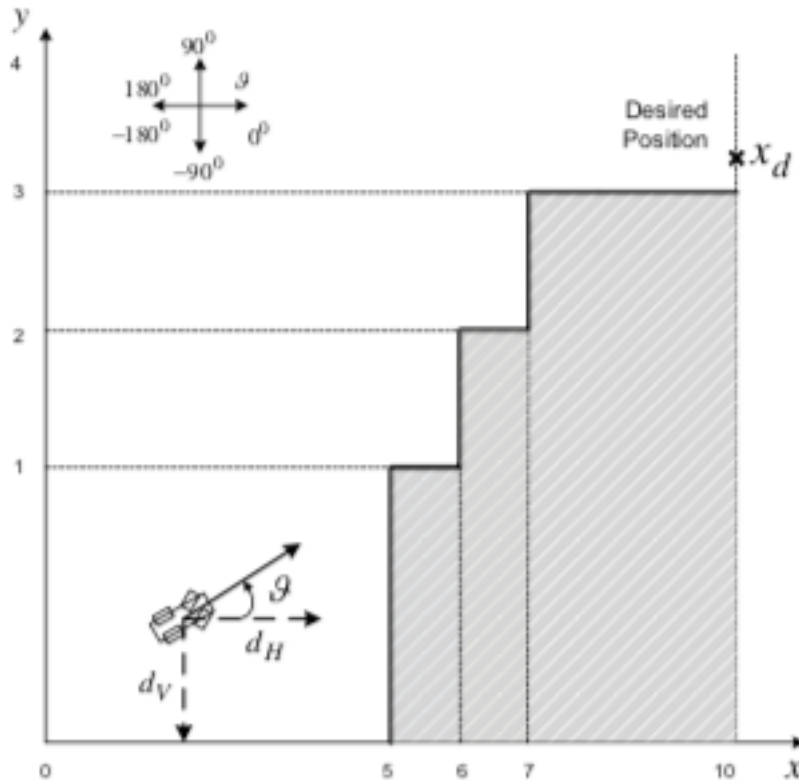


Υπολογιστική Νοημοσύνη

Car Control E



Καράμπελας Σάββας

AEM:9005

savvaska@ece.auth.gr

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

Περιγραφή

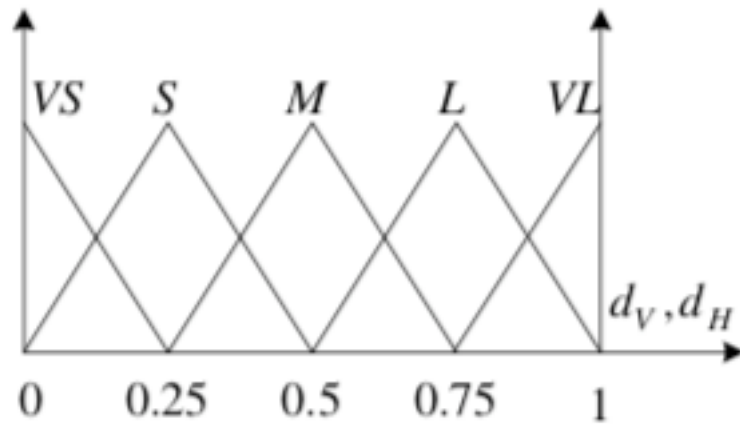
Η εργασία αυτή έχει σκοπό τον σχεδιασμό ενός ασαφούς ελεγκτή(FLC) για τον έλεγχο της κίνησης ενός οχήματος με σκοπό την αποφυγή εμποδίων. Η διαδικασία αυτή φαίνεται και στο σχήμα που έχω παραθέσει στη πρώτη σελίδα. Σκοπός του FLC είναι να οδηγήσει το όχημα με ασφάλεια (χωρίς να ακουμπήσει τα σταθερά εμπόδια) στην επιθυμητή θέση(desired position, x_d). Το όχημα διαθέτει τους κατάλληλους αισθητήρες ώστε να υπολογίζει κάθε χρονική στιγμή την κάθετη (d_v) και οριζόντια (d_H) απόσταση του από τα εμπόδια. Το μέτρο της ταχύτητας του είναι σταθερό και ίσο με $u = 0.05 \text{ m/sec}$. Με δεδομένη την κάθετη (d_v) και ορίζονται (d_H) απόσταση του από τα εμπόδια, και την διεύθυνση της ταχύτητας θ , θέλουμε να σχεδιάσουμε έναν FLC ο οποίος θα αποφασίζει για την μεταβολή στην διεύθυνση ($\Delta\theta$) ώστε το όχημα να μεταφερθεί στην επιθυμητή θέση $(X_d, y_d) = (10, 3.2)$ με την μικρότερη απόκλιση από τον άξονα y .

