



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

## Εργασία Car Control στην Υπολογιστική Νοημοσύνη

Εργασία του  
Φώτη Αλεξανδρίδη, ΑΕΜ: 9953  
faalexandr@ece.auth.gr

20 Οκτωβρίου 2023

# Περιεχόμενα

<b>1</b>	<b>Πρόλογος</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Παραδοτέα</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Υλοποίηση και αποτελέσματα</b>	<b>4</b>
3.1	Υλοποίηση του ελεγκτή . . . . .	4
3.2	Υλοποίηση της βάσης κανόνων . . . . .	8
3.3	Αρχική Προσομοίωση . . . . .	9
3.4	Βελτιωμένο Σύστημα . . . . .	12
3.5	Σχόλια . . . . .	16

# **Κεφάλαιο 1**

## **Πρόλογος**

Η εργασία αυτή πραγματεύεται την σχεδίαση ενός Fuzzy Logic Controller (FLC) για τον έλεγχο της κίνησης ενός οχήματος με βάση την απόσταση που αυτό έχει από διάφορα εμπόδια στον χώρο.

# Κεφάλαιο 2

## Παραδοτέα

Το παραδοτέο της εργασίας αποτελούνται από τα ακόλουθα αρχεία :

- `function get_obstacle_dists.m`, η οποία είναι υπεύθυνη για την επιστροφή αποστάσεων από τα κοντινότερα εμπόδια με βάση τη θέση του οχήματος στον χώρο
- `script simulation.m`, το οποίο είναι υπεύθυνο για την προσωμοίωση και εξαγωγή αποτελεσμάτων του προβλήματος
- FIS `car_system.fis`, το οποίο είναι το Fuzzy Inference System που αποτελεί τον ελεγκτή μας
- FIS `optimized_car_system.fis`, το οποίο είναι το βελτιστοποιημένο Fuzzy Inference System που αποτελεί τον ελεγκτή μας, κατόπιν των απαιτούμενων αλλαγών

Πρακτικά, η συνάρτηση `get_obstacle_dists` δημιουργεί την γεωμετρία των εμποδίων στον χώρο και τα `*.fis` αρχεία αποτελούν τους ελεγκτές. Οι ελεγκτές δημιουργήθηκαν με την βοήθεια του γραφικού περιβάλλοντος Fuzzy Logic Designer.

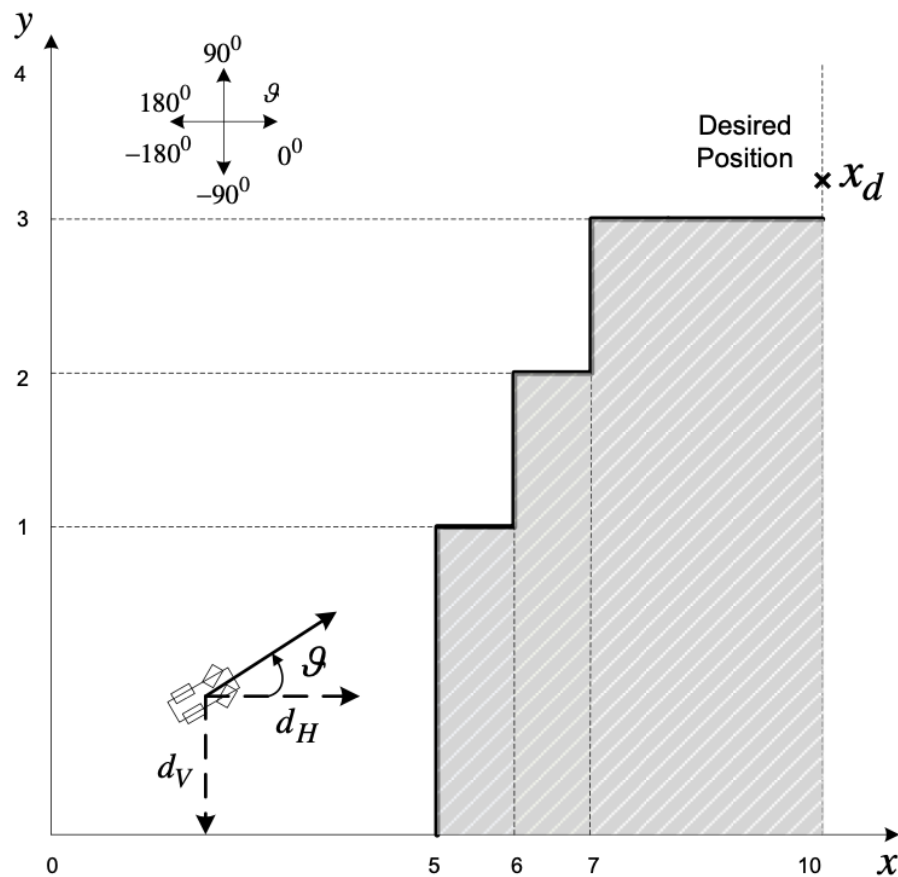
## Κεφάλαιο 3

# Υλοποίηση και αποτελέσματα

### 3.1 Υλοποίηση του ελεγκτή

Το πρόβλημα περιγράφεται με λεπτομέρεια στην εκφώνηση της άσκησης [1]. Σε πρώτη φάση, καλούμαστε να δημιουργήσουμε έναν ασαφή ελεγκτή που να μπορεί να κατευθύνει όχημα κινούμενο με σταθερή ταχύτητα  $u = 0.05 \frac{m}{s}$  και ξεκινώντας από την αρχική θέση  $(x, y) = (3.8, 0.5)$  να καταλήγει χωρίς να ακουμπήσει κάποιο εμπόδιο στην τελική θέση  $(x, y) = (10, 3.2)$ .

Γεωμετρικά το πρόβλημα φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Αναπτύσσουμε λοιπόν τον FLC στο περιβάλλον Fuzzy Logic Designer με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Οι κανόνες υλοποιούνται με τον συντελεστή συμπερασμού Mamdani  $R_C$
- Το συνδετικό ALSO υλοποιείται με τον τελεστή max
- Σαν τελεστή σύνθεσης χρησιμοποιούμε τον max-min
- Για την απο-ασαφοποίηση χρησιμοποιούμε τον απο-ασαφοποιητή κέντρου βάρους (COA)

