

Υπολογιστική Νοημοσύνη

Αναφορά στα πλαίσια της 2ης εργασίας

Car Control (A)



Τσαλαγεώργος Βασίλειος

A.E.M. 8253

Εαρινό εξάμηνο 2021

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών

Σχεδίαση του ασαφούς ελεγκτή

Αρχικά, υλοποιείται ο ασαφής ελεγκτής στο περιβάλλον Fuzzy Logic Designer του MATLAB σύμφωνα με τα ζητούμενα της εργασίας και αποθηκεύεται στο αρχείο FLC.fis. Οι κανόνες υλοποιούνται με τον τελεστή συμπερασμού Mamdani, το συνδυαστικό ALSO (aggregation) υλοποιείται με τον τελεστή max, και για την απο-ασαφοποίηση χρησιμοποιείται ο απο-ασαφοποιητής κέντρου βάρους (COA).

Ο ελεγκτής έχει τρεις εισόδους, όπως ζητείται, οι οποίες είναι: η κάθετη απόσταση του οχήματος από το εκάστοτε εμπόδιο (dV), η οριζόντια αντιστοίχως (dH), και η γωνία θ (theta), η οποία ορίζει τη διεύθυνση της ταχύτητας του οχήματος. Έξοδος του ελεγκτή είναι η μεταβολή της γωνίας που ορίζει τη διεύθυνση της ταχύτητας του οχήματος ($d\theta$).

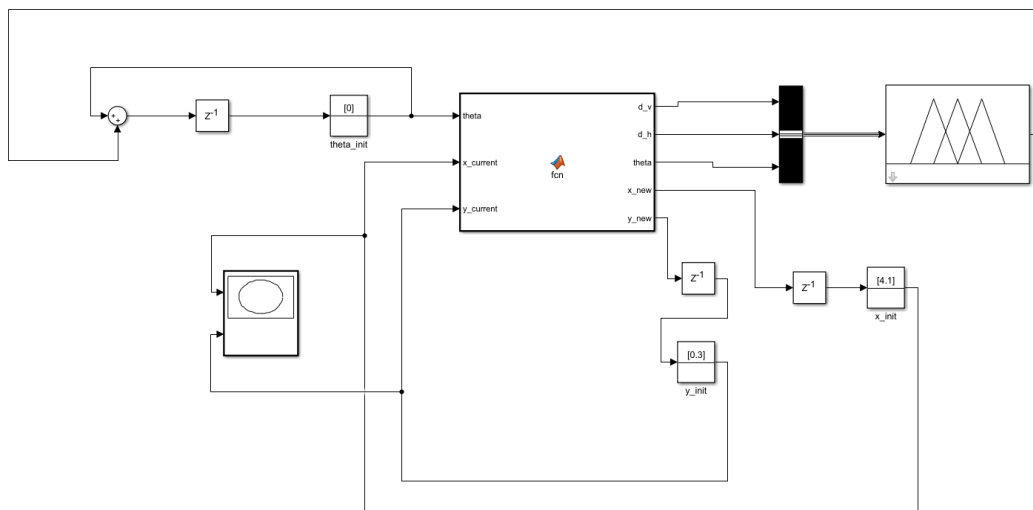
Οι λεκτικές τιμές που λαμβάνουν οι μεταβλητές εισόδου που ορίζουν την απόσταση από το εκάστοτε εμπόδιο είναι τρεις (S, M, L), όπως και αυτές που λαμβάνει η μεταβλητή της εισόδου που ορίζει τη γωνία θ , αλλά και αυτή της εξόδου που ορίζει τη μεταβολή της εν λόγω γωνίας (N, Z, P).