Είσοδοι στον FLC είναι: α) η κάθετη (d_v) απόσταση του οχήματος από τα εμπόδια, $d_v = [0,1] \text{ (m)}$, β) η οριζόντια (d_H) απόσταση του οχήματος από τα εμπόδια, $d_H = [0,1] \text{ (m)}$, και η διεύθυνση της ταχύτητας του οχήματος $\theta = [-180^\circ, +180^\circ]$. Τέλος, έξοδος του ελεγκτή είναι η μεταβολή στην διεύθυνση της ταχύτητας του οχήματος $\Delta\theta = [-130^\circ, +130^\circ]$.

Σχεδίαση Ασαφούς Βάσης Κανόνων του FLC

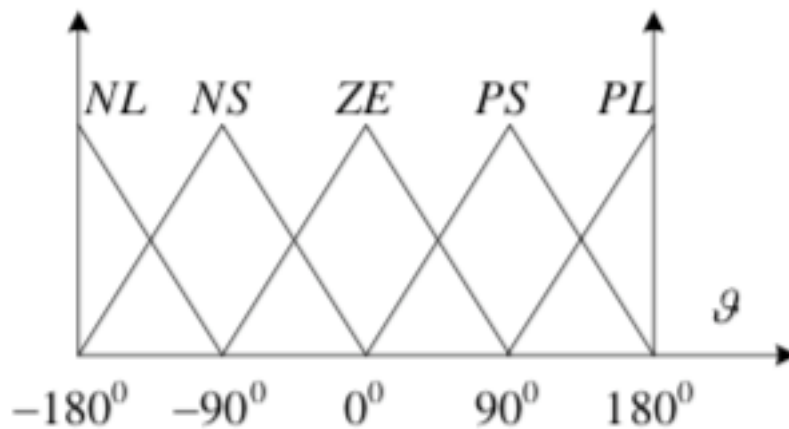
Θέλουμε να σχεδιάσουμε την βάση κανόνων που θα χρησιμοποιεί ο ελεγκτής προκειμένου να οδηγήσει το όχημα στην επιθυμητή θέση αποφεύγοντας τα εμπόδια. Όπως αναλύθηκε παραπάνω οι μεταβλητές εισόδου είναι η οριζόντια d_H , η κάθετη d_v απόσταση του οχήματος από τα εμπόδια και η διεύθυνση της ταχύτητας του οχήματος θ , ενώ η μόνη έξοδος είναι η μεταβολή στη διεύθυνση της ταχύτητας του οχήματος $\Delta\theta$.

Αρχικά, ο χώρος των μεταβλητών d_v , d_H διαμερίζεται σε πέντε ασαφή σύνολα όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. Πιο συγκεκριμένα οι μεταβλητές αυτές μπορούν να πάρουν 5 λεκτικές τιμές: Very Small(VS), Small (S) , Medium(M) , Large (L) και Very Large(VL) και κινούνται στο διάστημα $[0,1]$.



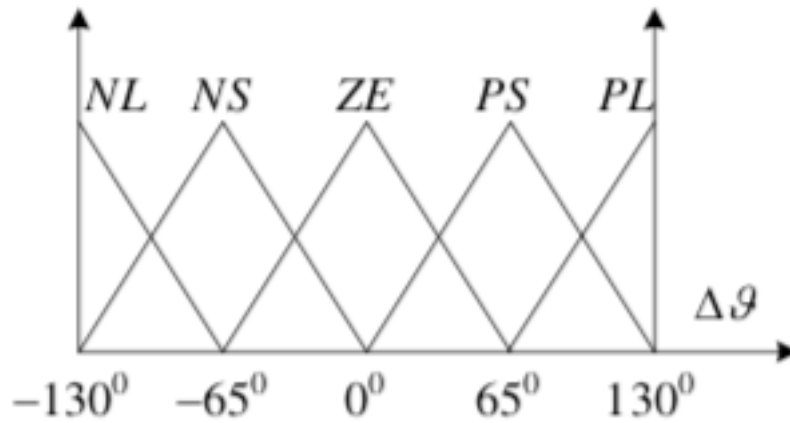
Σχήμα 1: Συναρτήσεις συμμετοχής d_v, d_H

Ο χώρος ορισμού της μεταβλητής εισόδου θ διαμερίζεται επίσης σε πέντε ασαφή σύνολα τα οποία φαίνονται στο Σχήμα 2. Πιο συγκεκριμένα η μεταβλητή θ μπορεί να πάρει 5 λεκτικές τιμές: Negative Large(NL) , Negative Small(NS), Zero(ZE), Positive Small (PS) και Positive Large(PL) και κινείται στο διάστημα $[-180^\circ, +180^\circ]$.



