

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης  
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών  
Τομέας Ηλεκτρονικής και Υπολογιστών



Εργασία στο Μάθημα Ασαφή Συστήματα

**Car Control**

Σειρά 3

**Εργασία 2**

Όνομα: Στέφανος Γανωτάκης

AEM: 7664

Email: sganotak@auth.gr

ΙΟΥΝΙΟΣ 2019

## Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή .....	3
1.1	Αντικείμενο Εργασίας .....	3
1.2	Scripts Εργασίας .....	3
2	Αρχική Σχεδίαση .....	4
2.1	Υλοποίηση πειράματος .....	6
3	Βελτιστοποίηση .....	7

# 1 Εισαγωγή

## 1.1 Αντικείμενο Εργασίας

Στην εργασία αυτή σχεδιάσθηκε ένας ασαφής ελεγκτής για τον έλεγχο της πορείας ενός οχήματος το οποίο πρέπει να φτάσει σε ένα στόχο σε αποφεύγοντας παράλληλα εμπόδια. Οι μεταβλητές εισόδου που χρησιμοποιήθηκαν είναι η οριζόντιά και κατακόρυφη απόσταση από ένα εμπόδιο και η γωνία του οχήματος ενώ η έξοδος είναι η διόρθωση της γωνίας που πρέπει να κάνει το όχημα. Έγιναν δυο υλοποιήσεις, του ελεγκτή, μια αρχική σύμφωνα με τα δεδομένα που δόθηκαν και μια προσπάθεια βελτιστοποίησης της σχεδίασης ώστε να επιτευχθεί όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια στη προσέγγιση του στόχου.

## 1.2 Scripts Εργασίας

Για την εκπόνηση της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω scripts σε Matlab

carControl.m: Script για την αρχική σχεδίαση του ελεγκτή

carControl\_optimized.m: Script για την βελτιστοποιημένη σχεδίαση του ελεγκτή

get\_distances.m: Συνάρτηση για τον υπολογισμό της απόστασης του οχήματος από τα εμπόδια

## 2 Αρχική Σχεδίαση

Αρχικά καθορίζουμε τις μεταβλητές εισόδου και εξόδου του ασαφούς συστήματος. Έχουμε 3 μεταβλητές εισόδου: την οριζόντια και κάθετη απόσταση του οχήματος από εμπόδιο,  $d_H$  και  $d_V$  αντίστοιχα καθώς και την τρέχουσα γωνία  $\theta$ , και μία μεταβλητή εξόδου  $\Delta\theta$  που αντιπροσωπεύει την επιθυμητή μεταβολή της γωνίας  $\theta$ . Οι διαμερίσεις του χώρου των μεταβλητών παρουσιάζονται στα παρακάτω σχήματα. Επομένως, ορίζουμε την βάση κανόνων του ασαφούς ελεγκτή η οποία παρουσιάζεται στον πίνακα 1. Εφόσον έχουμε 3 μεταβλητές εισόδου, οι οποίες διαμερίζονται σε 3 ασαφή σύνολα η κάθε μια, δημιουργήθηκαν  $3^3 = 27$  κανόνες. Συγκεκριμένα οι πρώτοι 9 κανόνες αφορούν το όχημα όταν έχει μικρή οριζόντια απόσταση από ένα εμπόδιο και καθορίζουν τη συμπεριφορά του αυτοκινήτου όταν συναντήσει τοίχωμα στον άξονα  $x$ . Οι κανόνες  $R_1, R_4, R_7$  αναφέρονται στην περίπτωση που το όχημα έχει μικρή απόσταση από τα εμπόδια και στον οριζόντιο και στον κάθετο άξονα και ανάλογα με την τρέχουσα γωνία  $\theta$  ο ελεγκτής έχει ως έξοδο μεταβολή της γωνίας  $\Delta\theta$  τέτοια ώστε το όχημα να καταλήξει να έχει θετική γωνία και να πάει προς το επιθυμητό σημείο. Η ίδια λογική ακολουθείται και για τους υπόλοιπους κανόνες του σετ  $R_1 - R_9$  με εξαίρεση τον κανόνα  $R_6$  όπου έχουμε μεγάλη κατακόρυφη απόσταση και μηδενική γωνία άρα δεν μας ενδιαφέρει να μεταβάλουμε την γωνία. Οι κανόνες  $R_{10} - R_{18}$  αναφέρονται σε μεσαία οριζόντια απόσταση. Πιο συγκεκριμένα όταν έχουμε μικρή κατακόρυφη απόσταση τότε ανάλογα με την τιμή της γωνίας πραγματοποιείται διόρθωση της τιμής της ώστε εκείνη να προσεγγίζει το 0, και να αποφευχθεί τυχόν πρόσκρουση με εμπόδιο. Στην περίπτωση που έχουμε μέτρια ή μεγάλη κατακόρυφη απόσταση, προσπαθούμε να διατηρήσουμε τη γωνία αν αυτή είναι θετική ή μηδενική σε διαφορετική περίπτωση (αρνητική), κάνουμε διόρθωση γωνίας. Η ίδια λογική ακολουθείται και για το τρίτο σετ κανόνων όπου έχουμε μεγάλη οριζόντια απόσταση ( $R_{19} - R_{27}$ )