Η σχεδίαση των συναρτήσεων συμμετοχής των τριών μεταβλητών εισόδου έγινε στο περιβάλλον Membership Function Editor του MATLAB, σύμφωνα με τις σχηματικές απεικονίσεις που παρατίθενται στην εκφώνηση. Για τις μεταβλητές εισόδου dV και dH , το εύρος και το εύρος απεικόνισης τέθηκαν στο διάστημα $[0,1]$, ενώ για τη γωνία θ και τη μεταβολή της $\Delta\theta$, τέθηκαν στα διαστήματα $[-180,180]$ και $[-130,130]$ αντίστοιχα.

Η βάση των κανόνων του ασαφούς ελεγκτή υλοποιήθηκε αργότερα, ώστε να μπορούν να γίνουν δοκιμές διαφορετικών συνδυασμών, και να μπορεί ταυτόχρονα να ελεγχθεί η ορθή λειτουργία του συστήματος, ώστε να επιλεγεί τότε ο βέλτιστος συνδυασμός και αριθμός των τελικών κανόνων.

Σχεδίαση του συστήματος

Εν συνεχεία, προβαίνουμε στη σχεδίαση και τη μοντελοποίηση του συστήματος που θα προσομοιάζει την κίνηση του οχήματος στο χώρο, και θα το οδηγεί στη ζητούμενη θέση (10, 3.2), χωρίς στο μεταξύ να συγκρουστεί με τα δεδομένα εμπόδια που υπάρχουν στο χώρο και αναπαρίστανται στο σχήμα 1 της εκφώνησης. Η σχεδίαση έγινε στο



Όπως φαίνεται, το σύστημα αποτελείται κεντρικά από το block μιας συνάρτησης η οποία υλοποιείται σε κώδικα MATLAB, και η οποία ουσιαστικά μοντελοποιεί - προσομοιώνει την κίνηση του οχήματος, και υλοποιεί το σύστημα της αποφυγής των εμποδίων και της άφιξης του οχήματος στη ζητούμενη τελική θέση στο χώρο. Δέχεται σαν εισόδους τη νυν θέση του οχήματος στο χώρο ($x_{current}$, $y_{current}$), καθώς και τη νυν γωνία θ , η οποία προσδιορίζει τη διεύθυνση στην οποία αυτό κινείται. Οι έξοδοι από την άλλη, είναι οι εξής: οι αποστάσεις (κάθετη και οριζόντια, dV και dH) από το εκάστοτε εμπόδιο, η ίδια γωνία θ την οποία δέχεται ως είσοδο, καθώς και η νέα θέση του οχήματος στο χώρο (x,y), εφόσον υπολογίσει τη μετατόπιση του οχήματος δεδομένης της σταθερής ταχύτητας που δίνεται ($u = 0.05 \text{ m/s}$). Οι τρεις πρώτες εξόδους που αναφέρονται, γίνεται σαφές ότι θα αποτελέσουν τις τρεις μεταβλητές εισόδου του ασαφούς ελεγκτή που σχεδιάσαμε προηγουμένως, οπότε τις περνάμε πρώτα σε ένα bus και στη συνέχεια σαν είσοδο στον ελεγκτή. Στο σχήμα υπάρχουν επίσης τα τρία blocks τα οποία πριν την έναρξη της κάθε προσομοίωσης λαμβάνουν τις τιμές της αρχικής θέσης του οχήματος στο χώρο (x_{init} , y_{init}), καθώς και την αρχική του κατεύθυνση (θ_{init}). Όπως είναι λογικό, τα τρία αυτά blocks οδηγούνται σαν είσοδοι στο block της συνάρτησης. Όσον αφορά τις δύο τελευταίες εξόδους της συνάρτησης, δηλαδή τη νέα θέση του οχήματος μετά τη μετατόπιση (x_{new} , y_{new}), οδηγούνται πρώτα σε ένα delay block έκαστη, πριν οδηγηθούν στα blocks των τριών τιμών και τις αντικαταστήσουν, ούτως ώστε να μη δημιουργηθεί ένα infinite feedback loop, επιτρέπουν δηλαδή να κρατήσω την κάθε έξοδο αρκετά ώστε να μπορέσω να τη χρησιμοποιήσω για είσοδο πριν αλλάξει. Στο σημείο αυτό γίνεται σαφές γιατί η συνάρτηση έχει σαν έξοδο την ίδια γωνία θ την οποία δέχεται σαν είσοδο, καθώς η μετατόπιση της γωνίας $\Delta\theta$ (το πόσο πρέπει να μεταβληθεί