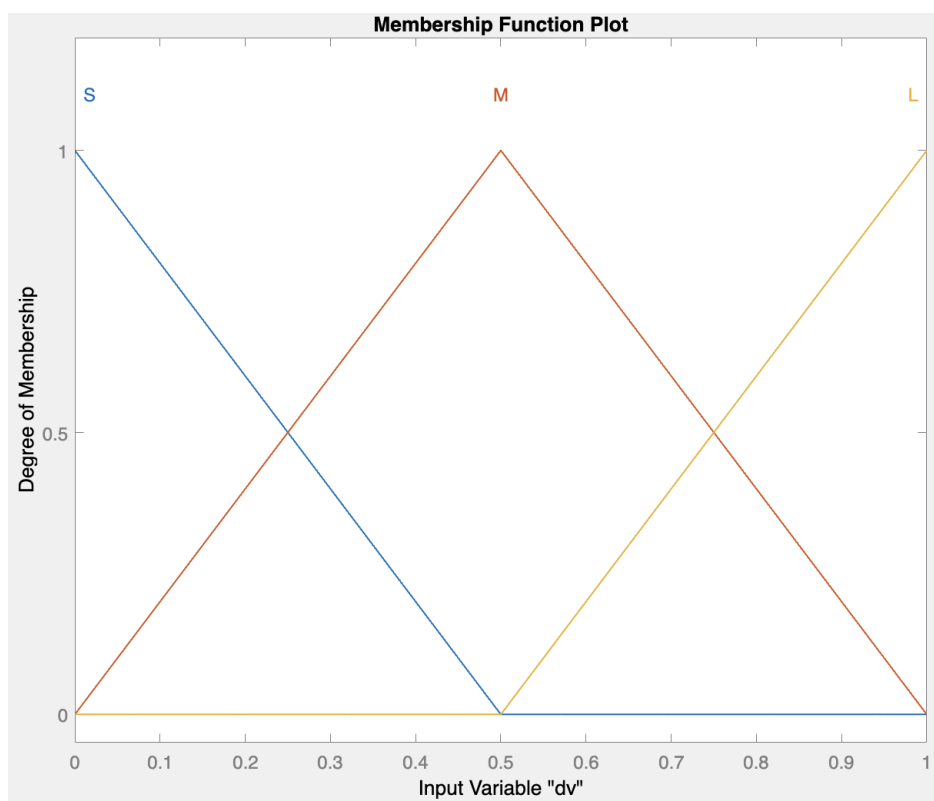
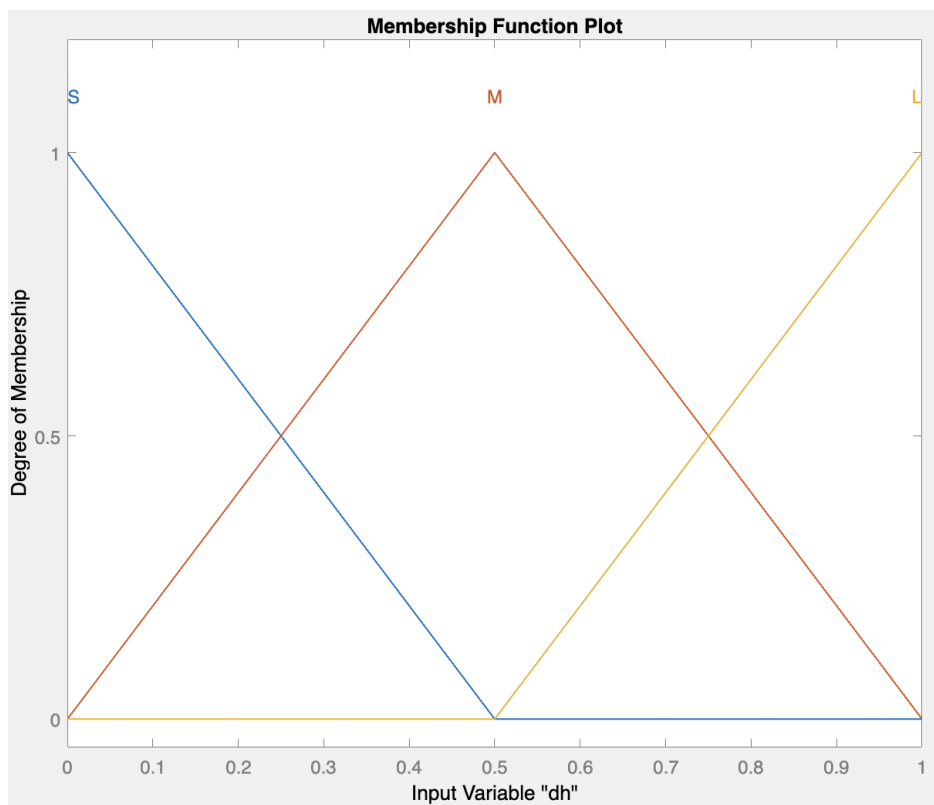
Στο περιβάλλον Fuzzy Logic Designer τα χαρακτηριστικά αυτά υλοποιούνται ως εξής:

PROPERTY EDITOR: FIS	
Type:	Mamdani Type-1
Name	<input type="text" value="car_system"/>
And method	<input type="text" value="min"/> ▼
Or method	<input type="text" value="max"/> ▼
Implication method	<input type="text" value="min"/> ▼
Aggregation method	<input type="text" value="max"/> ▼
Defuzzification method	<input type="text" value="centroid"/> ▼
Inputs:	3
Outputs:	1
Rules:	5

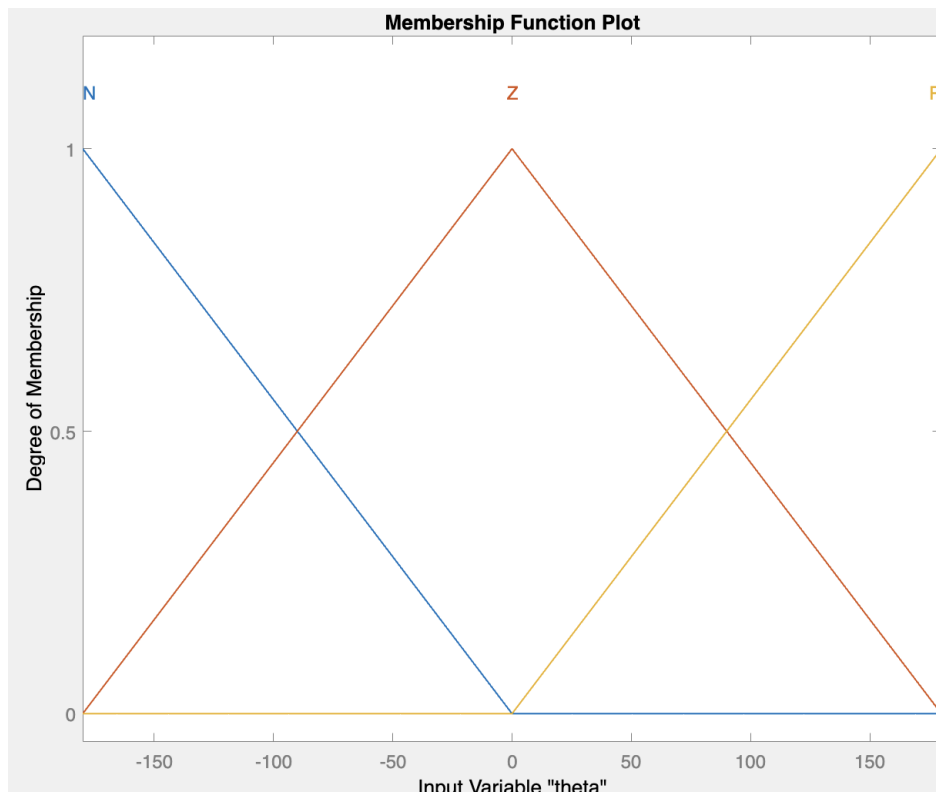
Σχετικά με τις εισόδους και τις εξόδους του FLC έχουμε:

- [Input]  $d_v \in [0, 1]$
- [Input]  $d_h \in [0, 1]$
- [Input]  $\partial \in [-180, 180]$
- [Output]  $\Delta\partial \in [-130, 130]$

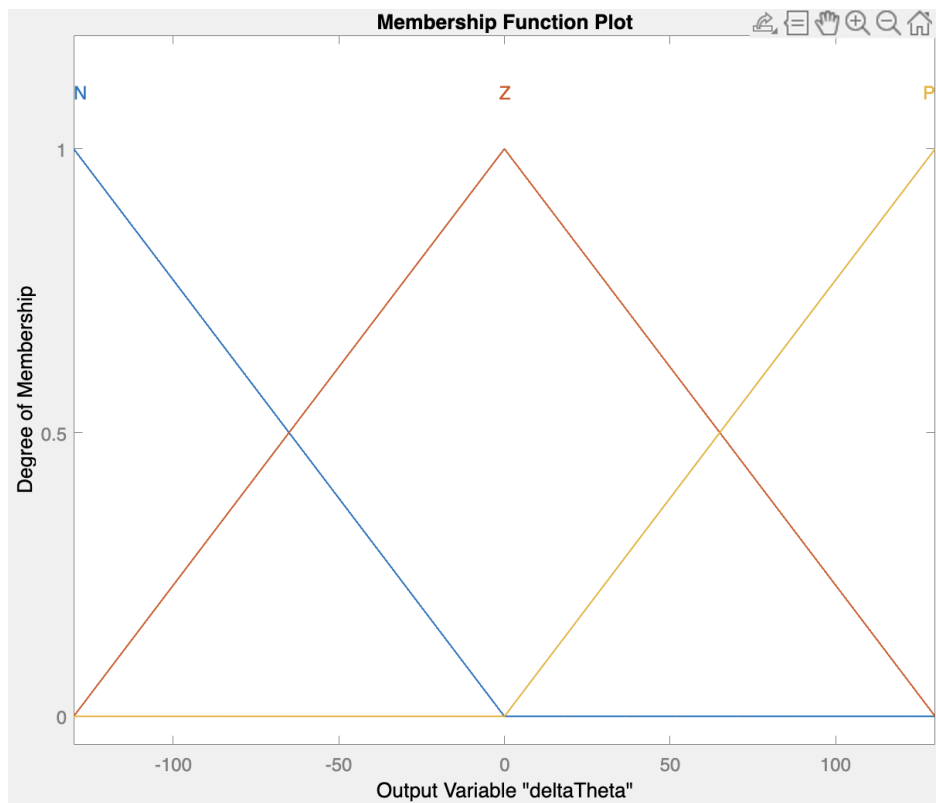
Ο χώρος των μεταβλητών εισόδου  $d_v$  και  $d_h$  διαμερίζεται σε τρία ασαφή λεκτικά σύνολα: S - Small, M - Medium, L - Large και membership functions εισόδου του ελεγκτή διαμορφώνονται ως εξής:



Ο χώρος της μεταβλητής εισόδου  $\theta$  διαμετίζεται σε τρία ασαφή λεκτικά σύνολα: S - Small, M - Medium, L - Large και membership functions εισόδου του ελεγκτή διαμορφώνονται ως εξής:

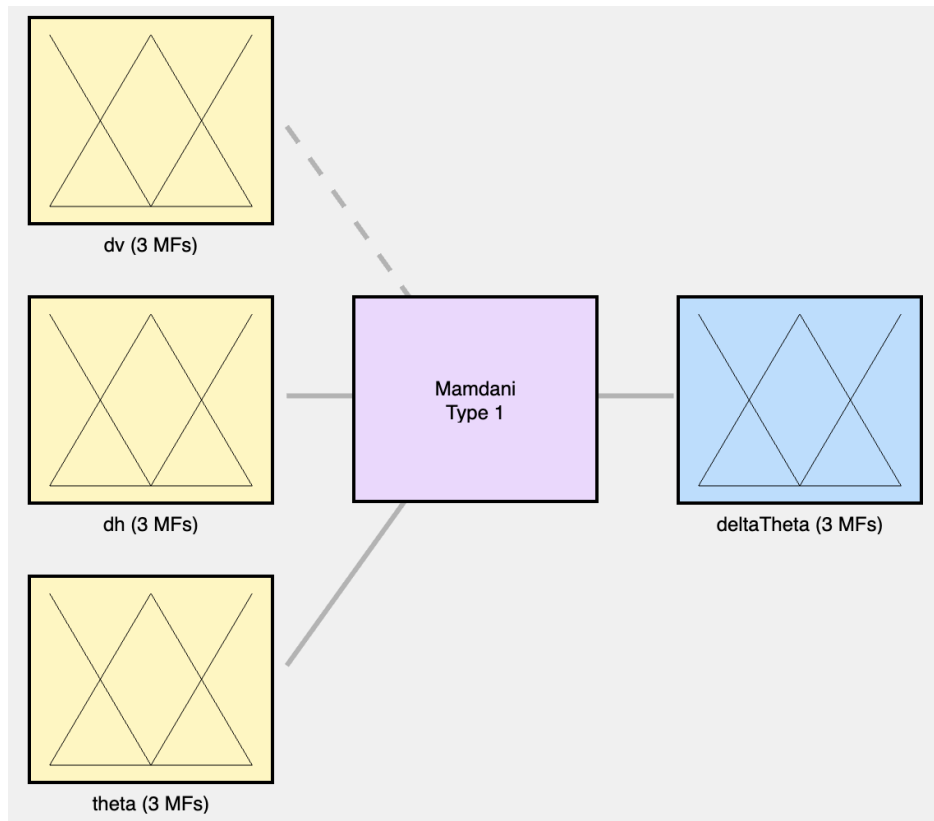


Ο χώρος της μεταβλητής εισόδου  $\Delta\theta$  διαμετρίζεται σε τρία ασαφή λεκτικά σύνολα: S - Small, M - Medium, L - Large και membership functions εξόδου του ελεγκτή διαμορφώνονται ως εξής:



Το σύστημα έχει την ακόλουθη μορφή:





## 3.2 Υλοποίηση της βάσης κανόνων

Σε αυτό το κομμάτι της εργασίας καλούμαστε να υλοποιήσουμε την βάση κανόνων του ελεγκτή η οποία απαρτίζεται από κανόνες της μορφής:

$$\text{IF } d_v \text{ is S AND } d_h \text{ is S AND } \theta \text{ is N THEN } \Delta\theta \text{ is P}$$

Σκεφτόμαστε με βάση την λογική και βασιζόμαστε στις ακόλουθες σκέψεις:

- Για μια αρνητική γωνία  $\theta$  πάντα θα θέλουμε το αμάξι να στρίψει προς τα πάνω για να μην τρακάρει σε κάποιο εμπόδιο
- Για μικρή οριζόντια απόσταση, πλησιάζουμε κάποιον τοίχο και έτσι πρέπει να στρίψουμε προς τα πάν
- Για μη μικρή οριζόντια απόσταση, θέλουμε να κινηθούμε προς τα δεξιά για να πλησιάσουμε τον στόχο μας

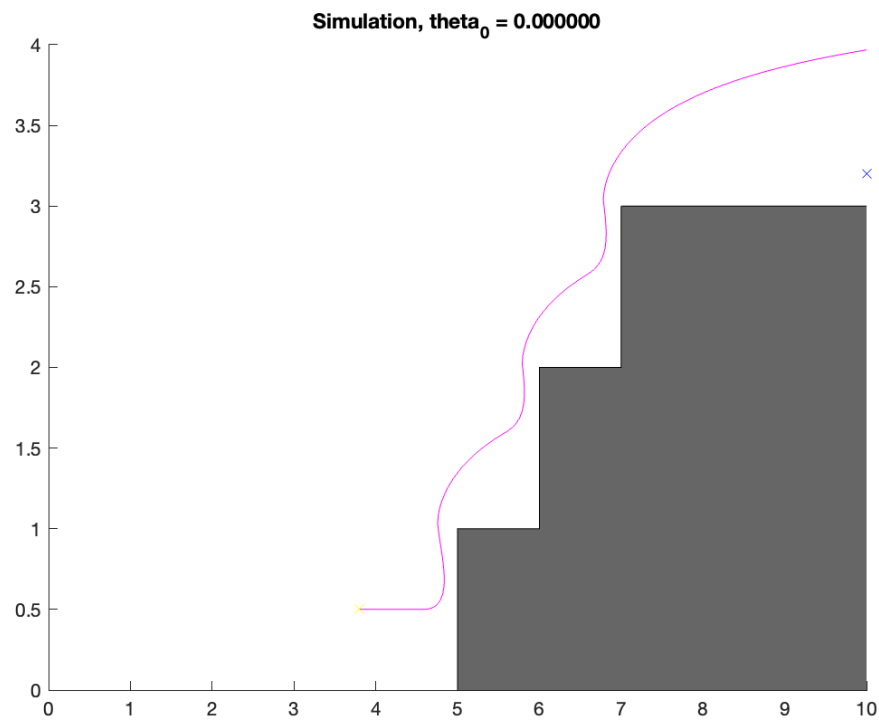
Με βάση αυτές τις σκέψεις, διαμορφώνουμε την παρακάτω πλήρη βάση κανόνων:

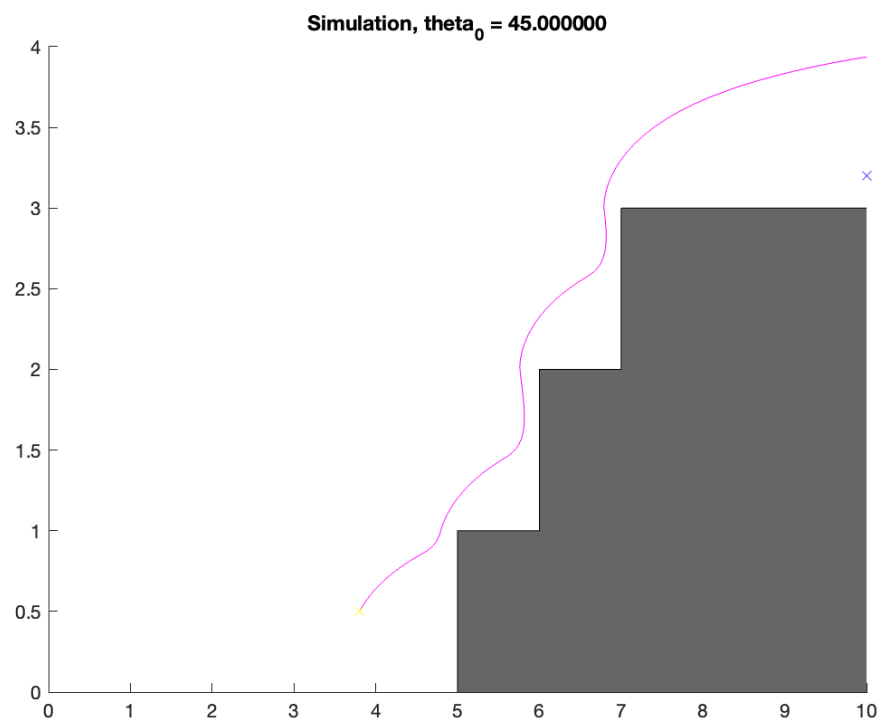
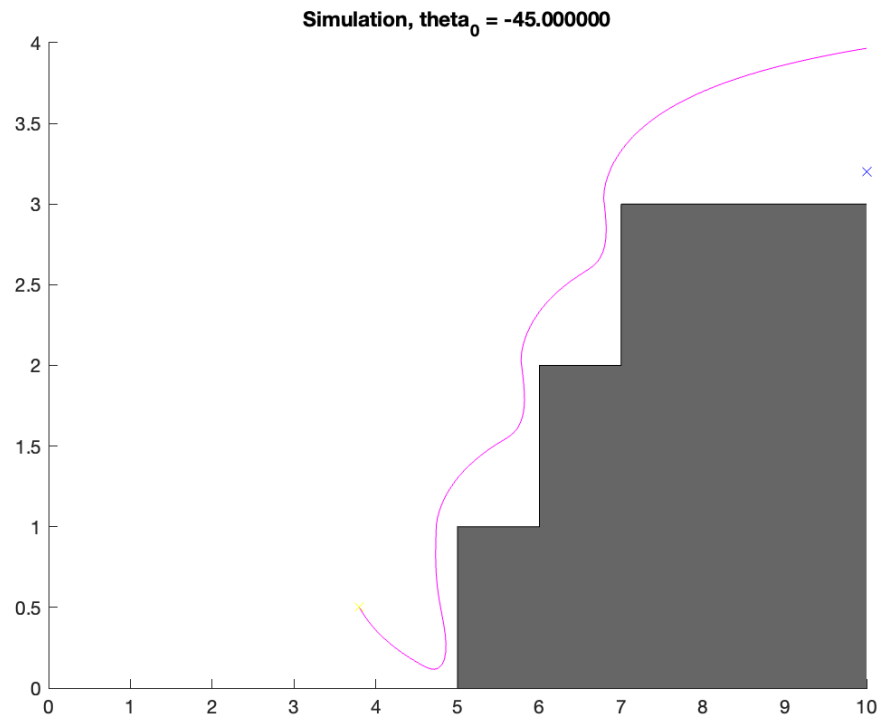
- IF  $\theta$  is N THEN  $\Delta\theta$  is P
- IF  $d_h$  is S AND  $\theta$  is Z THEN  $\Delta\theta$  is P
- IF  $d_h$  is S AND  $\theta$  is P THEN  $\Delta\theta$  is Z
- IF  $d_h$  is not S AND  $\theta$  is Z THEN  $\Delta\theta$  is Z
- IF  $d_h$  is not S AND  $\theta$  is P THEN  $\Delta\theta$  is N

Ο λόγος που καταλήξαμε σε μια τόσο μικρή βάση κανόνων, αντί για την θεωρητική βάση που θα περιείχε  $3^3 = 27$  κανόνες, είναι για να απλοποιήσουμε το σύστημά μας, και για να ξεκινήσουμε από κάτι απλό και σταδιακά να χτίζουμε προς κάτι περίπλοκο, αν αυτό κρίνεται απαραίτητο.

