

Report

CAR CONTROL A

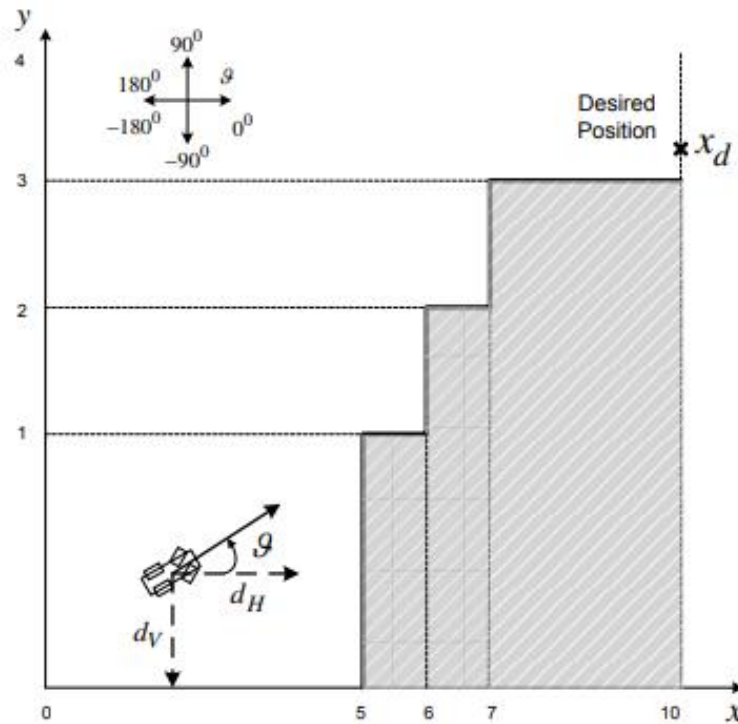
ΟΝ/ΕΠ : ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΙΣΤΑΤΙΑΔΗΣ

ΑΕΜ : 9175

Email : nikoista@ece.auth.gr

ΑΣΑΦΗΣ ΕΛΕΓΚΤΗΣ (FLC)

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 φαίνεται στο Σχ. 1.



Σχ. 1

Σκοπός του FLC είναι να οδηγήσει το όχημα με ασφάλεια (χωρίς να ακουμπήσει στα 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) απόστασή του από τα εμπόδια. Το μέτρο της ταχύτητάς του είναι σταθερό και ίσο με $u=0.05$ (m/sec).

Με δεδομένη την κάθετη (d_V) και οριζόντια (d_H) απόστασή του από τα εμπόδια, και την διεύθυνση της ταχύτητας θ , ζητείται να σχεδιαστεί ένας 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 (σημαντικό δηλαδή είναι το x_d και απλώς να είναι κοντά στο y_d).

Είσοδοι στον FLC είναι :

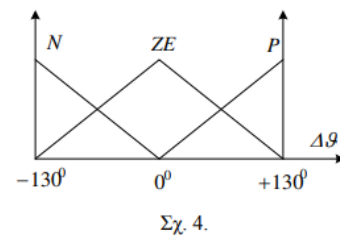
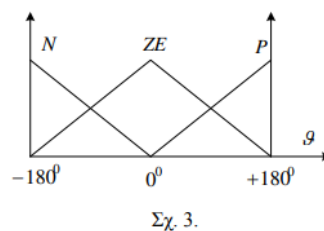
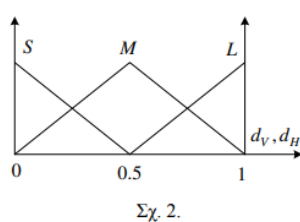
- A) η κάθετη (dV) απόσταση του οχήματος από τα εμπόδια, $dV = [0,1]$ (m)
- B) η οριζόντια (dH) απόσταση του οχήματος από τα εμπόδια, $dH = [0,1]$ (m)
- Γ) η διεύθυνση της ταχύτητας του οχήματος $\theta = [-180,180]$ (μοίρες) .

Έξοδος στον FLC είναι :

- A) η μεταβολή στην διεύθυνση της ταχύτητας του οχήματος $\Delta\theta = [-130, 130]$ (μοίρες) .

ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΟΣ ΣΕ ΑΣΑΦΗ ΣΥΝΟΛΑ

- Αρχικά ο χώρος των μεταβλητών εισόδων dV και dH διαμερίζεται σε τρία ασαφή σύνολα, όπως φαίνεται Σχ.2 (S:Small, M:Medium, L:Large)
- Ο χώρος ορισμού της μεταβλητής εισόδου θ διαμερίζεται σε τρία ασαφή σύνολα, όπως φαίνεται στο Σχ.3 (N:Negative, Z:Zero, P:Positive).
- Τέλος, ο χώρος ορισμού της εξόδου $\Delta\theta$, διαμερίζεται σε τρία ασαφή σύνολα, όπως φαίνεται στο Σχ.4 (N:Negative, Z:Zero, P:Positive).



Ακολουθώντας την τεχνική των ασαφών συστημάτων, η ασαφής βάση διαμορφώνεται από τους ειδικούς με βάση την εμπειρία. Ο ακριβής καθορισμός της βάσης κανόνων και των συναρτήσεων συμμετοχής είναι αποτέλεσμα μιας διαδικασίας δοκιμής και λάθους.

ΖΗΤΗΜΑΤΑ

1) ΕΡΩΤΗΜΑ

Να σχεδιαστεί η ασαφής βάση κανόνων που να απαρτίζεται από κανόνες της μορφής **IF dV is S AND dH is S AND θ is N THEN $\Delta\theta$ is P**

dV	dH	θ	$\Delta\theta$
Low	Low	Negative	Positive
Low	Low	Zero	Positive
Low	Low	Positive	Zero
Low	Medium	Negative	Positive
Low	Medium	Zero	Zero
Low	Medium	Positive	Negative
Low	High	Negative	Positive
Low	High	Zero	Zero
Low	High	Positive	Negative
Medium	Low	Negative	Positive
Medium	Low	Zero	Positive
Medium	Low	Positive	Zero
Medium	Medium	Negative	Positive
Medium	Medium	Zero	Zero
Medium	Medium	Positive	Negative
Medium	High	Negative	Positive
Medium	High	Zero	Zero
Medium	High	Positive	Negative
High	Low	Negative	Positive
High	Low	Zero	Positive
High	Low	Positive	Zero
High	Medium	Negative	Positive
High	Medium	Zero	Zero
High	Medium	Positive	Negative
High	High	Negative	Positive
High	High	Zero	Zero
High	High	Positive	Negative

2) ΕΡΩΤΗΜΑ

Ένα περιγράφει η επιλογή και η λειτουργία κάθε κανόνα της βάσης .

Για την υλοποίηση της ασαφούς βάσης χρησιμοποιούνται οι παρακάτω τελεστές:

A) Οι κανόνες υλοποιούνται με τον τελεστή συμπερασμού Mamdani , Rc.

B) Το συνδετικό ALSO υλοποιείται με τον τελεστή max.

Γ) Σαν τελεστή σύνθεσης χρησιμοποιούμε τον max-min.

Δ) Για την από-ασαφοποίηση να χρησιμοποιηθεί ο από-ασαφοποιητής κέντρου βάρους (COA).

Ακολουθώντας την τεχνική των ασαφών συστημάτων, η ασαφής βάση διαμορφώνεται από τους ειδικούς με βάση την εμπειρία. Ο ακριβής καθορισμός της βάσης κανόνων και των συναρτήσεων συμμετοχής είναι αποτέλεσμα μιας διαδικασίας δοκιμής και λάθους. Συνεπώς μετά από πολλές δοκιμές κατέληξα στην παραπάνω βάση κανόνων του ασαφούς ελεγκτή με σκοπό το αυτοκίνητο να φτάσει όσο πιο κοντά γίνεται στην επιθυμητή θέση $(x_d, y_d) = (10, 3.2)$ με ένα πολύ μικρό περιθώριο λάθους καθώς φυσικά αποφεύγει τα εμπόδια.

ΑΡΧΙΚΑ

Ξεκινάμε λοιπόν από την θέση $(4.1, 0.3)$ και μετράμε την απόσταση από τον τοίχο δεξιά. Αν η απόσταση είναι High, Medium τότε το αυτοκίνητο συνεχίζει να κινείται προς τα δεξιά του οριζόντιου άξονα (dH) με σταθερή ταχύτητα $u = 0.05 \text{ m/s}$. Συνεπώς το αυτοκίνητο δεν στρίβει άρα η γωνία κίνησης (θ) έχει την λεκτική 'τιμή' Zero . Δεν θα μελετήσουμε τον κατακόρυφο άξονα και δεν θα δημιουργήσουμε κανόνες για αυτόν διότι το επιθυμητό αποτέλεσμα εκπληρώνεται όπως θα δούμε και παρακάτω με την βάση κανόνων που σχεδιάσαμε.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΓΩΝΙΑΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Όταν η απόσταση από τον τοίχο στον οριζόντιο άξονα (dH) πάρει την λεκτική ‘τιμή’ Low τότε λαμβάνουμε υπόψη την τρέχουσα γωνία κίνησης και αποφασίζουμε εάν θα μεταβληθεί ($\Delta\theta$) .

