

Ευφυής Έλεγχος 3^η Εργασία

Καλαϊτζόπουλος Βασίλειος

Α.Μ.:1066670

Άσκηση 1

Σκοπός Άσκησης

Σκοπός της πρώτης άσκησης είναι ο σχεδιασμός ενός Fuzzy Expert System προειδοποίησης κινδύνου το οποίο έχει ως εισόδους τα $x_1(t)$, $x_2(t)$ τα οποία είναι το ποσοστό των μολυσμένων ατόμων και το ποσοστό των ατόμων που δεν έχουν μολυνθεί, αντίστοιχα. Το μοντέλο που περιγράφει τη διάδοση μιας ασθένειας σε έναν πληθυσμό ακολουθεί τις εξισώσεις Volterra που φαίνονται παρακάτω:

$$\dot{x}_1 = -ax_1 + bx_1x_2, x_1(0) \geq 0$$

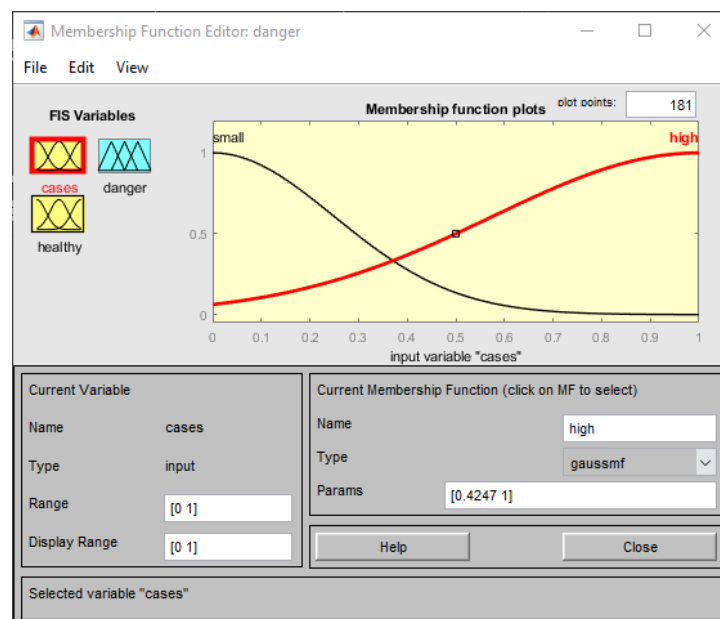
$$\dot{x}_2 = -bx_1x_2, x_2(0) \geq 0$$

όπου $a, b > 0$.