Σχήμα 2: Συνάρτηση συμμετοχής θ

Τέλος, ο χώρος ορισμού της εξόδου $\Delta\theta$ διαμερίζεται σε πέντε ασαφή σύνολα τα οποία φαίνονται στο σχήμα 3. Πιο συγκεκριμένα η μεταβλητή εξόδου $\Delta\theta$ μπορεί να πάρει 5 λεκτικές τιμές: Negative Large(NL) , Negative Small(NS), Zero(ZE), Positive Small (PS) και Positive Large(PL) και κινείται στο διάστημα $[-130^\circ, +130^\circ]$.



Σχήμα 3: Συνάρτηση συμμετοχής $\Delta\vartheta$

Η βάση θα απαρτίζεται από κανόνες της μορφής:

If d_v is S AND d_H is S AND ϑ is N, THEN $\Delta\vartheta$ is P

Για το σχεδιασμό της ασαφούς βάσης κανόνων θα ακολουθηθεί η παρακάτω λογική η οποία συνδέεται άμεσα από τη τιμή που λαμβάνει η μεταβλητή εισόδου θ :

1. Όταν η διεύθυνση της ταχύτητας θ είναι στην περιοχή NL(μπορούμε να το φανταστούμε σαν το 3^ο τεταρτημόριο) τότε το αυτοκίνητο δεν κινδυνεύει να χτυπήσει σε κάποιο εμπόδιο διότι κινείται προς κατεύθυνση που δεν υπάρχει κάποιο. Οπότε όταν έχει αυτή τη λεκτική τιμή για την οποία κατευθύνεται προς ανεπιθύμητο τμήμα του χώρου(ο στόχος μας είναι για θετικό y και x) το θ θα λαμβάνει μικρή θετική τιμή ή αλλιώς τη λεκτική τιμή PS(positive small).

$dH \backslash d_v$	VS	S	M	L	VL
VS	PS	PS	PS	PS	PS
S	PS	PS	PS	PS	PS
M	PS	PS	PS	PS	PS
L	PS	PS	PS	PS	PS
VL	PS	PS	PS	PS	PS

2. Όταν η διεύθυνση της ταχύτητας θ είναι στην περιοχή NS(μπορούμε να το φανταστούμε σαν το 4^ο τεταρτημόριο) τότε το όχημα εάν βρίσκεται είτε στην οριζόντια είτε στην κάθετη κατεύθυνση κοντά σε εμπόδιο, κινδυνεύει να χτυπήσει. Ο μόνος τρόπος για να συνεχίσει με ασφάλεια είναι αν το θ είναι στη περιοχή NS, δηλαδή να κινηθεί προς τα αρνητικά με μικρή τιμή. Η μόνη περίπτωση κατά την οποία μπορεί να κινηθεί με θετική κατεύθυνση είναι εάν απέχει αρκετά μεγάλη απόσταση από τα εμπόδια με έμφαση στον οριζόντιο άξονα. Στη περίπτωση αυτή μπορεί να κινηθεί θετικά με μικρή γωνία $\theta = PS$.

$dH \backslash dv$	VS	S	M	L	VL
VS	NS	NS	NS	NS	NS
S	NS	NS	NS	NS	NS
M	NS	NS	NS	NS	NS
L	NS	NS	PS	PS	PS
VL	NS	NS	PS	PS	PS

3. Όταν η διεύθυνση της ταχύτητας θ είναι στη περιοχή ZE(μπορούμε να το φανταστούμε σαν 0^ο) τότε το όχημα κινείται προς την επιθυμητή κατεύθυνση και ο μόνος λόγος για να μην συνεχίσει τη πορεία του με αυτό το θ είναι αν βρίσκεται κοντά σε εμπόδιο. Εάν το εμπόδιο είναι στον οριζόντιο άξονα τότε μπορεί να κατευθυνθεί με θετική μικρή γωνία $\theta = PS$ προς τα θετικά (δηλαδή να στρίψει θετικά). Εάν το εμπόδιο είναι στον κατακόρυφο άξονα το όχημα θα αλλάξει διεύθυνση πάλι προς τα θετικά με $\theta = PS$ αλλά μόνο εάν βρίσκεται πάρα πολύ κοντά με το εμπόδιο. Φυσικά και εδώ ο οριζόντιος άξονας έχει μεγαλύτερη ισχύ.

