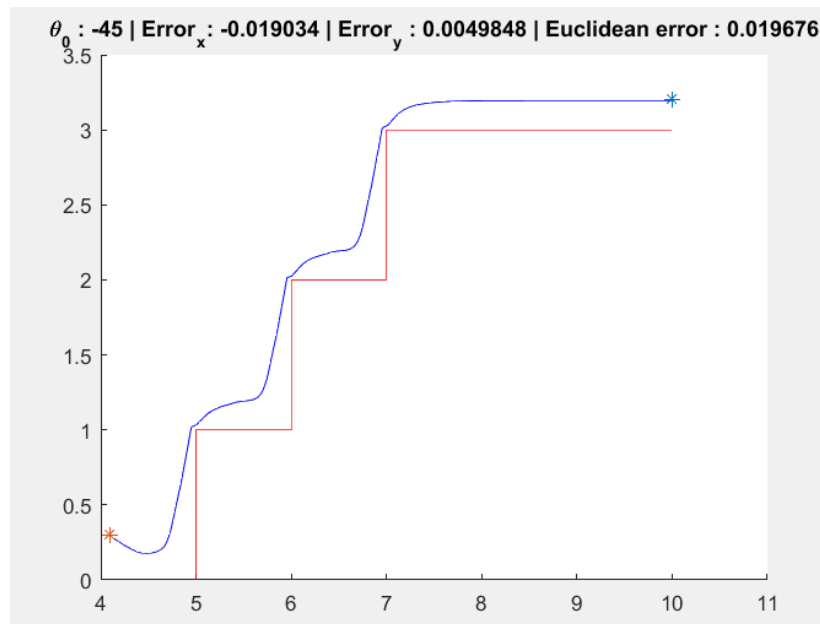


Σχήμα 6: Νέα Συνάρτηση Συμμετοχής Εξόδου $\Delta\theta$

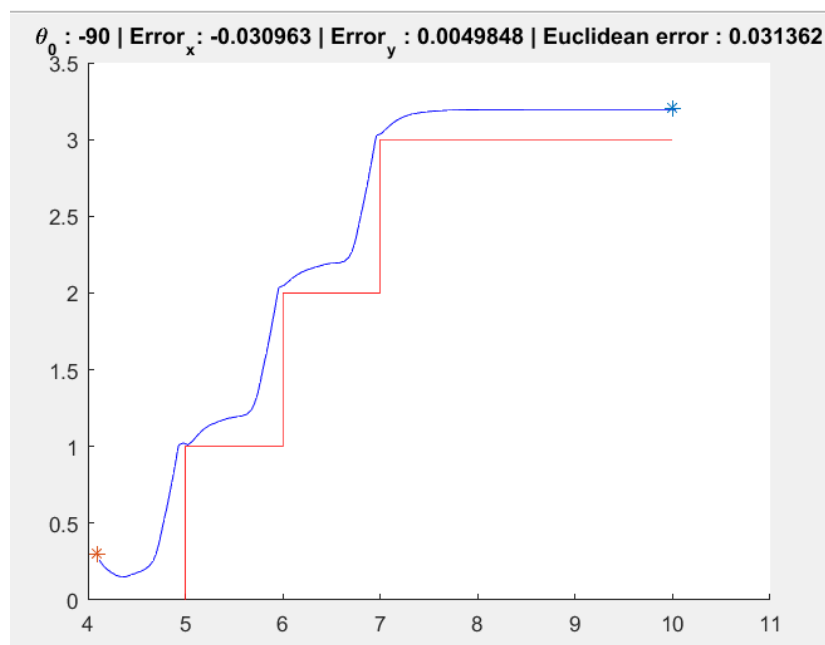


Σχήμα 7: Νέα Συνάρτηση Συμμετοχής Εξόδου Δθ

Σχήμα 8: Πορεία του οχήματος με αρχική διεύθυνση $\vartheta = 0^\circ$.



Σχήμα 9: Πορεία του οχήματος με αρχική διεύθυνση $\vartheta = -45^\circ$.



Σχήμα 10: Πορεία του οχήματος με αρχική διεύθυνση $\vartheta = -90^\circ$.

Αξιολογώντας πλέον τις νέες τροχιές, το αποτέλεσμα είναι εμφανώς καλύτερο από το αρχικό. Τα σφάλματα κατά x και y έχουν μειωθεί. Το όχημα φτάνει ακριβώς στην επιθυμητή θέση τερματισμού με σχεδόν μηδενικό σφάλμα σε όλες τις περιπτώσεις και συγκεκριμένα με σφάλμα μικρότερο από 0,032m για κάθε περίπτωση αρχικών τιμών θ_0 .

Επεξήγηση παραδοτέων αρχείων MATLAB και Simulink

- car3_script.m: MATLAB Script – Υλοποίηση του Συστήματος Οχήματος.
- car3_init.fis: Fuzzy Logic Designer File – Υλοποίηση του αρχικού Ασαφούς ελεγκτή.
- car3_final.fis: Fuzzy Logic Designer File – Υλοποίηση του τελικού Ασαφούς ελεγκτή.
- plotMFs. mget_dv_dh.m, is_outside.m: MATLAB Scripts – Βοηθητικές συναρτήσεις γιατί η υλοποίηση έγινε σε MATLAB R2016b