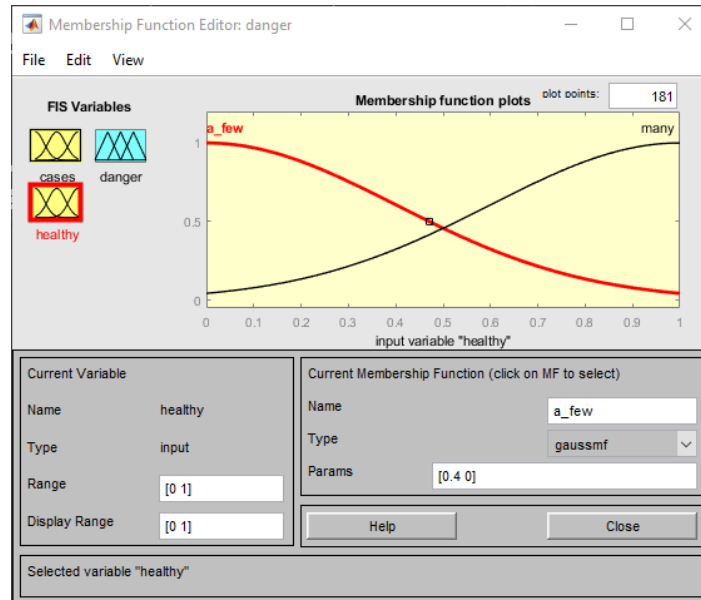
Σχεδιασμός του Fuzzy Expert System

Membership Functions

Αρχικά ορίστηκαν τα membership functions των εισόδων $x_1(t)$, $x_2(t)$. Για το $x_1(t)$ που είναι το ποσοστό των ατόμων του πληθυσμού που έχει μολυνθεί δημιουργούμε δύο membership function με το fuzzyLogicDesigner της MATLAB οι οποίες αντιστοιχούν στην περίπτωση που θεωρούμε ότι έχουμε λίγους μολυσμένους και στην περίπτωση που έχουμε πολλούς. Η πρώτη είναι μία gaussian με κέντρο 0 και διασπορά 0.25 ενώ η δεύτερη είναι πάλι gaussian αλλά με κέντρο 1 και διασπορά 0.4247 έτσι ώστε να “ενεργοποιείται” πιο γρήγορα καθώς πέφτει η πρώτη με αποτέλεσμα να έχουμε ένα πιο “προστατευτικό” σύστημα.

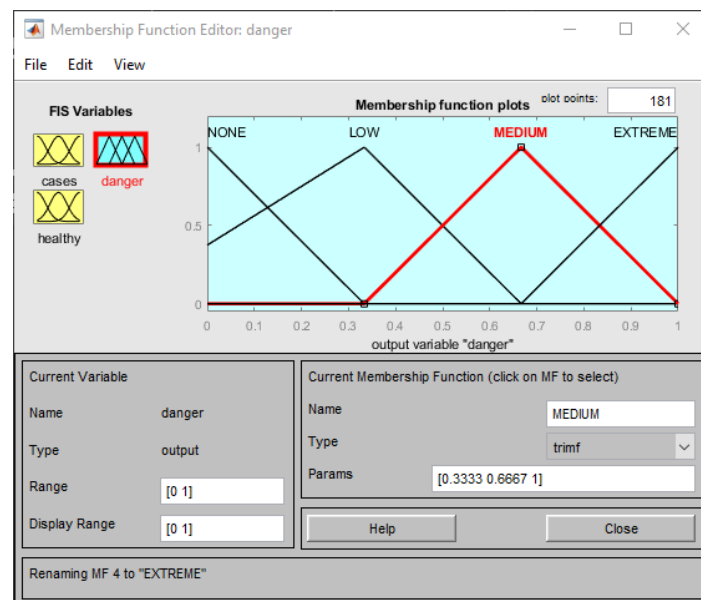


Έπειτα για το $x_2(t)$ που είναι το ποσοστό των ατόμων που δεν έχουν μολυνθεί δημιουργούμε πάλι δύο membership functions με το fuzzyLogicDesigner της MATLAB οι οποίες αντιστοιχούν στην περίπτωση που έχουμε πολλούς υγιείς και στην περίπτωση που έχουμε λίγους. Και εδώ και οι δυο membership functions είναι gaussian με διασπορά 0.4 ωστόσο η περίπτωση που έχουμε λίγους υγιείς έχει κέντρο 0 ενώ η περίπτωση με τους πολλούς υγιείς κέντρο 1.



Και στις δύο εισόδους παίρνουμε τιμές από 0 έως 1 αφού μιλάμε για ποσοστά.

Τέλος φτιάχνουμε και τις τέσσερις membership function για το output που αντιστοιχούν στις 4 ενδείξεις κινδύνου που θέλουμε να βγάλει το fuzzy system μας (ΚΑΘΟΛΟΥ, ΜΙΚΡΟΣ, ΜΕΤΡΙΟΣ, ΥΨΗΛΟΣ). Εδώ έχουμε 4 ίδιες τριγωνικές membership functions με μια μικρή διαφορά στην LOW έτσι ώστε η οποία έχει λίγο μεγάλη βάση για να κάνει το σύστημα λίγο πιο “προστατευτικό”.



