Εργασία στα Ασαφή Συστήματα

Car Control

(B_CarControl)

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών

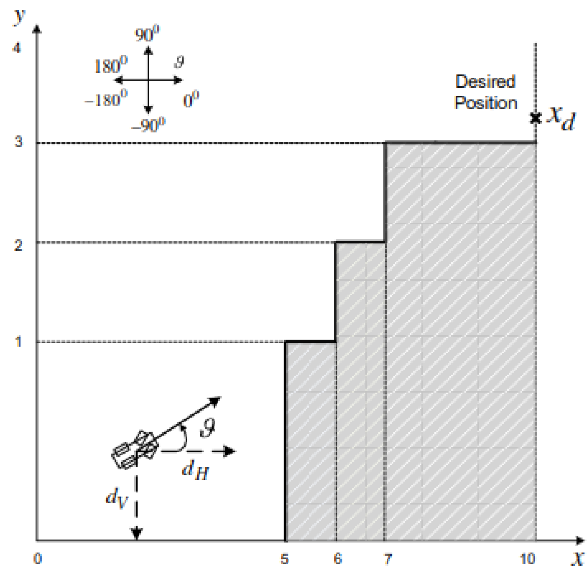
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Εργασία του: **Παπαδόπουλου Κωνσταντίνου**

ΑΕΜ: **8677**

Εισαγωγή

Η εργασία αυτή έχει ως στόχο τη σχεδίαση ενός ασαφούς ελεγκτή για τον έλεγχο της κίνησης ενός οχήματος με σκοπό την αποφυγή εμποδίων.



Οι είσοδοι του συστήματος είναι:

1. Η κάθετη απόσταση από τα εμπόδια $d_V = [0,1]$ *(m)*

2. Η οριζόντια απόσταση από τα εμπόδια $d_H = [0,1]$ *(m)*

3. Η διεύθυνση της ταχύτητας κάθε χρονική στιγμή $\vartheta \in [-180^o, +180^o]$

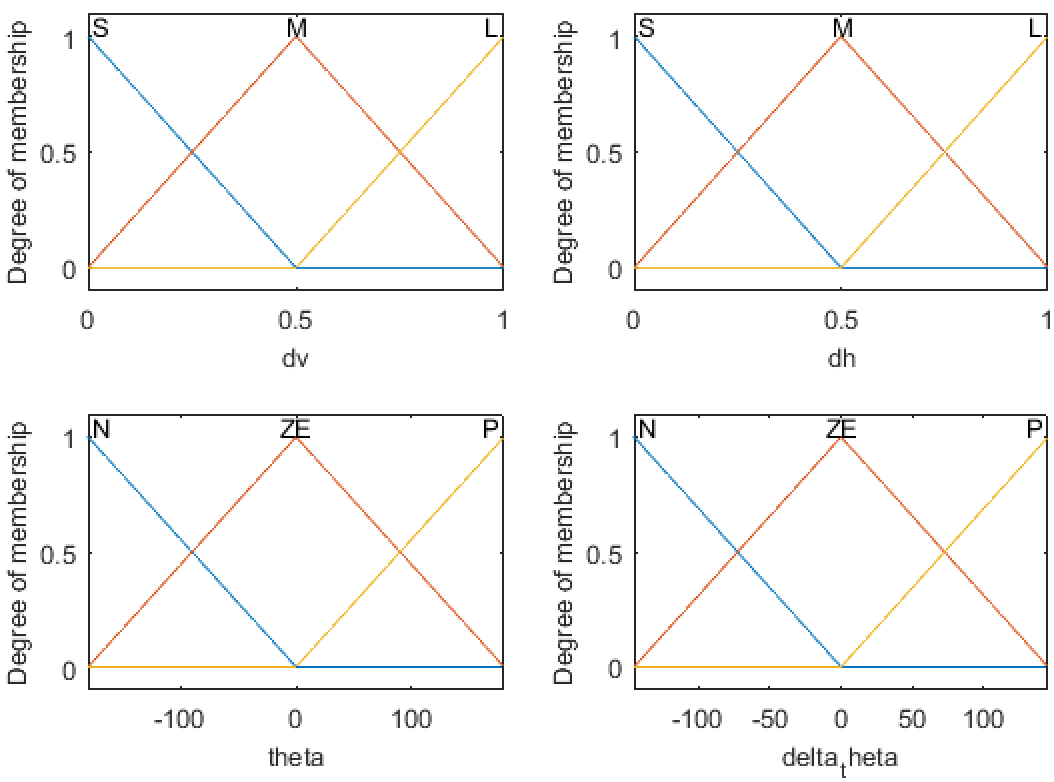
Η έξοδος του συστήματος είναι η μεταβολή στη διεύθυνσης της ταχύτητας του οχήματος $\Delta\vartheta = [-130^o, +130^o]$.