$dH \backslash dv$	VS	S	M	L	VL
VS	PS	PS	PS	PS	PS
S	PS	PS	PS	PS	PS
M	PS	PS	ZE	ZE	ZE
L	ZE	PS	ZE	ZE	ZE
VL	ZE	PS	ZE	ZE	ZE

4. Όταν η διεύθυνση της ταχύτητας θ είναι στη περιοχή PS (μπορούμε να το φανταστούμε σαν το 1^ο τεταρτημόριο) τότε το όχημα κινείται προς επιθυμητή κατεύθυνση. Θέλουμε να συνεχίζει τη πορεία του και ας έχει κοντά προς οποιαδήποτε κατεύθυνση εμπόδιο εφόσον κινείται υπό γωνία.

Όταν όμως απέχει στον οριζόντιο άξονα αρκετή απόσταση του δίνουμε αρνητική γωνία ώστε να πλησιάσει, δηλαδή $\theta = NS$. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα προέκυψε με δοκιμές και διορθώσεις και θα μπορούσαμε να πούμε ότι ορίζει του κανόνες όταν το όχημα πρέπει να κάνει διαδοχικές στροφές χωρίς να αποκλίνει όμως αχρείαστα από τον οριζόντιο άξονα. Είναι στο σχήμα το σημείο που πρέπει να περάσει τα «σκαλοπάτια».

$dH \backslash dv$	VS	S	M	L	VL
VS	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE
S	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE
M	NS	NS	NS	NS	NS
L	NS	NS	NS	NS	NS
VL	NS	NS	NS	NS	NS

5. Όταν η διεύθυνση της ταχύτητας θ είναι στη περιοχή PL (μπορούμε να το φανταστούμε σαν το 2^ο τεταρτημόριο) το όχημα κινείται προς ένα τμήμα του χώρου το οποίο δεν έχει εμπόδια και είναι και αντίθετα από τη κατεύθυνση που είναι ο στόχος. Συνεπώς σε αυτή τη περίπτωση θα πρέπει να του δώσουμε μια αρνητική γωνία μικρή δηλαδή $\theta = NS$, ώστε να κινηθεί προς τη σωστή κατεύθυνση.

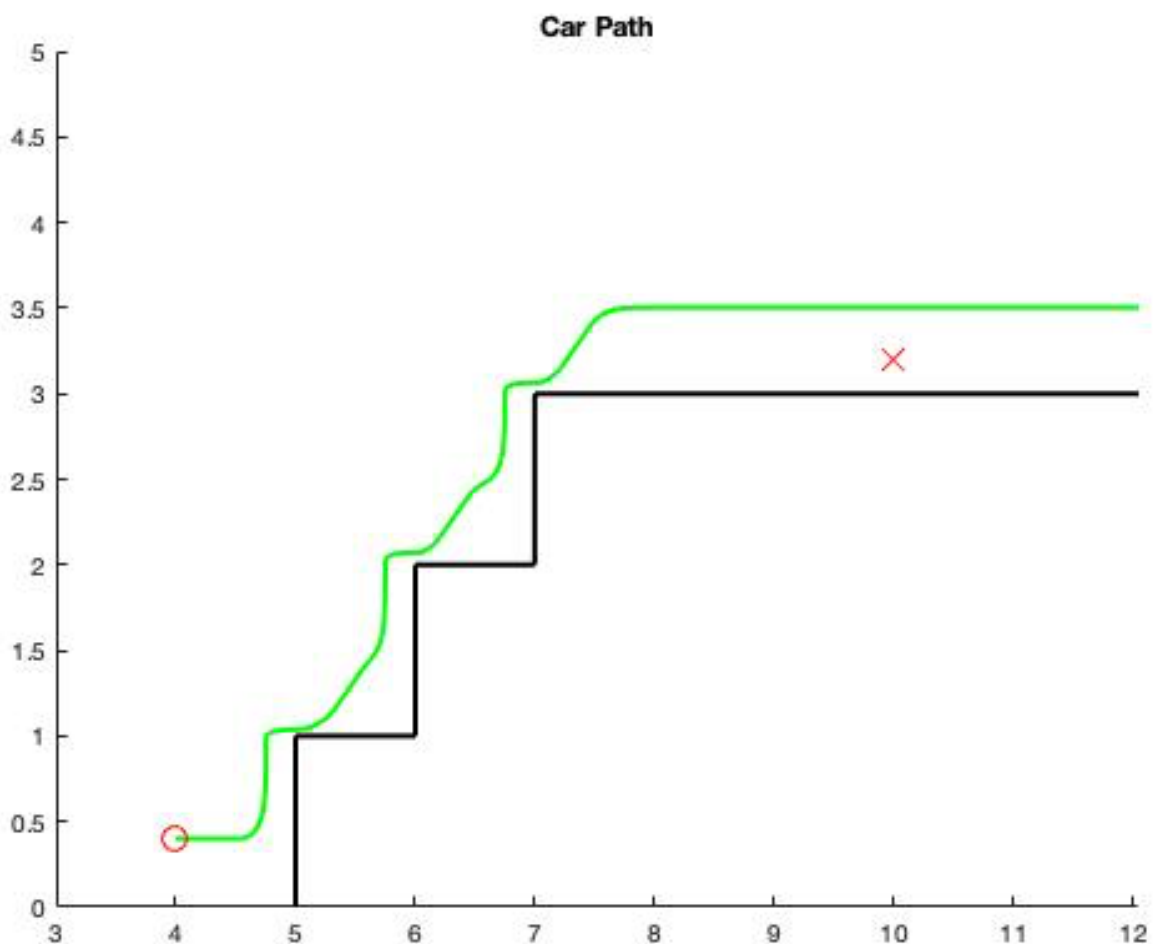
$dH \backslash dv$	VS	S	M	L	VL
VS	NS	NS	NS	NS	NS
S	NS	NS	NS	NS	NS
M	NS	NS	NS	NS	NS
L	NS	NS	NS	NS	NS
VL	NS	NS	NS	NS	NS