Rules

Οι κανόνες του fuzzy expert system ορίζονται πάλι πολύ απλά μέσω του fuzzyLogicDesigner της MATLAB και είναι πολύ απλοί και ακολουθούν τον παρακάτω πίνακα αφού μιλάμε για ένα Mamdani Fuzzy Model:

Cases/Healthy	Many	A few
Small	NONE	LOW
High	MEDIUM	EXTREME

Έτσι έχουμε τους παρακάτω κανόνες:

Rule Editor: danger

File Edit View Options

1. If (cases is small) and (healthy is many) then (danger is NONE) (1)
 2. If (cases is small) and (healthy is a_few) then (danger is LOW) (1)
 3. If (cases is high) and (healthy is many) then (danger is MEDIUM) (1)
 4. If (cases is high) and (healthy is a_few) then (danger is EXTREME) (1)

If cases is and healthy is Then danger is

small a few NONE
 high many LOW
 none none MEDIUM
 none none EXTREME
 none none none

☐ not ☐ not ☐ not

Connection Weight: 1

☐ or ☒ and

Delete rule Add rule Change rule << >>

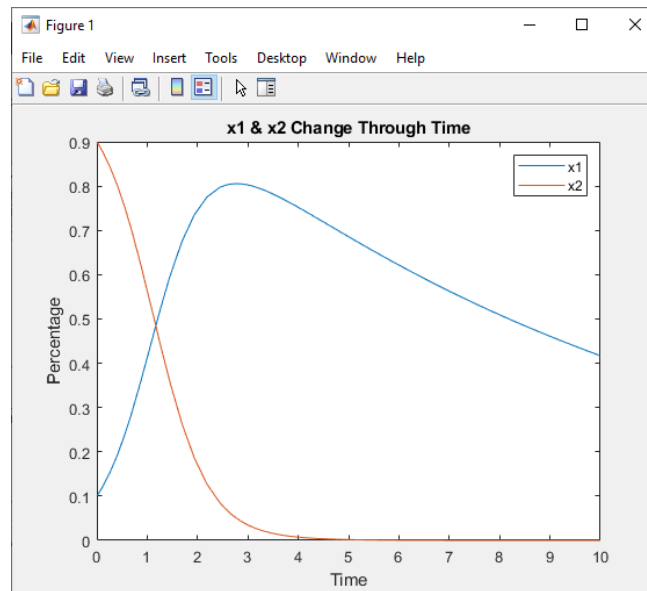
FIS Name: danger Help Close

Αποτελέσματα

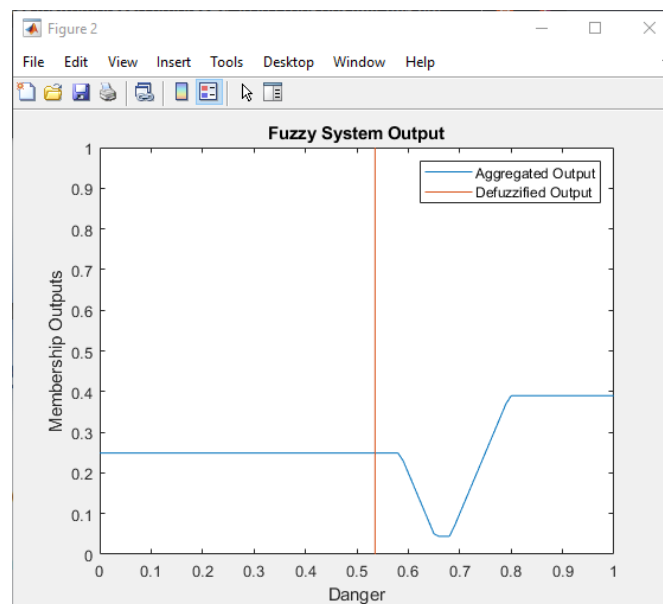
Για τις δοκιμές του συστήματος χρησιμοποιήθηκαν διάφορες τιμές a , b αλλά και διάφορες περιπτώσεις αρχικών τιμών. Παρακάτω φαίνονται τρεις από αυτές.