Αν η γωνία κίνησης (θ) στην τρέχουσα κατάσταση έχει την λεκτική ‘τιμή’ Positive τότε όπως είπαμε και παραπάνω το αυτοκίνητο είναι ασφαλές από περίπτωση σύγκρουσης με εμπόδιο.

Ωστόσο αν η γωνία κίνησης (θ) στην τρέχουσα κατάσταση έχει την λεκτική ‘τιμή’ Negative ή Zero τότε το αυτοκίνητο πρέπει να στρίψει για να αποφύγει την σύγκρουση με τον τοίχο , άρα η μεταβολή της γωνίας κίνησης ($\Delta\theta$) θα πάρει την λεκτική ‘τιμή’ Positive .

3) ΕΡΩΤΗΜΑ

Να υλοποιηθεί στο MATLAB πρόγραμμα που να υλοποιεί τον ασαφή ελεγκτή (FIS Editor).

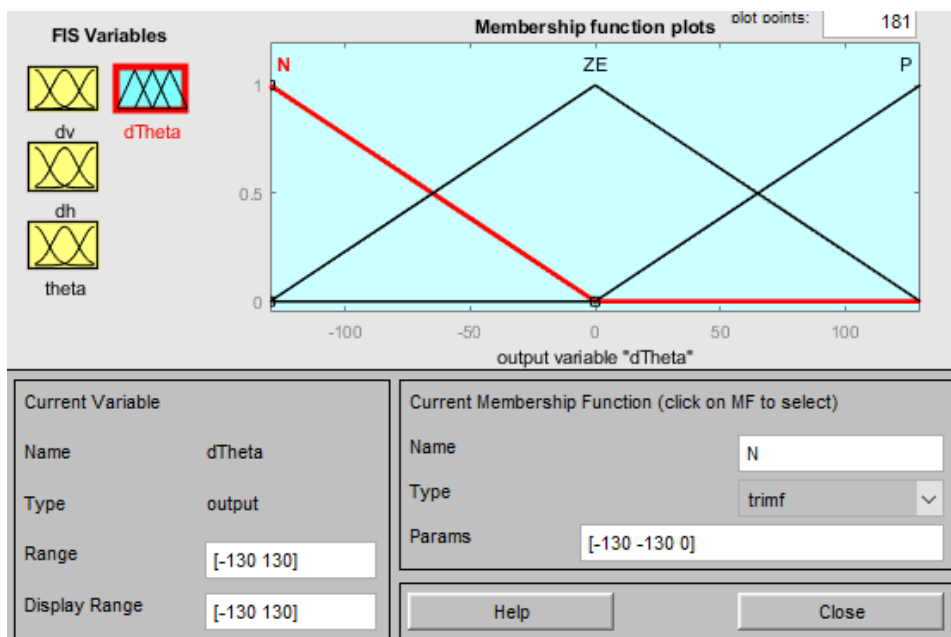
Δίνεται η αρχική θέση του οχήματος (x_{init} , y_{init}) = (4.1 , 0.3) .

Για αρχικές διευθύνσεις $\theta_1 = 0$, $\theta_2 = -45$, $\theta_3 = -90$ (μοίρες).

Για τη σωστή λειτουργία του ελεγκτή θα πρέπει να αλλάξετε τις παραμέτρους των συναρτήσεων συμμετοχής ώστε το όχημα να μπορεί να φτάσει στην επιθυμητή θέση . Μπορείτε επίσης να αλλάξετε το πεδίο ορισμού της μεταβλητής εξόδου $\Delta\theta$ αν κριθεί απαραίτητο.