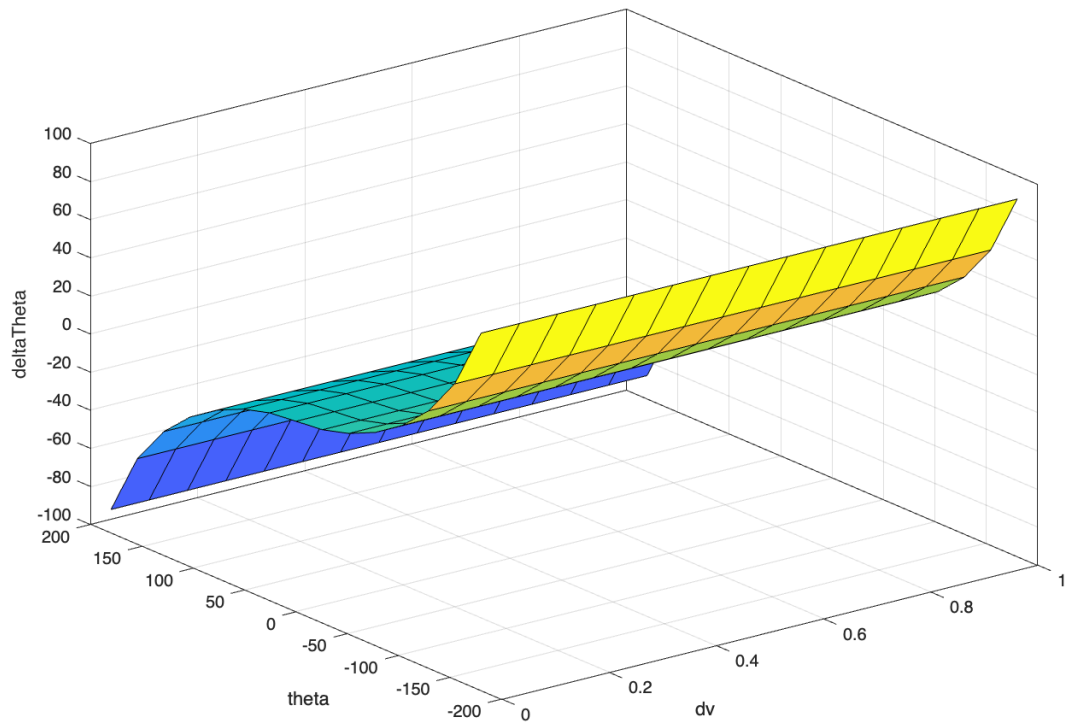
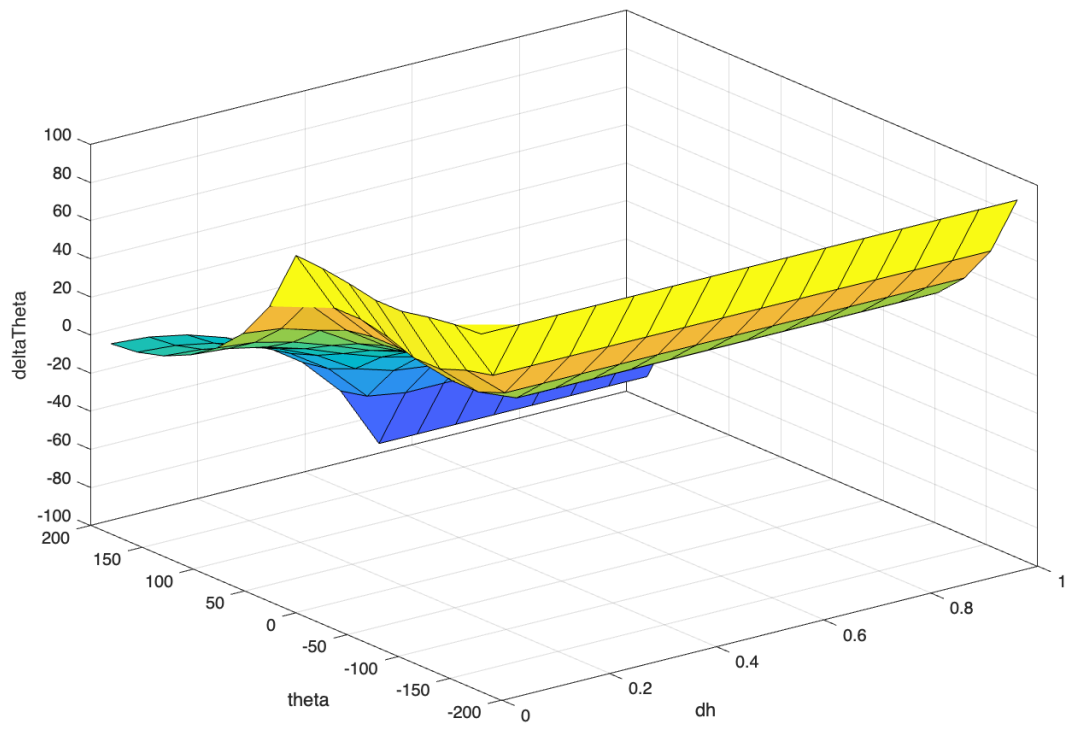
### 3.3 Αρχική Προσομοίωση