Rule	$d_H$	$d_V$	$\theta$	$\Delta\theta$
$R_1$	S	S	P	ZE
$R_2$	S	M	P	ZE
$R_3$	S	L	P	ZE
$R_4$	S	S	ZE	P
$R_5$	S	M	ZE	P
$R_6$	S	L	ZE	ZE
$R_7$	S	S	N	P
$R_8$	S	M	N	P
$R_9$	S	L	N	P
$R_{10}$	M	S	P	N
$R_{11}$	M	M	P	ZE
$R_{12}$	M	L	P	ZE
$R_{13}$	M	S	ZE	ZE
$R_{14}$	M	M	ZE	ZE
$R_{15}$	M	L	ZE	ZE
$R_{16}$	M	S	N	P
$R_{17}$	M	M	N	P
$R_{18}$	M	L	N	P
$R_{19}$	L	S	P	N
$R_{20}$	L	M	P	N
$R_{21}$	L	L	P	N
$R_{22}$	L	S	ZE	ZE
$R_{23}$	L	M	ZE	ZE
$R_{24}$	L	L	ZE	ZE
$R_{25}$	L	S	N	P
$R_{26}$	L	M	N	P
$R_{27}$	L	L	N	ZE

Table 1: Ασαφής Βάση Κανόνων Ελεγκτή

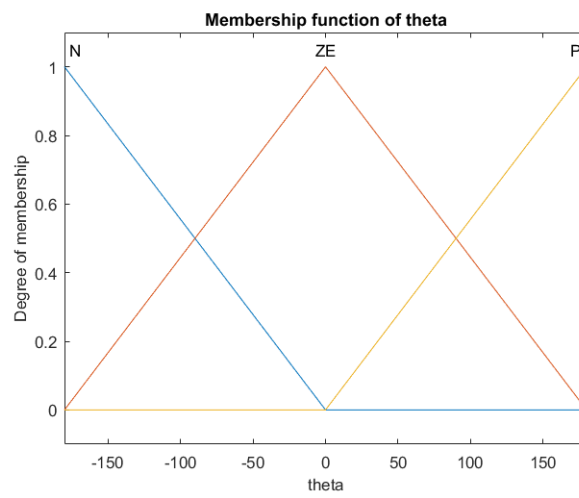
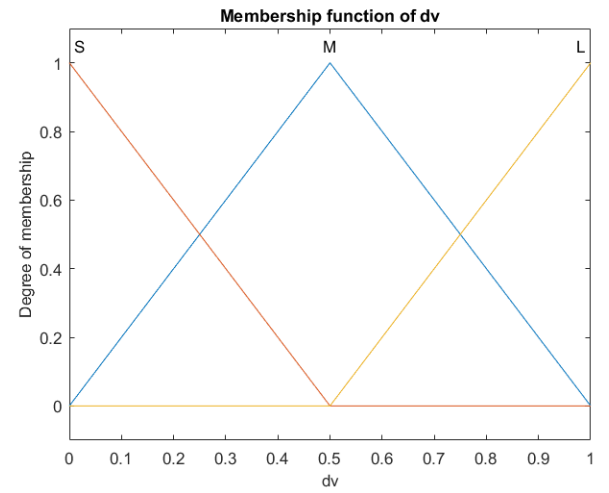
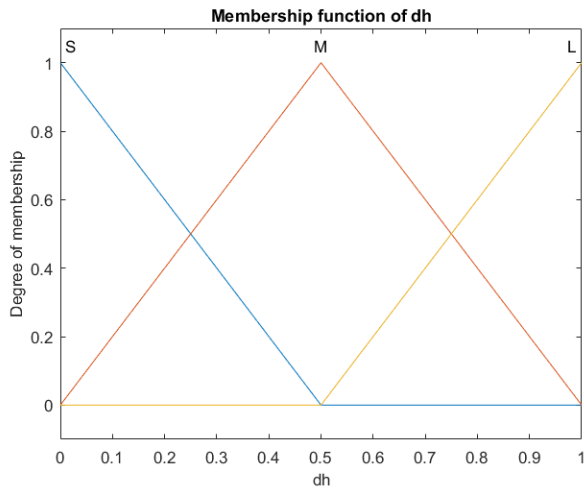


Figure1:Συναρτήσεις συμμετοχής εισόδου

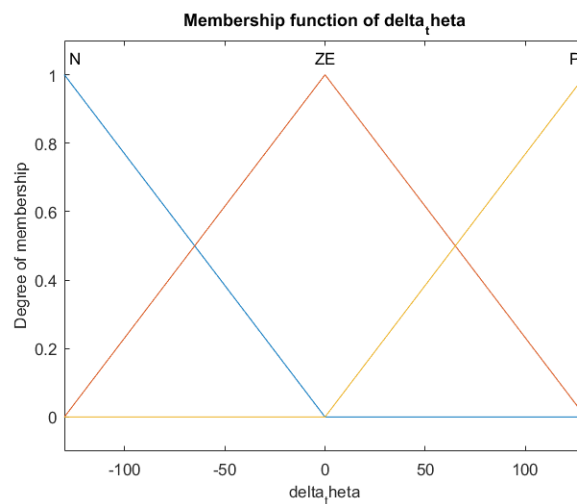
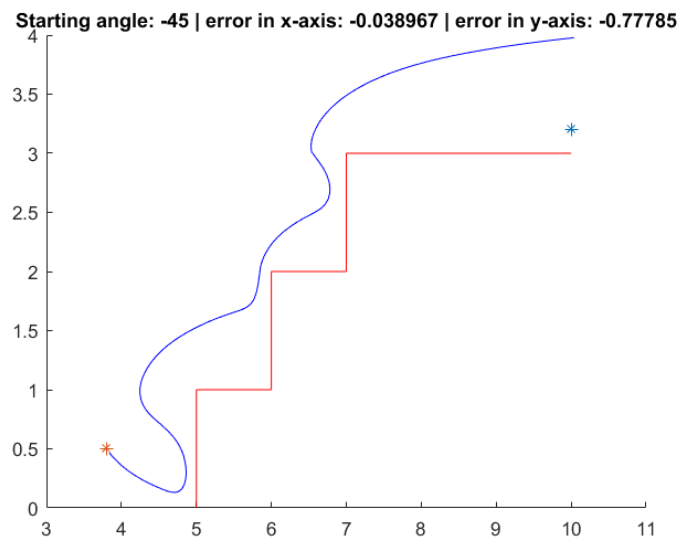
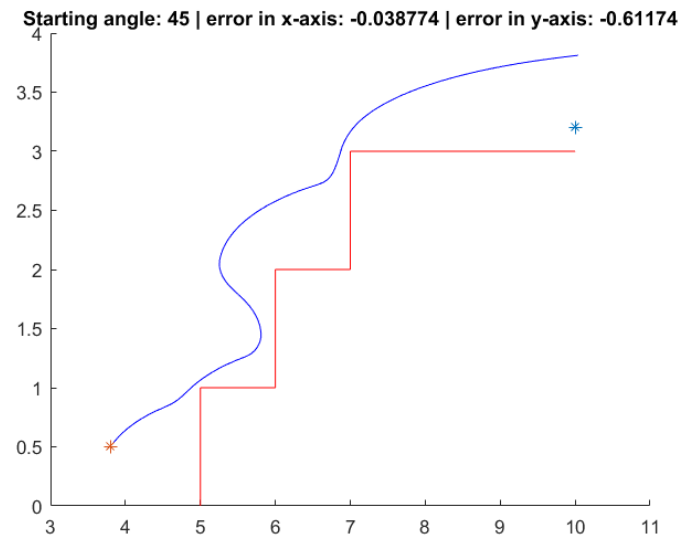