Ο συνδυασμός όλων των παραπάνω κανόνων απαρτίζει την ασαφή βάση κανόνων που θα ακολουθήσουμε για να οδηγήσουμε το όχημα στην επιθυμητή θέση στο χώρο. Η βάση θα αποτελείται όπως γίνεται αντιληπτό από 125 κανόνες οι οποίοι θα έχουν την εξής μορφή:

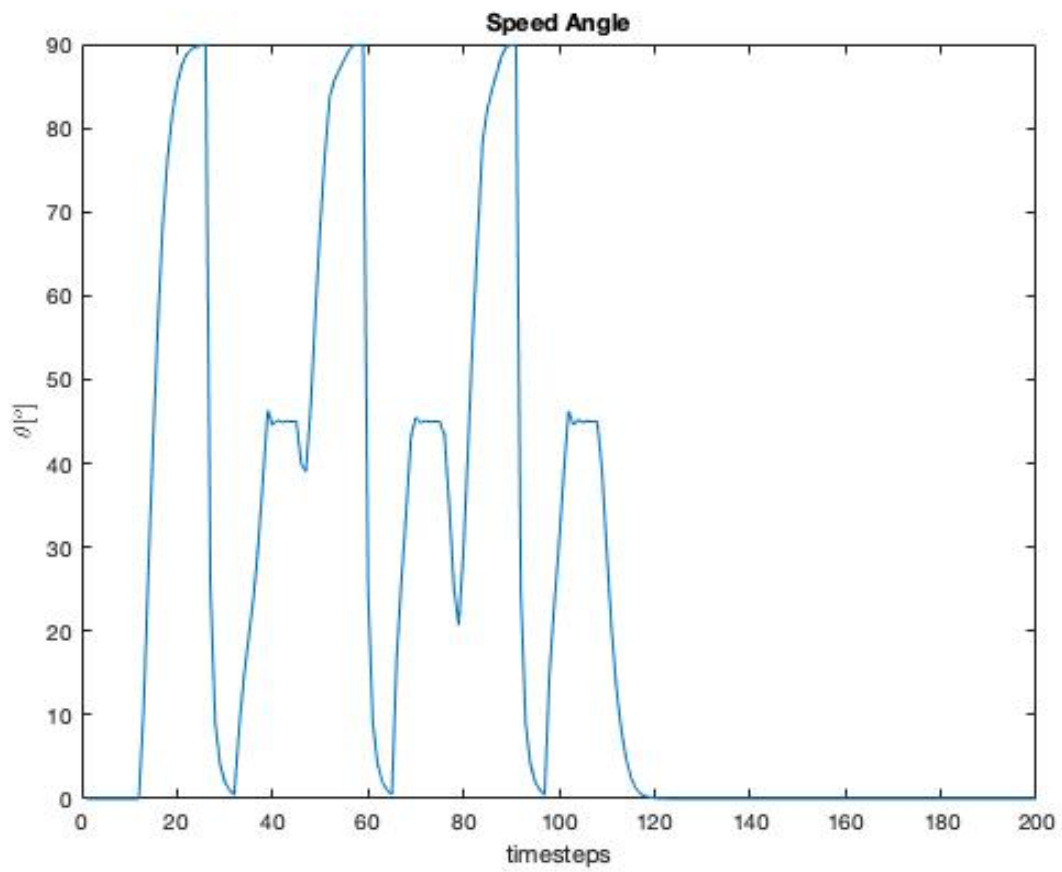
If d_v is A AND d_H is B AND ϑ is C THEN $\Delta\vartheta$ is D