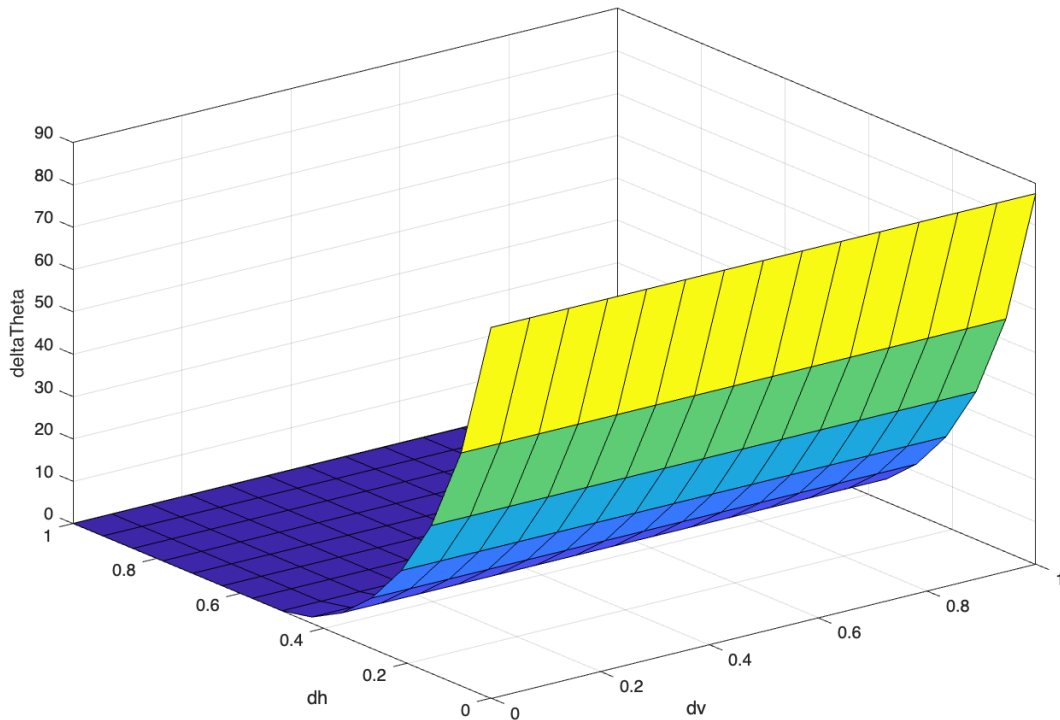
Προσομοιώνουμε το αρχικό σύστημα και λαμβάνουμε τα παρακάτω αποτελέσματα, για τις διαφορετικές τιμές έναρξης της αρχικής γωνίας:





Οι επιφάνειες ελέγχου του ελεκτή είναι οι εξείς:



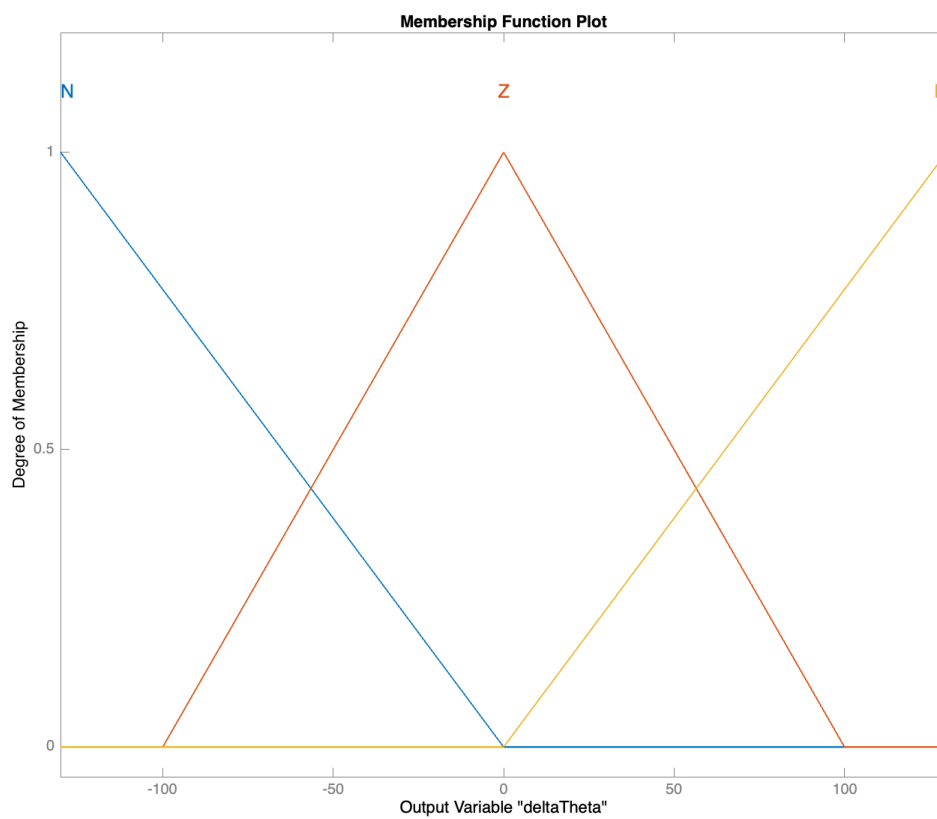
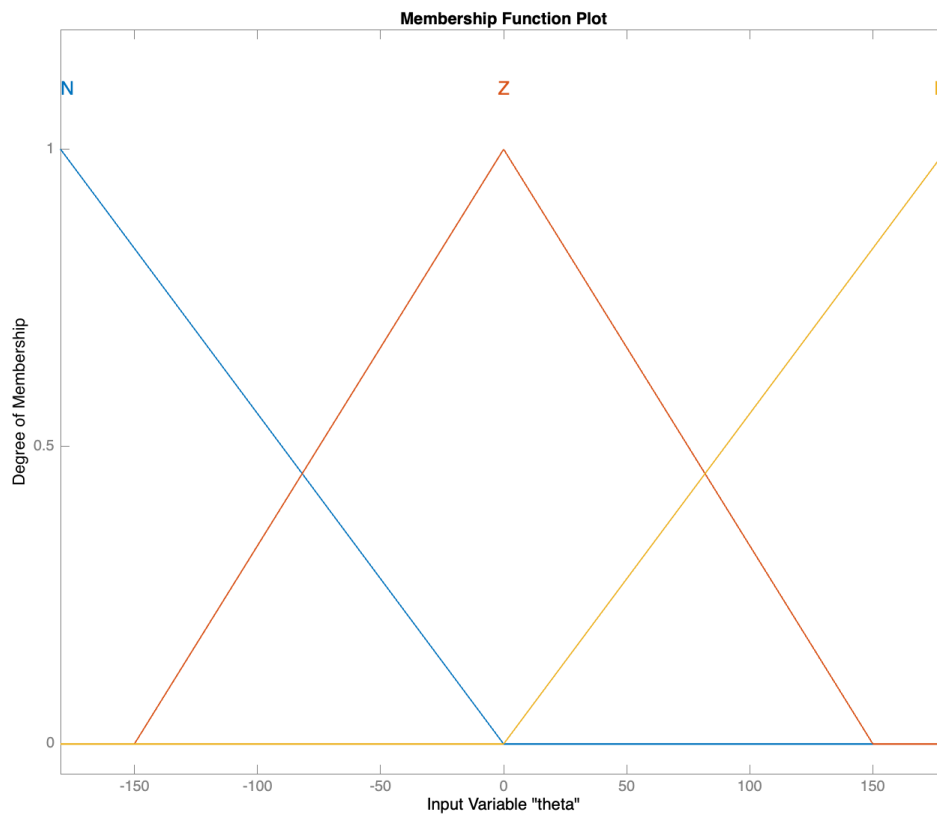


Παρατηρούμε ότι σε κάθε περίπτωση το όχημα κάνει overshoot και δεν καταλήγει στον στόχο. Έχουμε ορίσει ως επιτυχία το όχημα να πλησιάζει ικανοποιητικά κοντά στον τελικό στόχο. Επομένως, καλούμαστε να βελτιώσουμε το υπάρχων σύστημα για να επιλύσουμε το πρόβλημα.