Περίπτωση 1^η

Εδώ στόχος ήταν η προσομοίωση μια πολύ μεταδοτικής ασθένειας μικρής θνησιμότητας και ανοσίας. Έτσι χρησιμοποιήθηκαν αρχικές τιμές $a = 0.1$, $b = 2$, $x_1 = 0.1$, $x_2 = 0.9$.

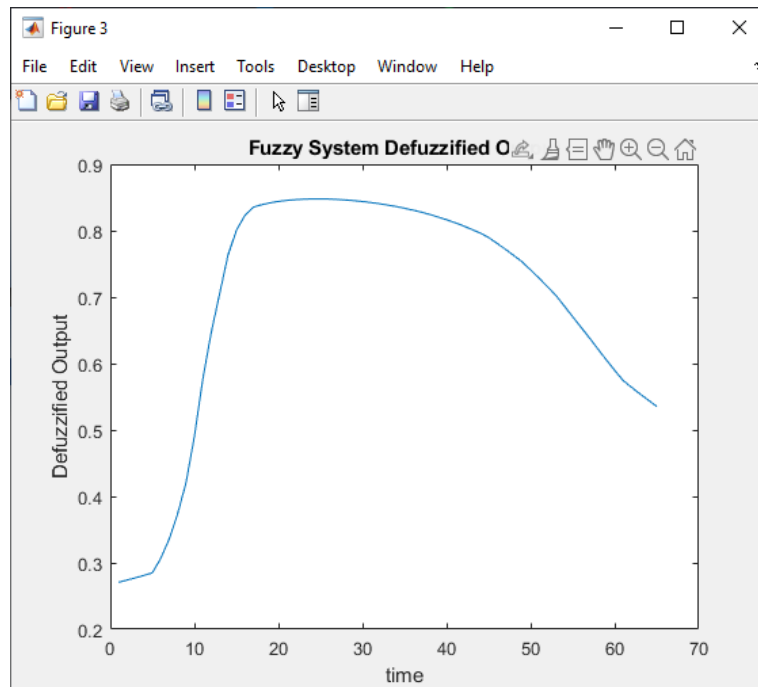


Καθώς τρέχει το πρόγραμμα βλέπουμε το aggregated output του συστήματος το οποίο σταθεροποιείται καταλήγει στην παρακάτω εικόνα για τα τελευταία $x_1(t)$, $x_2(t)$:



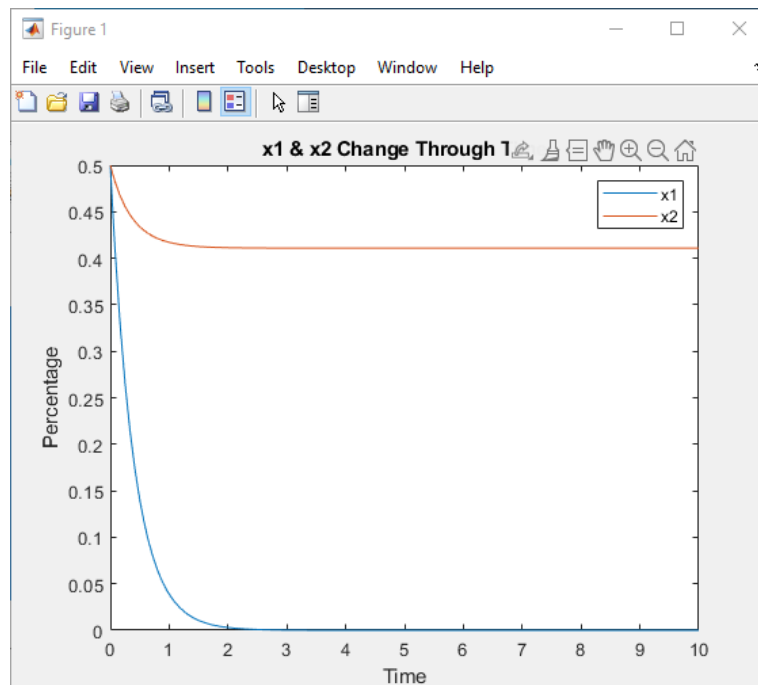
Όπως φαίνεται παραπάνω κυριαρχεί η membership function του ΥΨΗΛΟΥ κινδύνου.