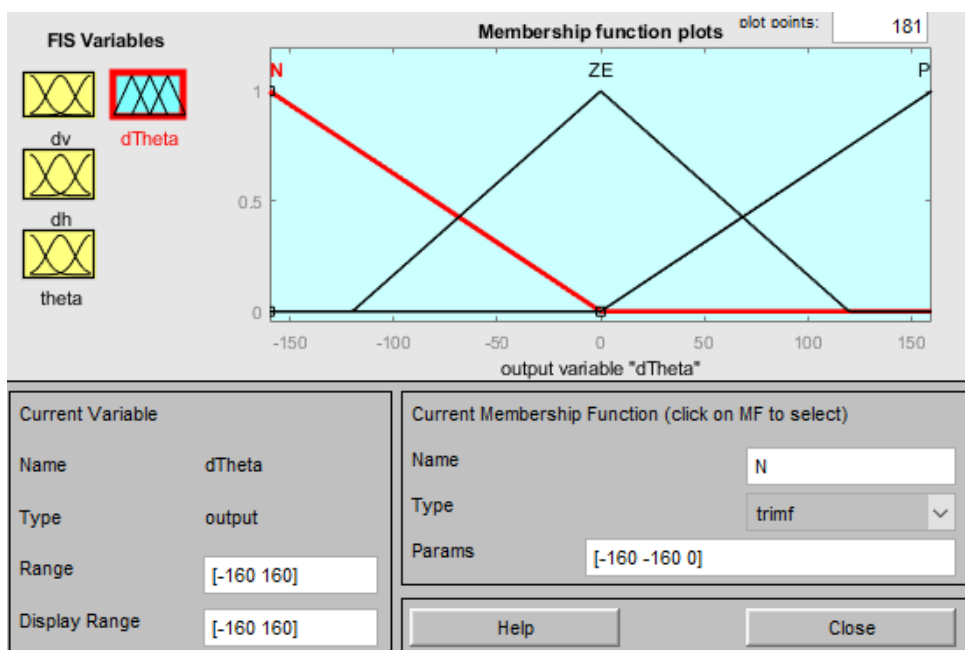
ΑΡΧΙΚΗ ΒΑΣΗ ΚΑΝΟΝΩΝ

Ακολουθώντας τις οδηγίες τις εκφώνησης σχεδιάζουμε την αρχική βάση κανόνων στον FIS Editor :



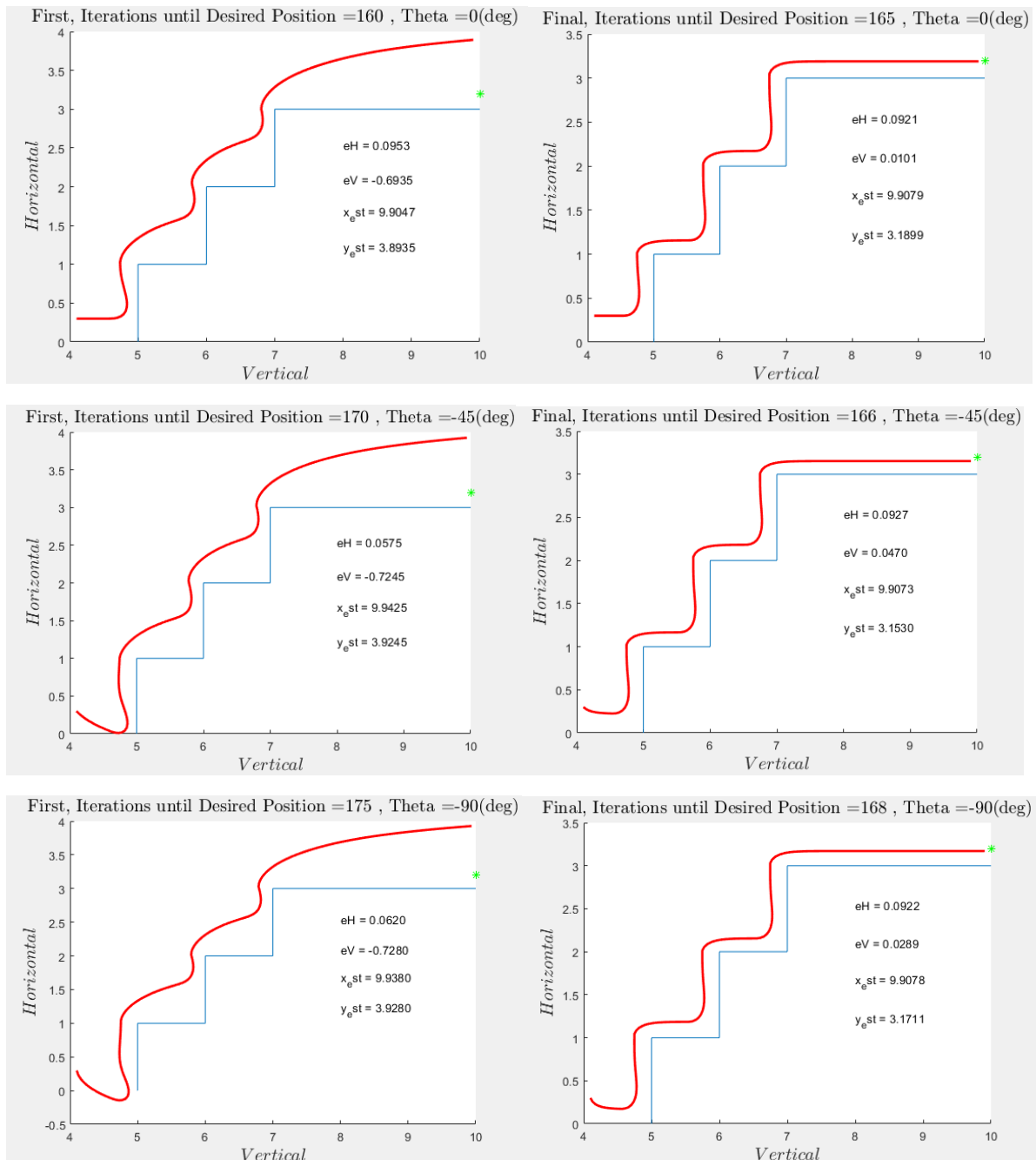
ΤΕΛΙΚΗ ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΗ ΒΑΣΗ ΚΑΝΟΝΩΝ