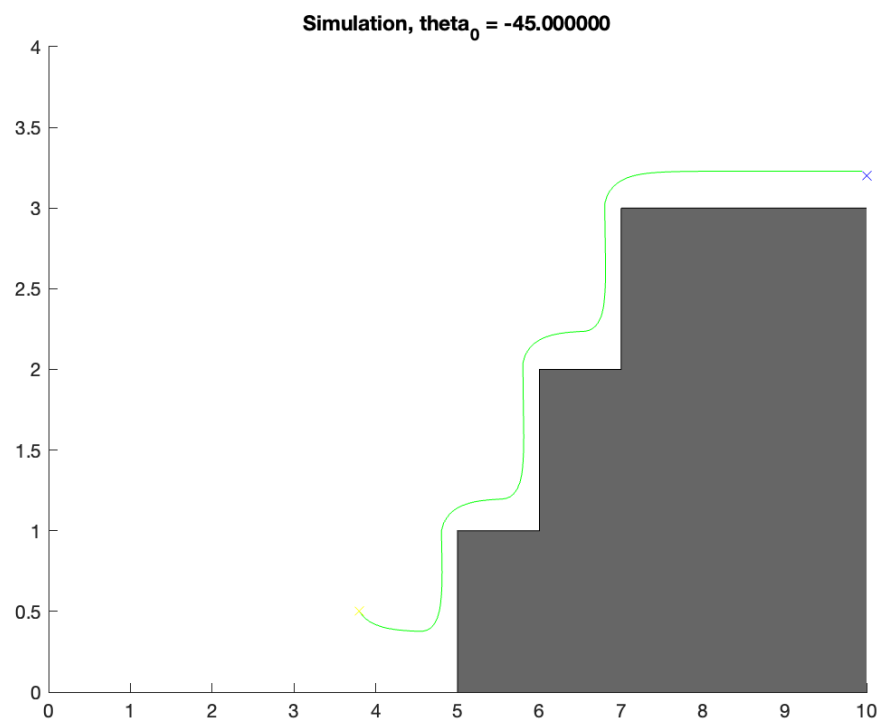
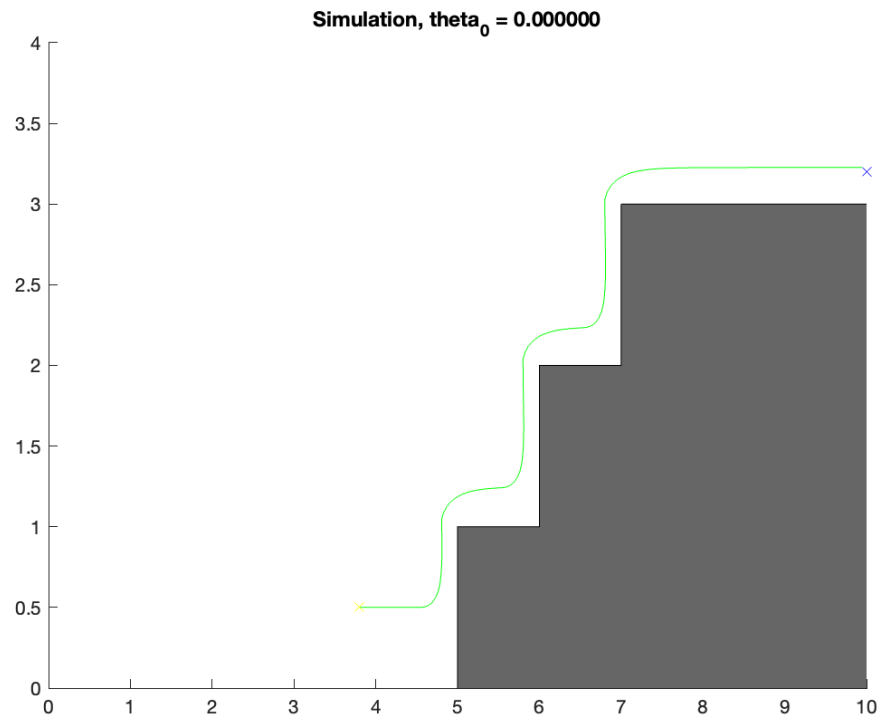
### 3.4 Βελτιωμένο Σύστημα

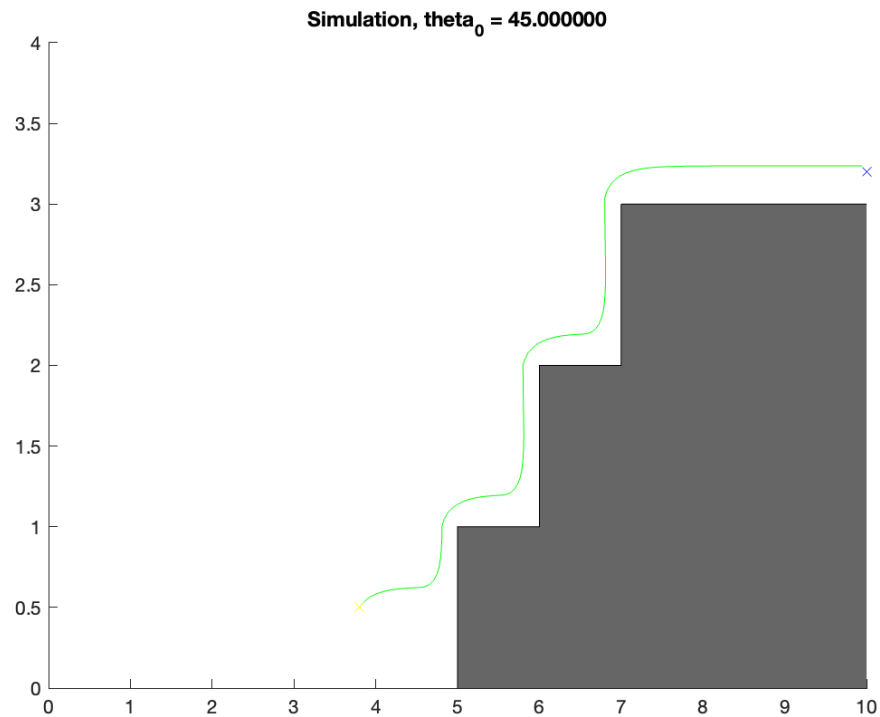
Παρατηρούμε ότι σε κάθε περίπτωση το αμάξι δε στρίβει αρκετά απότομα μετά τις στροφές για να πλησιάσει σωστά τον στόχο, οπότε σκεφτόμαστε ότι πρέπει να αλλάξουμε τις συναρτήσεις συμμετοχής της γωνίας εισόδου  $\theta$  και της μεταβολής της γωνίας εξόδου  $\Delta\theta$ . Επομένως, εφόσον θέλουμε πιο απότομες στροφές, περιορίζουμε το εύρος των μηδενικών τιμών των συναρτήσεων συμμετοχών, ώστε να παρακινήσουμε την ενεργή αλλαγή των γωνιών.