Διαδικασία Προσομοίωσης και Αξιολόγησης

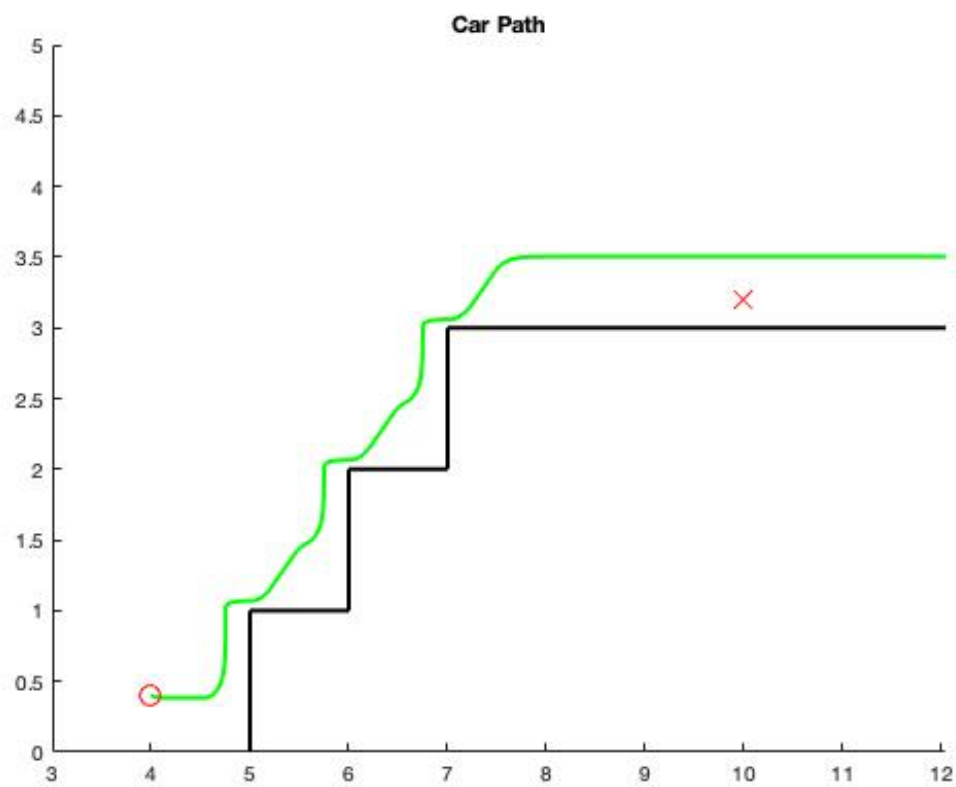
Δίνεται η αρχική θέση του οχήματος με συντεταγμένες $x_{init}=4$, $y_{init} = 0.4$. Για αρχικές διευθύνσεις $\theta_1 = 0^\circ$, $\theta_2 = 45^\circ$ και $\theta_3 = -90^\circ$ εκτελούμε με χρήση του MATLAB προσομοίωση ώστε να ελέγξουμε την αποφυγή εμποδίων του οχήματος με χρήση του FLC και με βάση τις προδιαγραφές του προβλήματος. Υπενθυμίζουμε ότι ο στόχος είναι η θέση (10, 3.2) και εμείς θέλουμε να φτάσει εκεί με τη μικρότερη δυνατή απόκλιση στον οριζόντιο άξονα. Παρακάτω έχουν προστεθεί τα αποτελέσματα για τη πορεία που ακολουθεί το όχημα για να φτάσει στην επιθυμητή θέση καθώς επίσης και το διάγραμμα της γωνίας της ταχύτητας του οχήματος.