Οι υπόλοιπες προδιαγραφές και απαιτήσεις του συστήματος μπορούν να βρεθούν στην εκφώνηση της άσκησης.

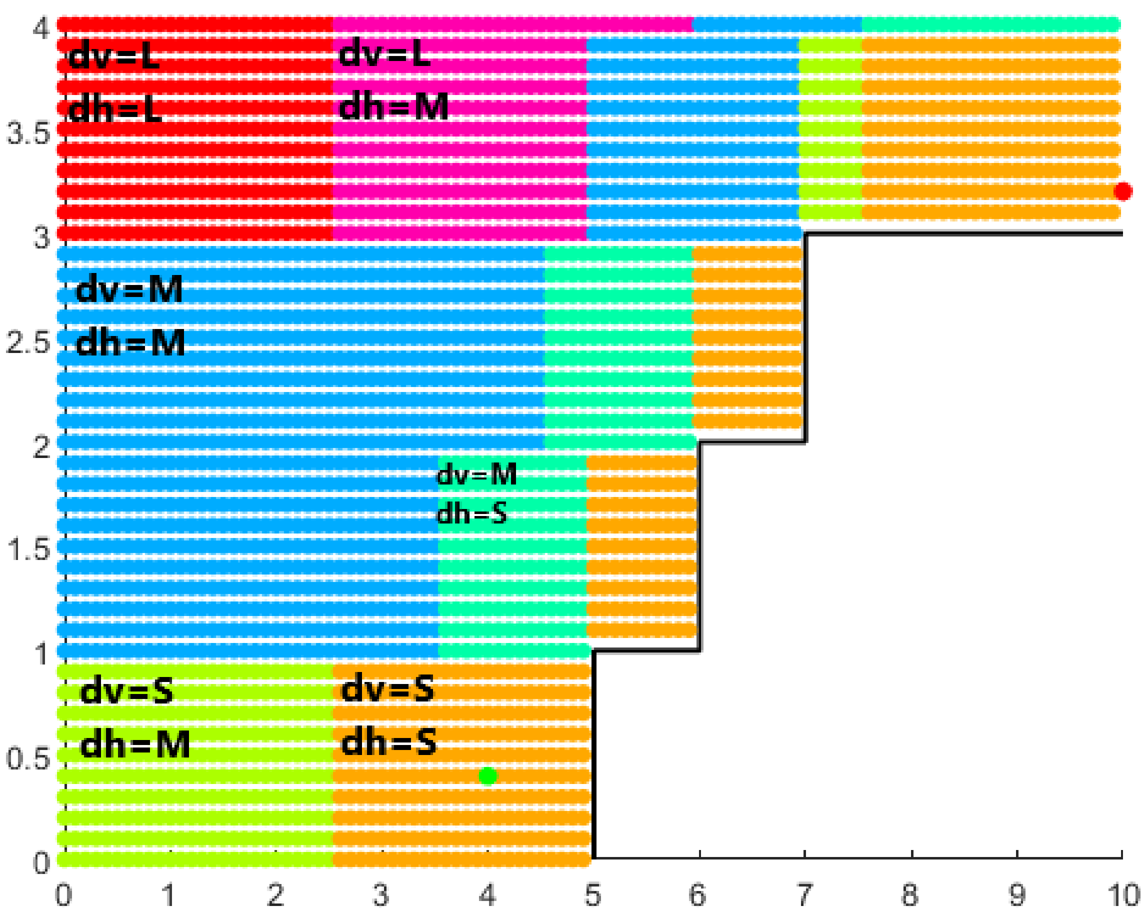
Σχεδίαση Fuzzy Logic Controller

Χρησιμοποιούμε την εντολή *newfis()* στη Matlab για να δημιουργήσουμε τον ασαφή ελεγκτή, την εντολή *addvar()* για να προσθέσουμε τις απαιτούμενες μεταβλητές και την εντολή *addmf()* για την προσθήκη των συναρτήσεων συμμετοχής των εισόδων και των εξόδων του συστήματος. Έχοντας σχεδιάσει και τους κανόνες μπορούμε να τους προσθέσουμε με τη συνάρτηση *addrule().*

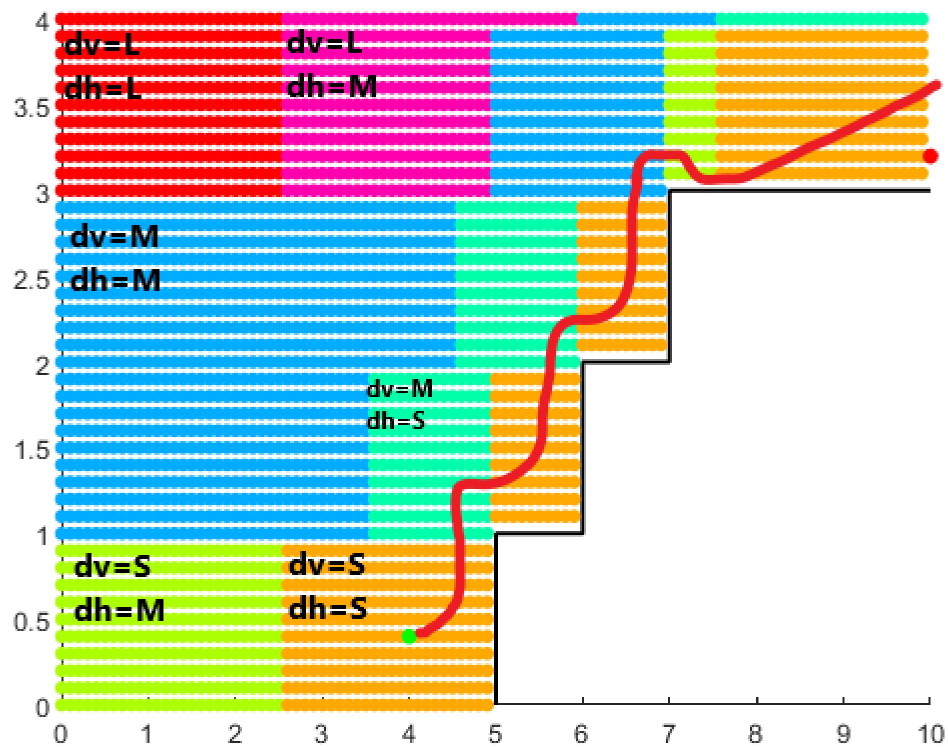
Αρχικές Συναρτήσεις Συμμετοχής



Για να υπολογίσουμε τους κατάλληλους κανόνες για το πρόβλημά μας, χωρίσαμε το χώρο σε ορθογώνια (*region_mapping.m*). Μέσα σε αυτά ανάλογα με τις αποστάσεις που προκύπτουν από τους αισθητήρες (*distance_sensor.m*), σχεδιάζουμε έναν χάρτη που περιγράφει τις περιοχές ανάλογα με τις αποστάσεις από τα εμπόδια (ο χάρτης προφανώς είναι ενδεικτικός και όχι απόλυτος, καθώς τα σύνολα που τον αποτελούν δεν είναι fuzzy). Στο Small και στο Large δίνουμε το 0.25 του μήκους των αξόνων (μετρώντας από κάθε εμπόδιο), ενώ στο Medium δίνουμε το 0.5. Συνεπώς, στον οριζόντιο άξονα, οι πρώτες 2.5 μονάδες από το εκάστοτε εμπόδιο είναι Small, οι επόμενες 5 είναι Medium και οι τελευταίες 2.5 είναι Large (10 / 4 = 2.5). Στον κατακόρυφο άξονα, η πρώτη 1 μονάδα, από το εκάστοτε εμπόδιο, σημειώνεται ως Small, οι επόμενες 2 είναι Medium και η τελευταία είναι Large (4 / 4 = 1).