Τέλος φαίνεται το defuzzified output του συστήματος το οποίο όπως φαίνεται ξεκινάει από πολύ μικρό και καθώς τα κρούσματα αυξάνονται και γίνονται περισσότερα από τους υγιείς πέφτει αλλά όχι πολύ γιατί εξακολουθούμε να έχουμε αρκετά κρούσματα.

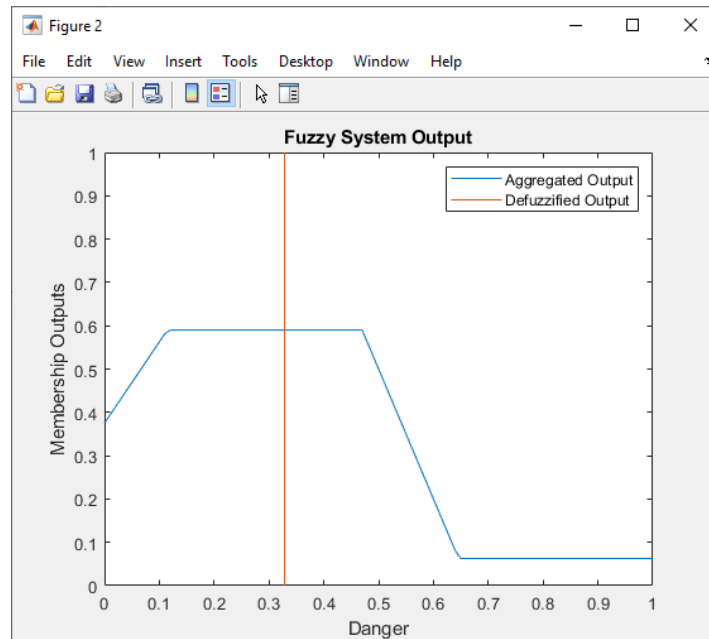


Περίπτωση 2^η

Σε αυτή την περίπτωση γίνεται προσομοίωση μιας ασθένειας με χαμηλή μεταδοτικότητα αλλά μεγάλη θνησιμότητα και ανοσία. Έτσι χρησιμοποιήθηκαν αρχικές τιμές $a = 3$, $b = 1$, $x_1 = 0.5$, $x_2 = 0.5$.

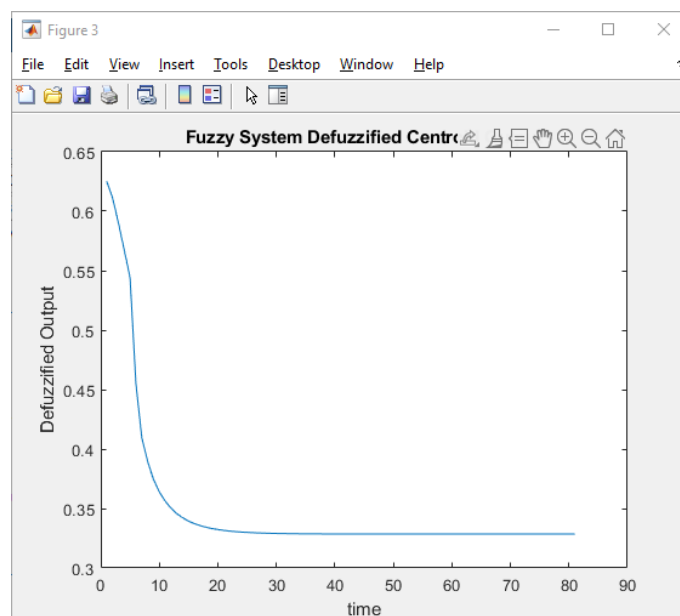


Καθώς τρέχει το πρόγραμμα βλέπουμε το aggregated output του συστήματος το οποίο σταθεροποιείται καταλήγει στην παρακάτω εικόνα για τα τελευταία $x_1(t)$, $x_2(t)$:



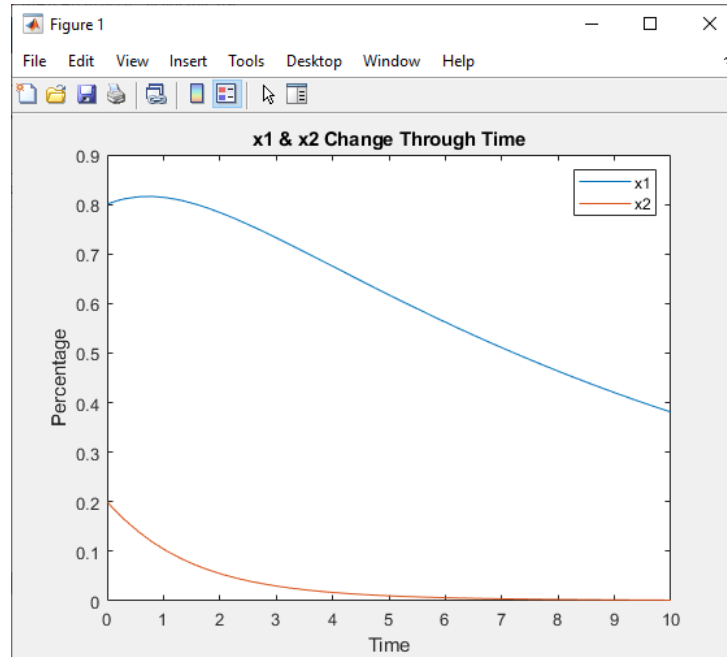
Όπως φαίνεται παραπάνω κυριαρχεί η membership function του ΜΙΚΡΟΥ κινδύνου.

Τέλος φαίνεται το defuzzified output του συστήματος το οποίο όπως φαίνεται ξεκινάει από ΜΕΤΡΙΟ καθώς αρχικά έχουμε αρκετά κρούσματα αλλά και αρκετούς υγιείς ωστόσο εξαιτίας της θνησιμότητας και της ανοσίας της ασθένειας γρήγορα τα κρούσματα μηδενίζονται και ο κίνδυνος γίνεται ΜΙΚΡΟΣ και όχι ΚΑΘΟΛΟΥ γιατί δεν έχουμε πολλούς υγιείς, άλλωστε το σύστημα έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να είναι λίγο πιο "προστατευτικό".