η διεύθυνση του οχήματος) προκύπτει από τον ασαφή ελεγκτή που υλοποιήσαμε και δεν υπολογίζεται μέσα στη συνάρτηση. Συνεπώς, η έξοδος του ασαφούς ελεγκτή ($d\theta$) οδηγείται ώστε να προστεθεί στη νυν γωνία θ και να χρησιμοποιηθεί εκ νέου ως είσοδος στη συνάρτηση. Το delay block και σε αυτή την περίπτωση εξυπηρετεί τον ίδιο σκοπό που περιγράφηκε προηγουμένως. Τέλος, χρησιμοποιείται για προφανείς λόγους ένα scope στο οποίο οδηγείται η νυν θέση του οχήματος στο χώρο ($x_{current}$, $y_{current}$), ώστε να λάβουμε το διάγραμμα που θα απεικονίζει την κίνηση του οχήματος στο χώρο.

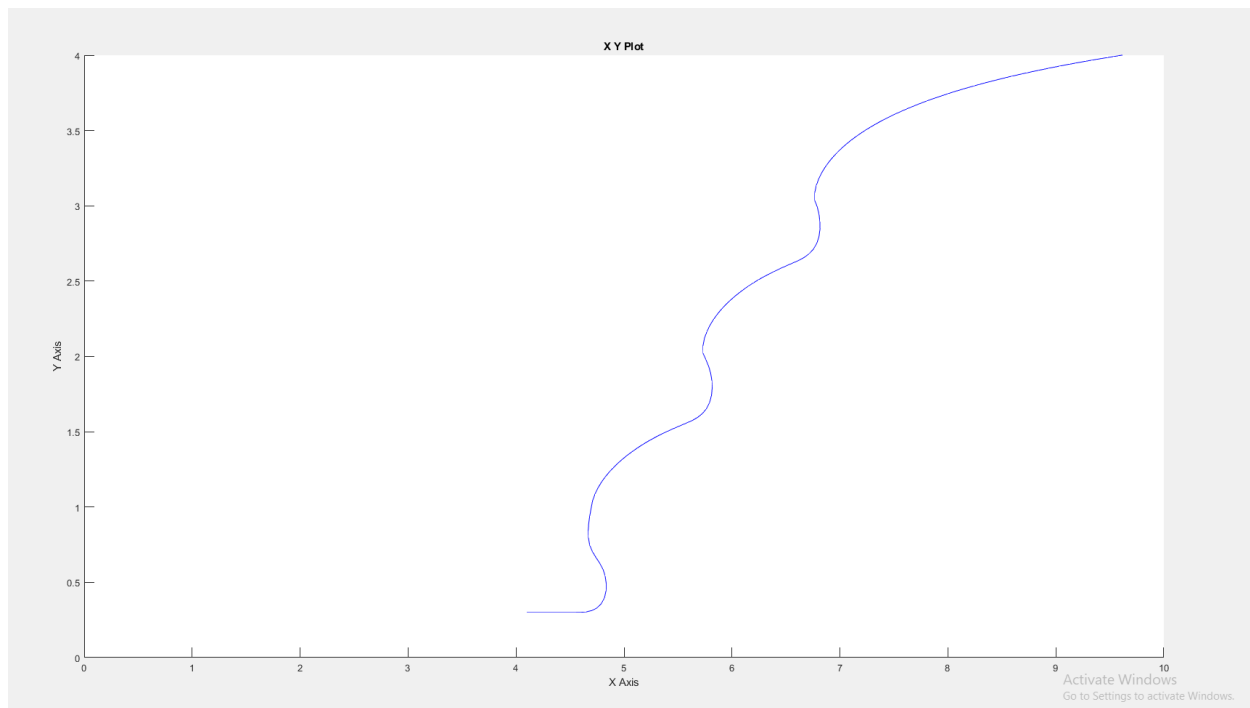
Υλοποίηση της συνάρτησης

Αναφέρθηκε κατά την περιγραφή του μοντέλου, ο βασικός ρόλος που κατέχει το block της συνάρτησης στο σύστημα, ενώ ήδη έχει γίνει σαφές σε ένα βαθμό το τι θέλουμε να πραγματοποιεί αυτή η συνάρτηση, ενώ περιγράφηκαν αναλυτικά οι είσοδοι και οι έξοδοι της. Αρχικά, η συνάρτηση, δεδομένης της νυν διεύθυνσης του οχήματος, δηλαδή της γωνίας θ , καθώς και της σταθερής ταχύτητας με την οποία θεωρούμε ότι κινείται το όχημα, υπολογίζει τη μετατόπιση, τόσο στον x άξονα, όσο και στον y άξονα. Στη συνέχεια, δεδομένης της νυν θέσης του οχήματος και της μετατόπισης που υπολογίστηκε μόλις, η συνάρτηση υπολογίζει τη νέα θέση στην οποία θα βρεθεί το όχημα. Επίσης, υπολογίζει την απόσταση του οχήματος (κάθετη και οριζόντια) από το εκάστοτε κοντινότερο εμπόδιο που αφορά τη δεδομένη στιγμή. Αυτό υπολογίζεται εύκολα, καθώς χωρίζοντας το χώρο σε υπομέρη βασιζόμενοι στο που βρίσκονται τα εμπόδια που ορίζει η εκφώνηση, μπορούμε κάθε