Σχεδιάζουμε στο χάρτη μία πιθανή στρατηγική για τη διαδρομή.



Παρακάτω παραθέτουμε τους πίνακες κανόνων με τους οποίους πειραματιστήκαμε.

Οι κανόνες προκύπτουν εμπειρικά και πιο συγκεκριμένα υιοθετείται το εξής σκεπτικό:

- Επιθυμούμε το όχημα να **κινείται σχετικά κοντά στα εμπόδια**, έτσι ώστε να μειώσουμε την τροχιά του και να ακολουθήσουμε την **πορεία των διαφαινόμενων περιοχών εισόδου** (βλ. παραπάνω σχήματα).
- Όταν το όχημα έχει **μικρή κατακόρυφη και οριζόντια απόσταση** από τα εμπόδια, τότε αυξάνουμε τη γωνία θ (**Δθ > 0**).
- Όταν το όχημα το όχημα **κινείται οριζόντια** (**θ = 0**) και βρίσκεται **μακριά** από εμπόδιο, τότε αφήνουμε το **Δθ = 0**.

- Όταν το όχημα κινείται προς τα κάτω (**θ < 0**), τότε του δίνουμε **Δθ > 0** ώστε να αρχίσει να πλησιάζει την τελική του θέση.
- Όταν το όχημα έχει **μεγάλη απόσταση** από τα εμπόδια και **θ > 0**, τότε δίνουμε **Δθ < 0** ή **Δθ = 0**, ώστε να πλησιάσει περισσότερο ή λιγότερο την τελική του θέση.
- Όταν το όχημα έχει **θ < 0** και είναι **μακριά** από τα εμπόδια, τότε ή διατηρούμε **Δθ = 0** ή **Δθ > 0**.

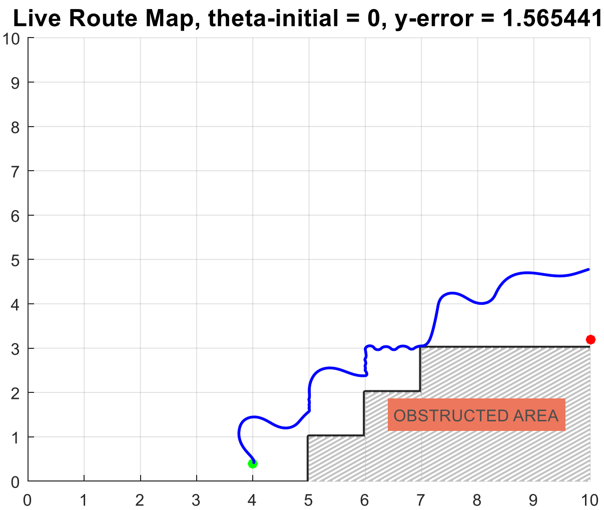
Οι τιμή των κελιών με (Χ) δεν μας απασχολεί ιδιαίτερα, μιας και πρόκειται για περιοχές στο χώρο που δεν σκοπεύουμε να διασχίσουμε.

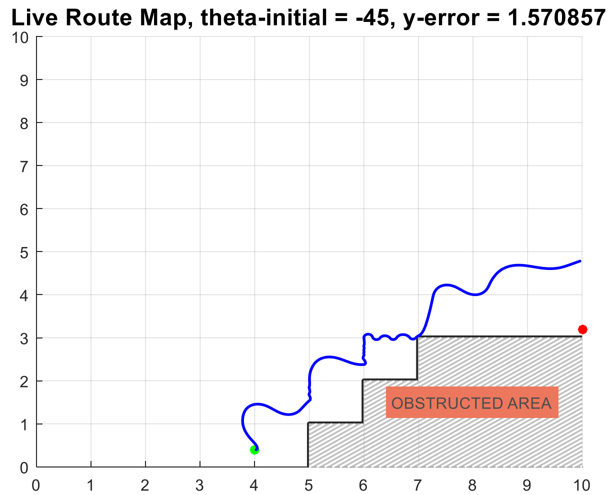
$\boldsymbol{\theta = N}$ (1) $\boldsymbol{dh}$ $\boldsymbol{dv}$	S (1)	M (2)	L (3)
L (3)	$\boldsymbol{ZE}$ - 2(X)	$\boldsymbol{ZE}$ - 2(X)	$\boldsymbol{ZE}$ - 2(X)
M (2)	$\boldsymbol{P}$ - 3	$\boldsymbol{ZE}$ - 2	$\boldsymbol{P}$ - 3(X)
S (1)	$\boldsymbol{P}$ - 3	$\boldsymbol{P}$ - 3	$\boldsymbol{P}$ - 3(X)