Τελικά, οι συναρτήσεις συμμετοχής διαμορφώνονται έτσι:



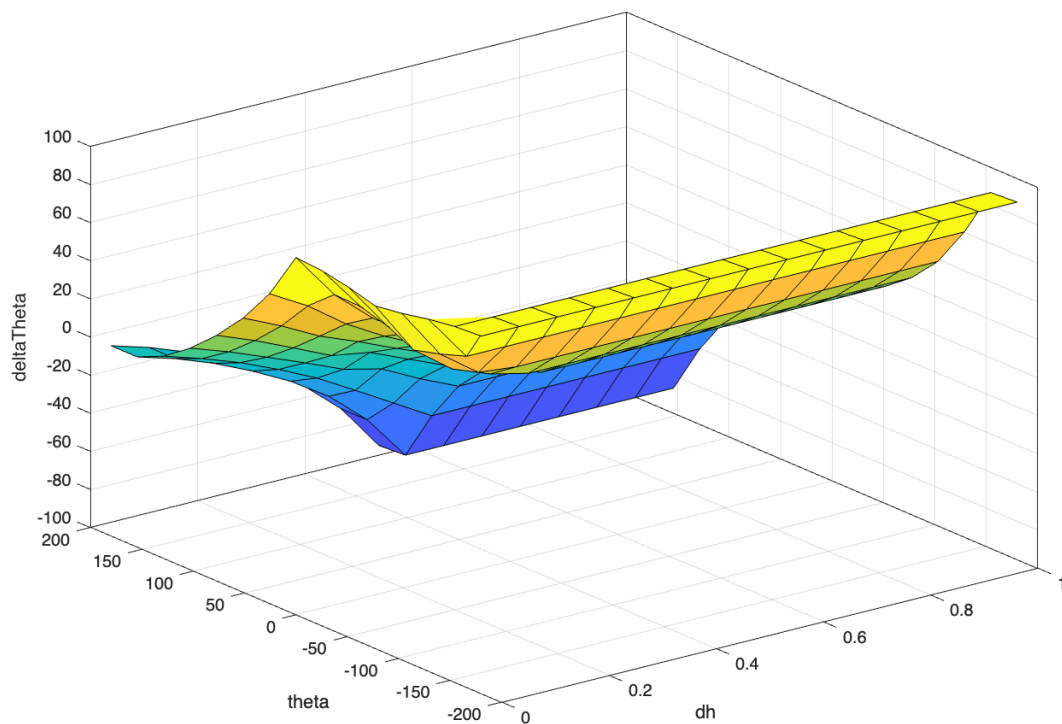
Επαναλαμβάνουμε τις προσομοιώσεις με το νέο βελτιωμένο σύστημα και έχουμε :



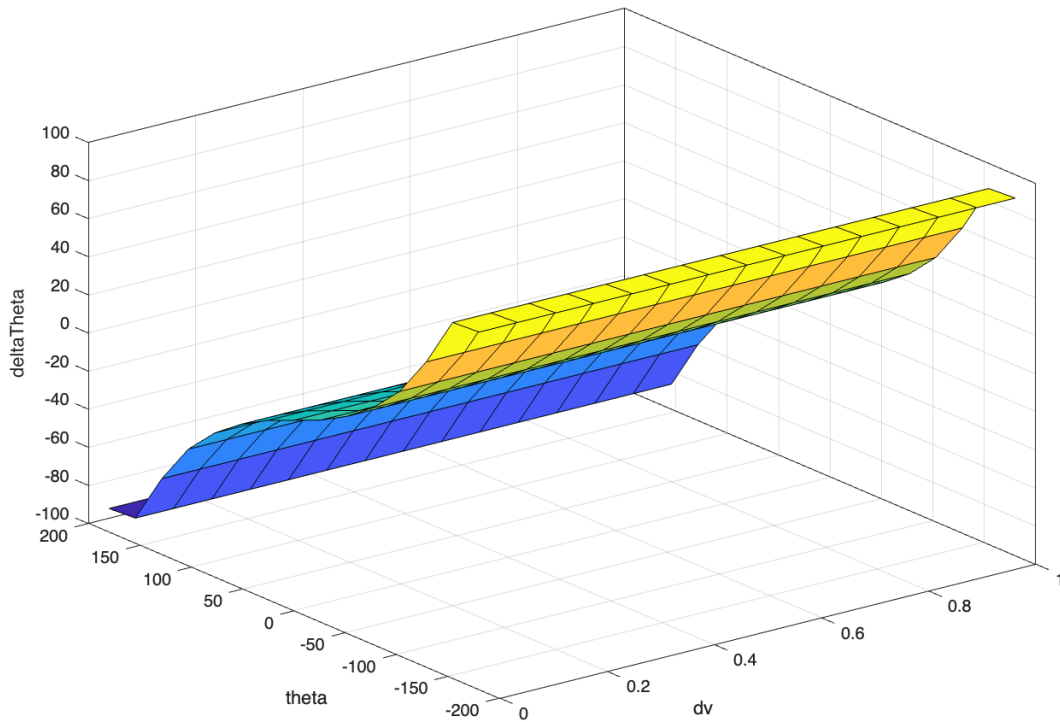


Παρατηρούμε ότι με τις διορθώσεις αυτές το όχημα επιτυχώς φτάνει στον στόχο του χωρίς να συναντά κάποιο εμπόδιο ή να βγαίνει εκτός ορίων.

Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται και οι επιφάνειες ελέγχου του βελτιωμένου συστήματος:







### 3.5 Σχόλια

Συνολικά, παρατηρούμε πως το πρόβλημα δεν είναι τόσο απλό όσο φαίνεται εκ πρώτης όψεως. Το σύστημα που έχουμε αναπτύξει σίγουρα δεν είναι προσαρμοστικό σε διαφορετικές γεωμετρίες εμποδίων και σε διαφορετικές τελικές θέσεις στόχου.

Η προσέγγιση που ακολουθήθηκε σε αυτή την εργασία ήταν το σταδιακό χτίσιμο μιας λύσης, με αφετηρία μερικές απλές λογικές αρχές, και την σταδιακή προσθήκη πολυπλοκότητας έως ότου αντιμετωπίζαμε ορθά το πρόβλημα. Σε μια πιο περίπλοκη διαμόρφωση εμποδίων, θα καλούμασταν να δημιουργούσαμε περισσότερους κανόνες και να επηρεάζαμε περισσότερο τις συναρτήσεις συμμετοχής των μεταβλητών. Παρόλα αυτά, για μια εξοικείωση με το περιβάλλον και τα εργαλεία που προσφέρονται για την ανάπτυξη ασαφών ελεγκτών, η εργασία αυτή αποτελεί μια καλή αρχή πάνω στην οποία μπορούμε να στηρίζουμε πιο περίπλοκες υλοποιήσεις.

# Bibliography

[1] *Car Control.*