στιγμή (εφόσον γνωρίζουμε ήδη τη θέση του οχήματος στο χώρο) να ξέρουμε τόσο ποιο εμπόδιο αφορά άμεσα το όχημα, όσο και πόσο απέχει από αυτό. Τέλος, η συνάρτηση οφείλει να κανονικοποιεί τις τιμές των μεταβλητών θ , dV και dH , στα διαστήματα στα οποία ορίζει η εκφώνηση για την καθεμία.

Υλοποίηση της βάσης κανόνων

Στο τελευταίο στάδιο, υλοποιείται η βάση των κανόνων του ασαφούς ελεγκτή. Η δυσκολία στο εν λόγω σημείο προέκυψε, καθώς ενώ η αποφυγή των εμποδίων επετεύχθη πολύ γρήγορα, η χρήση σχετικά πολλών κανόνων (7-12) δημιουργούσε τα εξής δύο προβλήματα: καθώς η διαδρομή του οχήματος διέγραφε μεγάλες καμπύλες στο χώρο, το πρώτο πρόβλημα έγκειτο στο γεγονός πως μετά την προσπέραση και του τελευταίου εμποδίου, το όχημα συνέχιζε να διαγράφει ανοδική και καμπυλωτή πορεία με

αποτέλεσμα να μη καταλήγει σε καμία περίπτωση στη ζητούμενη τελική θέση, η οποία απέχει ελάχιστα από τον οριζόντιο άξονα του τελευταίου εμποδίου. Το δεύτερο πρόβλημα, έγκειτο στο γεγονός πως για αρνητικές αρχικές τιμές της γωνίας θ , το όχημα απαιτούσε υπερβολικά πολύ χώρο και χρόνο ώσπου να αρχίσει να κινείται προς την επιθυμητή κατεύθυνση (κοινώς, μέχρι η γωνία θ να πάρει τιμές μεγαλύτερες ή/και ίσες του μηδενός), με αποτέλεσμα να διαγράφει διαδρομή και για αρνητικά y , πριν κινηθεί προς το πρώτο εμπόδιο και το προσπεράσει στη συνέχεια. Παρατίθεται ενδεικτικά ένα διάγραμμα της διαδρομής του οχήματος με τη χρήση πολλών κανόνων, κατά συνέπεια με πολύ αναλυτικές “οδηγίες” για τη μεταβολή στη διεύθυνση του οχήματος κάθε στιγμή, ανάλογα τη δεδομένη απόστασή του, dV και dH .