Μετά από δοκιμές κατέληξα στην σχεδίαση μιας τελικής βελτιωμένης βάσης κανόνων στον FIS Editor όπου το πεδίο ορισμού της μεταβολής της γωνίας κίνησης παίρνει πλέον τιμές στο διάστημα $[-160, 160]$ (μοίρες). Επίσης μετακινήθηκαν και οι τιμές των Membership Function για να είναι ολοκληρωμένος ο μετασχηματισμός του ασαφή ελεγκτή μας :



4) ΕΡΩΤΗΜΑ

Να σχεδιαστούν οι πορείες που θα ακολουθήσει το όχημα για να φτάσει στην επιθυμητή θέση με τη χρήση του FLC για κάθε μία από τις αρχικές διευθύνσεις. Να δοθούν επίσης και οι αρχικές πορείες του οχήματος με βάση τις αρχικές παραμέτρους των συναρτήσεων συμμετοχής :



5) ΕΡΩΤΗΜΑ

Σχολιασμός αποτελεσμάτων.

ΑΡΧΙΚΗ ΒΑΣΗ ΚΑΝΟΝΩΝ

Παρατηρούμε πως η αρχική ασαφή βάση κανόνων που σχεδιάστηκε σύμφωνα με την εκφώνηση για πεδίο τιμών $[-130, 130]$ της μεταβολής της γωνίας κίνησης ($\Delta\theta$) οδηγεί το αυτοκίνητο στην σωστή πορεία καθώς αποφεύγει τα εμπόδια αλλά στο τέλος δεν μας οδηγεί στην επιθυμητή τιμή της θέσης (10,3.2) καθώς το σφάλμα ως προς τον οριζόντιο και κατακόρυφο άξονα είναι :

- $eV = y_{\text{desired}} - y_{\text{real}} \sim 3.2 - 3.9 = -0.7$
- $eH = x_{\text{desired}} - x_{\text{real}} \sim 10 - 9.93 = 0.06$

ΤΕΛΙΚΗ ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΗ ΒΑΣΗ ΚΑΝΟΝΩΝ

Παρατηρούμε πως η τελική βελτιωμένη ασαφή βάση κανόνων που σχεδιάστηκε για πεδίο τιμών $[-160, 160]$ της μεταβολής της γωνίας κίνησης ($\Delta\theta$) οδηγεί το αυτοκίνητο στην σωστή πορεία καθώς αποφεύγει τα εμπόδια αλλά στο τέλος μας οδηγεί πολύ κοντά στην επιθυμητή τιμή της θέσης (10,3.2) καθώς το σφάλμα ως προς τον οριζόντιο και κατακόρυφο άξονα είναι :

- $eV = y_{\text{desired}} - y_{\text{real}} \sim 3.2 - 3.9 = 0.01$
- $eH = x_{\text{desired}} - x_{\text{real}} \sim 10 - 9.93 = 0.09$

Για την εμφάνιση των αποτελεσμάτων μπορείτε να εκτελέσετε το αρχείο

CAR_CONTROL_A.m αφού έχει δημιουργηθεί στο FIS Editor οι δύο βάσεις ασαφών κανόνων .