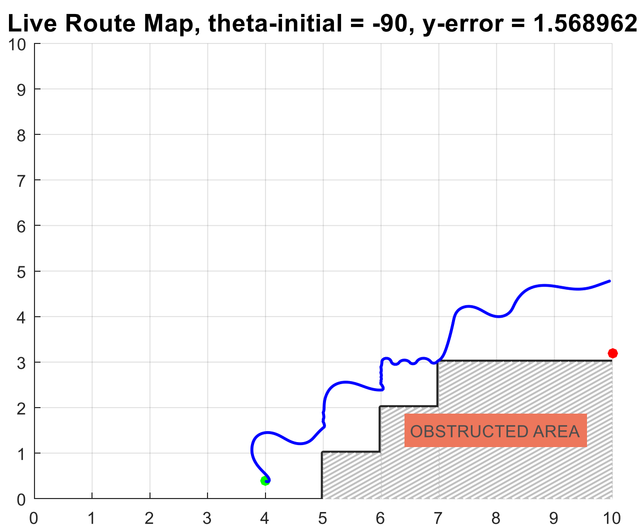
$\boldsymbol{\theta = ZE}$ (2) $\boldsymbol{dh}$ $\boldsymbol{dv}$	S (1)	M (2)	L (3)
L (3)	$\boldsymbol{N}$ - 1(X)	2(X)	$\boldsymbol{ZE}$ - 2(X)
M (2)	$\boldsymbol{ZE}$ - 2	$\boldsymbol{N}$ - 1	$\boldsymbol{ZE}$ - 2(X)
S (1)	$\boldsymbol{P}$ - 3	$\boldsymbol{ZE}$ - 2	$\boldsymbol{P}$ - 3(X)

$\boldsymbol{\theta = P}$ (3) $\boldsymbol{dh}$ $\boldsymbol{dv}$	S (1)	M (2)	L (3)
L (3)	$\boldsymbol{N}$ - 1(X)	$\boldsymbol{ZE}$ - 2(X)	$\boldsymbol{ZE}$ - 2(X)
M (2)	$\boldsymbol{N}$ - 1	$\boldsymbol{N}$ - 1	$\boldsymbol{P}$ - 3(X)
S (1)	$\boldsymbol{ZE}$ - 2	$\boldsymbol{N}$ - 1	$\boldsymbol{P}$ - 3(X)

Παραθέτουμε τα διαγράμματα για τις διάφορες γωνίες έναρξης, με αυτή τη βάση κανόνων (και *Δϑ = [-130º , +130º]*):







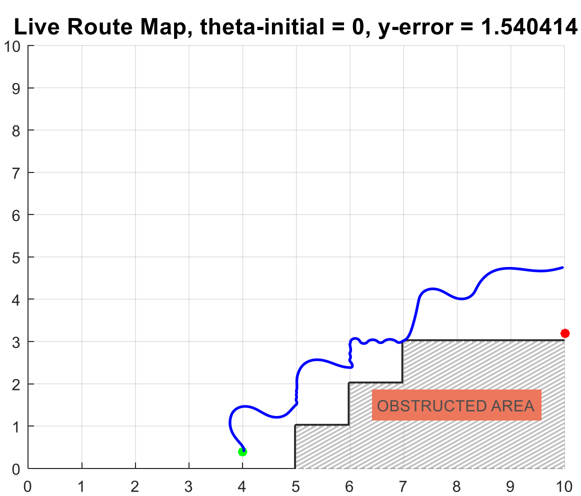
Στα σημεία που το όχημα είναι πολύ κοντά στο εμπόδιο, αν κάνουμε zoom-in στο διάγραμμα, θα δούμε ότι τα αποφεύγει.