Κατέστη γρήγορα σαφές, μετά από πολλαπλές δοκιμές, πως θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν λιγότεροι κανόνες, ούτως ώστε το όχημα να διαγράφει πιο ευθύγραμμη και απότομη διαδρομή. Εν τέλει, η βάση των κανόνων αποφασίστηκε να αποτελείται από 4 κανόνες συνολικά, οι οποίοι είναι οι εξής:

- IF dH is S and θ is Z THEN $d\theta$ is P
- IF dH is S and θ is P THEN $d\theta$ is P
- IF dH is L and θ is P then $d\theta$ is N
- IF dH is L and θ is N then $d\theta$ is P

Η λογική πίσω από την εξής υλοποίηση είναι η εξής:

Αρχικά, όσο το όχημα δεν απέχει μικρή απόσταση από τον κάθετο άξονα του εκάστοτε εμποδίου, δηλαδή η οριζόντια απόστασή του δεν είναι μικρή, τότε θέλουμε να κινείται όσο το δυνατόν σε ευθεία γραμμή, να διατηρεί δηλαδή τη γωνία θ κοντά στο 0, και να το κάνει αυτό όσο το δυνατόν πιο άμεσα αφού ξεπεράσει το προηγούμενο εμπόδιο, μόλις δηλαδή βρεθεί πάνω από τον κάθετο άξονα του εν λόγω εμποδίου, οπότε η οριζόντια απόστασή του θα γίνει μεγάλη (d_H is L). Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση των δύο τελευταίων παραπάνω κανόνων.

Όταν η οριζόντια απόσταση του οχήματος από το εκάστοτε εμπόδιο γίνει μικρή (d_H is S), και όσο παραμένει μικρή, θέλουμε το όχημα να διαγράφει κατακόρυφη πορεία, εν παραλλήλω με τον κάθετο άξονα του εμποδίου και σε μικρή απόσταση από αυτόν. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση των δύο πρώτων παραπάνω κανόνων.

Δεν μας “ενδιαφέρει” η κάθετη απόσταση του οχήματος από το εκάστοτε εμπόδιο, καθώς ήδη από την αρχική θέση βρισκόμαστε πάνω από τον οριζόντιο άξονα, ενώ κάθε φορά που το όχημα θα ξεπερνάει το ύψος του κάθε εμποδίου, θα ευθυγραμμίζεται άμεσα εφόσον η οριζόντια απόστασή του από το επόμενο θα γίνεται μεγάλη. Έτσι επιτυγχάνεται η άφιξη του οχήματος στην τελική επιθυμητή θέση, και γίνεται κατανοητό γιατί στο πλαίσιο της συνάρτησης που υλοποιήθηκε, μόλις το όχημα ξεπεράσει το τελευταίο εμπόδιο, η μεταβλητή της οριζόντιας απόστασης d_H λαμβάνει τη μέγιστη τιμή 1.

Παρατίθενται παρακάτω οι τελικές διαδρομές που διαγράφει το όχημα μετά την υλοποίηση του συνολικού συστήματος που περιγράφηκε αναλυτικά παραπάνω, με δεδομένη την αρχική θέση του οχήματος στο χώρο (4.1, 0.3), και για αρχικές διευθύνσεις, δηλαδή τιμές της γωνίας θ , $\theta_1 = 0$, $\theta_2 = -45$ και $\theta_3 = -90$ αντιστοίχως.