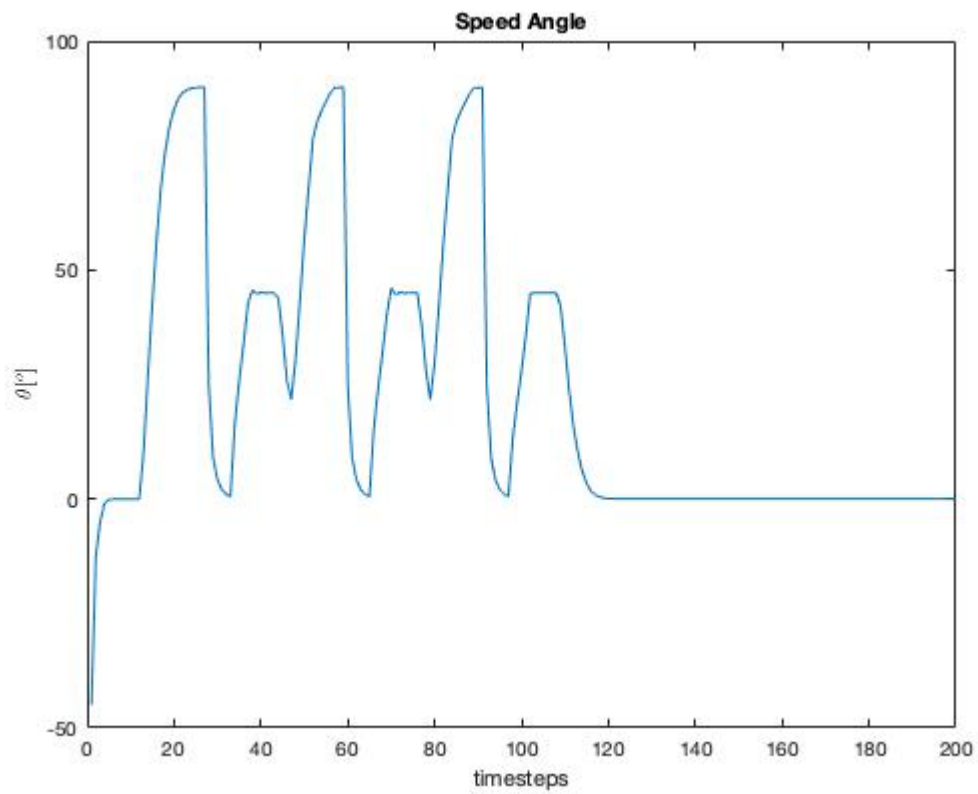
Σχήμα 4: Πορεία οχήματος για $\theta=0^\circ$



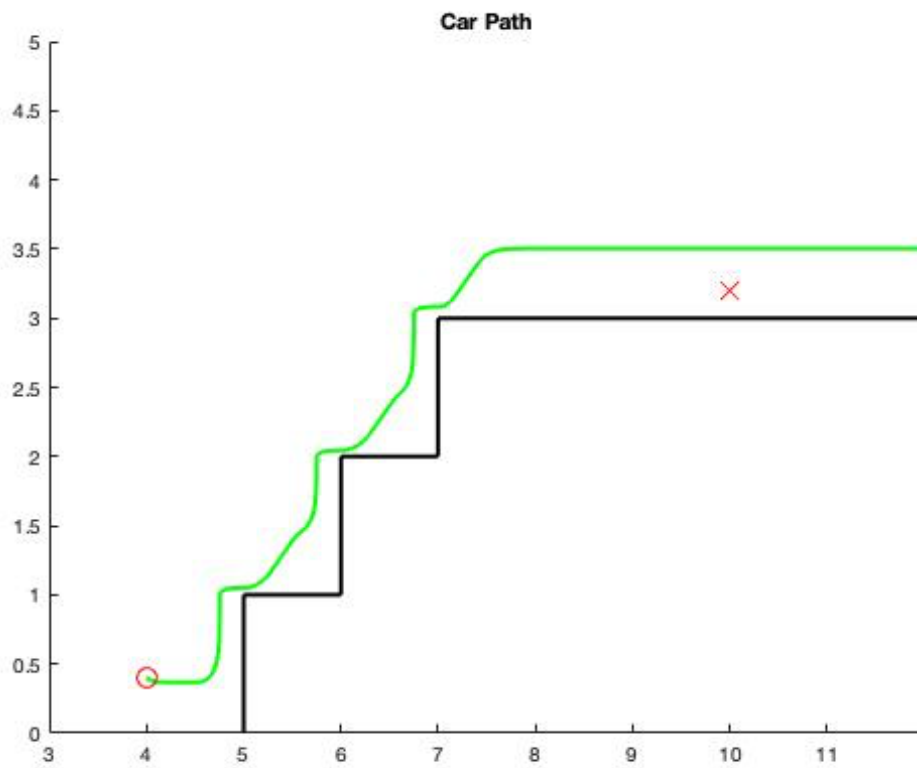
Σχήμα 5: Διάγραμμα γωνίας για $\theta=0^\circ$