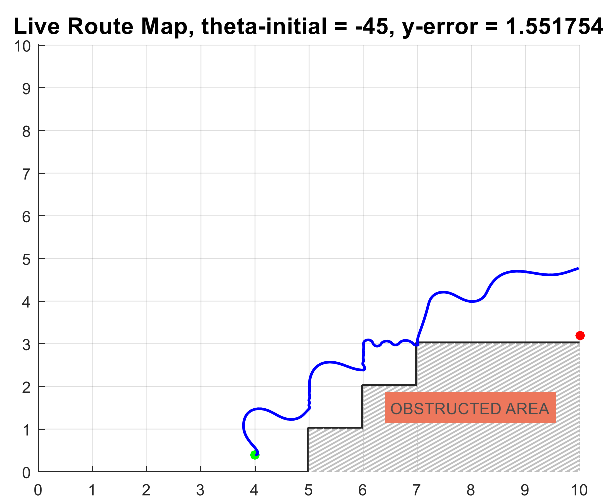
Παρατηρούμε ότι η ύπαρξη της πορτοκαλί περιοχής τόσο στο σημείο έναρξης, όσο και στο σημείο τερματισμού, δεν μας επιτρέπει να δημιουργήσουμε εμπειρικούς κανόνες που να προσεγγίζουν ακόμα περισσότερο τον στόχο (τουλάχιστον χωρίς να πειράξουμε τις συναρτήσεις συμμετοχής). Ας μην ξεχάσουμε όμως ότι επιθυμητή είναι η μικρότερη απόκλιση από τον άξονα y, δηλαδή το x_d και όσο πιο κοντά γίνεται στο y_d, κάτι το οποίο και πετυχαίνουμε.

Αν είχαμε αρκετή υπολογιστική δύναμη θα μπορούσαμε θεωρητικά να ελέγξουμε όλους τους πιθανούς κανόνες ($3^{27} = 7.63 * 10^{12}$!), για να βρούμε τη βέλτιστη λύση (μικρότερη απόσταση από τον τελικό προορισμό και μικρότερη δυνατή διαδρομή).

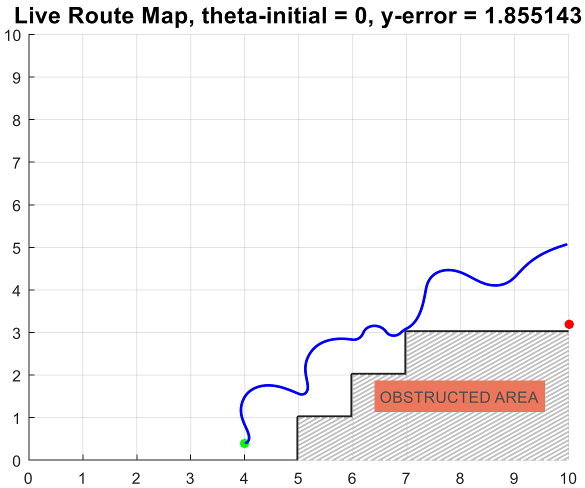
Δοκιμάζοντας με διαφορετικά πεδία ορισμού για το Δθ (κάτι το οποίο επηρεάζει το πόσο ευθύγραμμα θα κινηθεί το όχημά μας), καταφέραμε κάποιες καλύτερες αποστάσεις, που όμως μπορεί να συγκρούονταν με το εμπόδιο για αρνητικές γωνίες έναρξης:

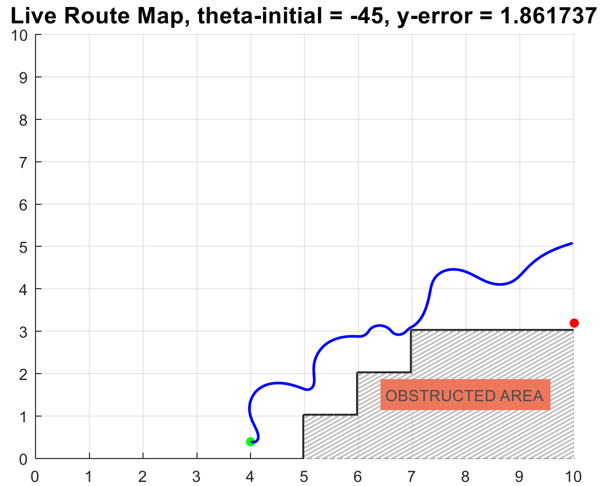
Για $\Delta\vartheta = [-120^o, +120^o]$:



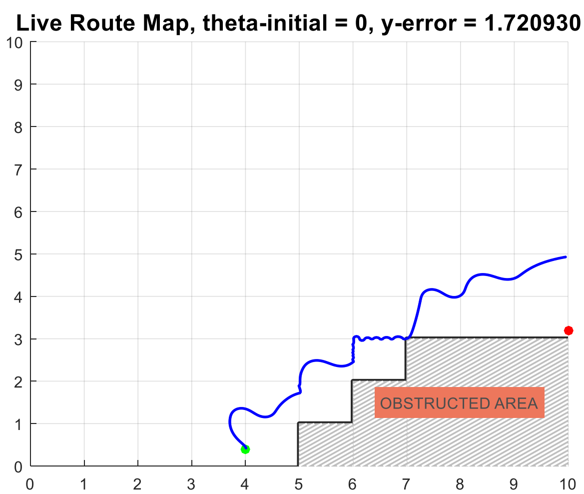


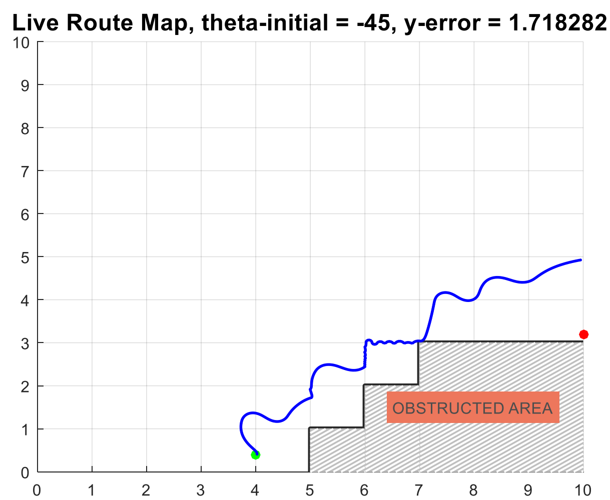
Για $\Delta\vartheta = [-50^o, +50^o]$:





Για $\Delta\vartheta = [-200^o, +200^o]$:





Η προσομοίωση της κίνησης και ο έλεγχος του οχήματος (*car_control.m*) περιγράφεται από τις εξισώσεις:

$$\frac{dx}{dt} = v_x = constant \ \rightarrow x = x_0 + t * v_x \ \rightarrow x = x_0 + (t - t_0) * u * \cos{(\theta)}$$

$$\frac{dy}{dt} = v_y = constant \ \rightarrow y = y_0 + t * v_y \rightarrow y = y_0 + (t - t_0) * u * sin\ (\theta)$$

Διακριτοποιώντας το χρόνο, $t = n * Tstep$, και με τη μέθοδο των forward differences προκύπτουν οι παρακάτω εξισώσεις:

$$x(n+1) = x(n) + Tstep * u * cos(\theta(n))$$

$$y(n+1) = y(n) + Tstep * u * sin(\theta(n))$$

Θα μπορούσαμε να βελτιώσουμε το σύστημά μας προσθέτοντας άλλες δύο συναρτήσεις συμμετοχής στα άκρα κάθε εισόδου μας (έγινε μια προσπάθεια στον φάκελο "Improved Controller Attempt"). Αυτό θα οδηγήσει σε μια βάση κανόνων με $5^3 = 125$ κανόνες, έναντι 27 που έχουμε τώρα (κατάρα της διαστασιμότητας).

Παρακάτω παρουσιάζονται ορισμένες εικόνες από τις αρχικές προσπάθειες που έκανε το όχημα για να προσεγγίσει το στόχο.