Figure 2:Συνάρτηση Συμμετοχής εξόδου

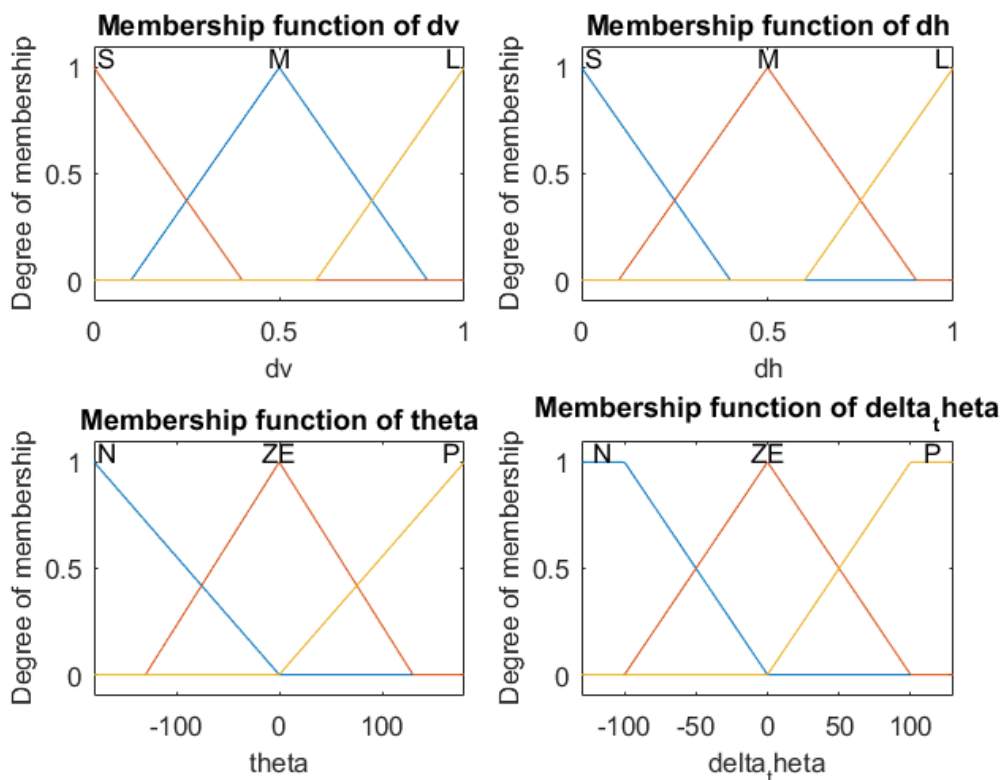
## 2.1 Υλοποίηση πειράματος

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του πειράματος για αρχικές συντεταγμένες (3.8,0.5) και αρχικές γωνίες  $0, 45^{\circ}, -45^{\circ}$ . Παρατηρούμε ότι ενώ το όχημα αποφεύγει με επιτυχία τα εμπόδια σε κάθε περίπτωση, αδυνατεί να προσεγγίσει με ακρίβεια τον στόχο, αφού υπάρχει ένα αρκετά μεγάλο σφάλμα στον άξονα  $y$ . Για αυτό το λόγο είναι απαραίτητο να βελτιστοποιήσουμε την σχεδίαση του ελεγκτή.