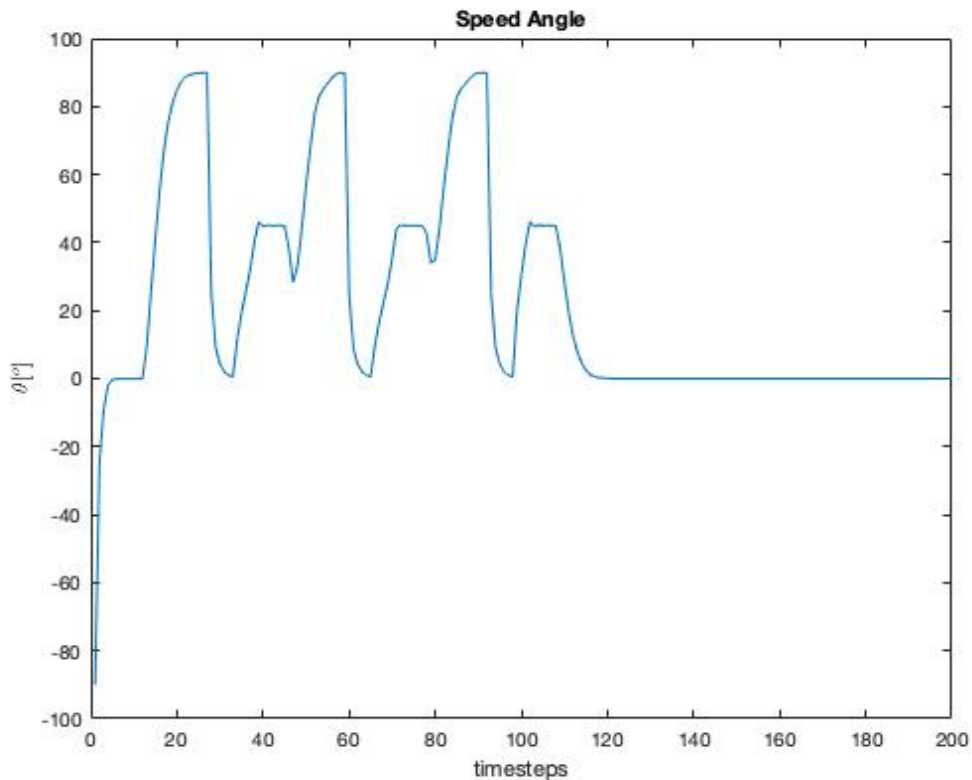
Σχήμα 6: Πορεία οχήματος για $\theta=-45^\circ$



Σχήμα 7: Διάγραμμα γωνίας για $\vartheta=-45^\circ$



Σχήμα 8: Πορεία οχήματος για $\vartheta=-90^\circ$



Σχήμα 9: Διάγραμμα γωνίας για $\theta = -90^\circ$

Παρατηρούμε ότι για όλες τις τιμές της αρχικής διεύθυνσης το όχημα αποφεύγει με επιτυχία τα εμπόδια χωρίς να αποκλίνει ιδιαίτερα από τον οριζόντιο άξονα. Επιπλέον, βλέπουμε ότι φτάνει στη θέση του αντικειμένου κατά τον οριζόντιο άξονα με μια μικρή απόκλιση στον κατακόρυφο άξονα.

Αναλυτικότερα οι τελικές θέσεις είναι:

1. Για $\theta = 0^\circ$ είναι (10, 3.503)
2. Για $\theta = -45^\circ$ είναι (10, 3.501)
3. Για $\theta = -90^\circ$ είναι (10, 3.505)

Τέλος, από τα διαγράμματα γωνίας αντλούμε τη πληροφορία σχετικά με το πως η γωνία προσαρμόζεται τόσο στην αρχική διεύθυνση όσο και μεταγενέστερα (όταν χρειάζεται) ώστε να έχει τις κατάλληλες τιμές που οδηγούν το όχημα στο στόχο αποφεύγοντας τα εμπόδια που συναντάει.