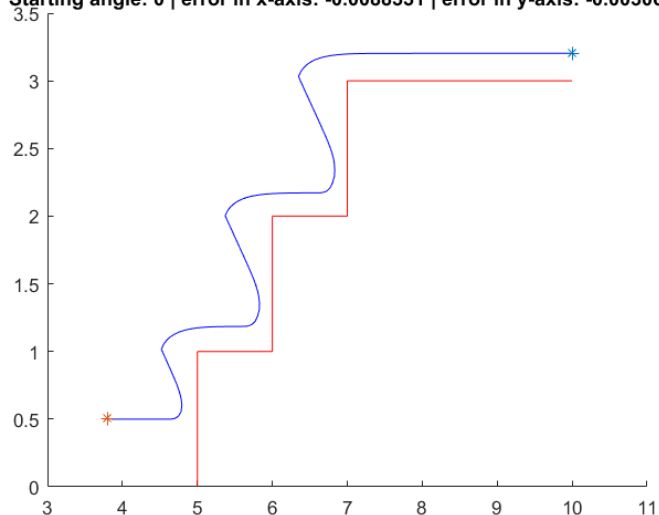
### 3 Βελτιστοποίηση

Για την βελτιστοποίηση της σχεδίασης του ελεγκτή διατηρήθηκε η ίδια βάση κανόνων και έγιναν αλλαγές στα πεδία ορισμού των μεταβλητών εισόδου και εξόδου. Οι νέες συναρτήσεις συμμετοχής για την είσοδο και την έξοδο παρουσιάζονται παρακάτω.

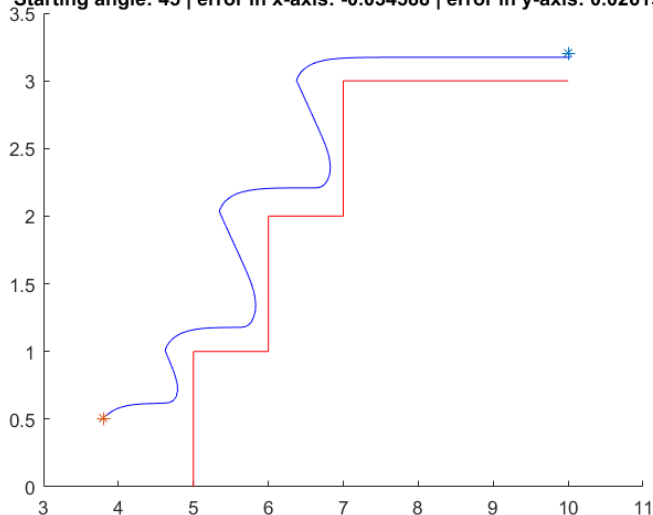


Επαναλαμβάνοντας τα πειράματα για αρχικές συντεταγμένες (3.8,0.5) και αρχικές γωνίες  $0,45^\circ$ ,  $-45^\circ$  παρατηρούμε ότι όχι μόνο το όχημα αποφεύγει όλα τα εμπόδια αλλά προσεγγίζει το στόχο με σχεδόν μηδενικό σφάλμα τόσο σε οριζόντια όσο και σε κάθετη απόσταση.

Starting angle: 0 | error in x-axis: -0.0088331 | error in y-axis: -0.0030636



Starting angle: 45 | error in x-axis: -0.034588 | error in y-axis: 0.026193



Starting angle: -45 | error in x-axis: -0.0065903 | error in y-axis: -0.0071724