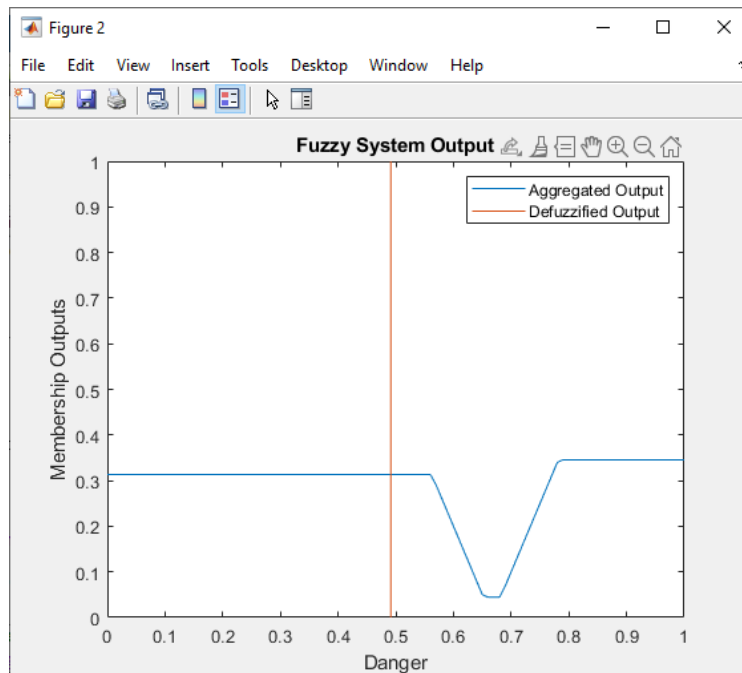


Περίπτωση 3^η

Τέλος κάνουμε μια ασθένεια η οποία έχει μεγάλη μεταδοτικότητα αλλά μικρή θνησιμότητα και ανοσία. Επίσης ξεκινάμε την ασθένεια με ένα πολύ μεγάλο ποσοστό κρουσμάτων και λίγων υγιών. Έτσι χρησιμοποιήθηκαν αρχικές τιμές $a = 0.1$, $b = 0.8$, $x_1 = 0.8$, $x_2 = 0.2$.

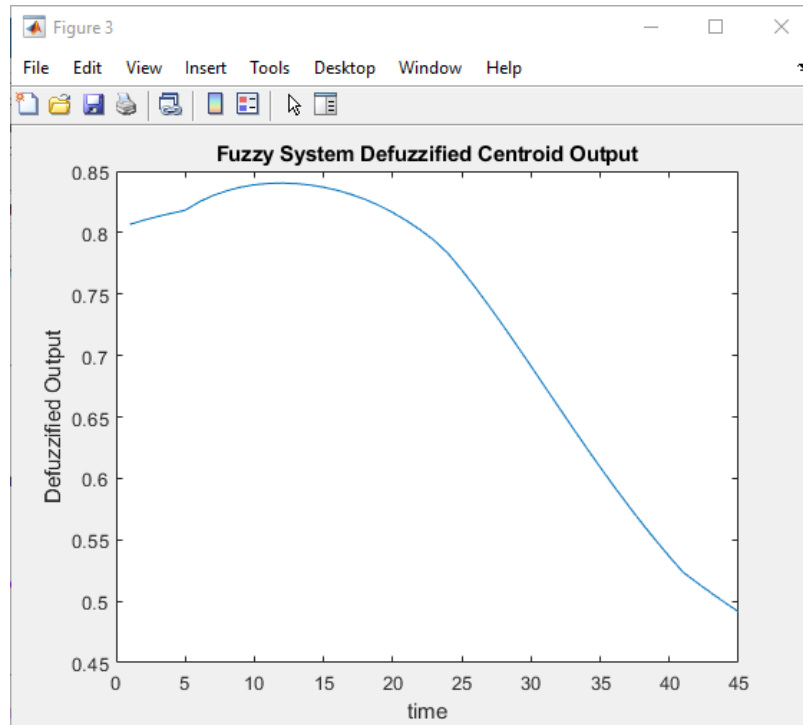


Καθώς τρέχει το πρόγραμμα βλέπουμε το aggregated output του συστήματος το οποίο σταθεροποιείται καταλήγει στην παρακάτω εικόνα για τα τελευταία $x_1(t)$, $x_2(t)$:



Όπως φαίνεται παραπάνω κυριαρχεί η membership function του ΥΨΗΛΟΥ κινδύνου κατά πολύ λίγο.

Στο defuzzified output του συστήματος βλέπουμε αρχικά πολύ ΥΨΗΛΟ κίνδυνο αφού έχουμε πολύ μεγάλο ποσοστό κρουσμάτων ο οποίος μάλιστα αυξάνεται λόγω της μεγάλης μεταδοτικότητας της ασθένειας μέχρι που οι υγιείς είναι μηδενίζονται και τα κρούσματα μόνο μειώνονται καθώς ή αποκτούν ανοσία ή πεθαίνουν. Ωστόσο δεν μειώνονται δραματικά καθώς η θνησιμότητα και η ανοσία τις ασθένειας είναι μικρές.



Άσκηση 2

Σκοπός Άσκησης

Σε αυτή την άσκηση θέλουμε να σχεδιάσουμε ένα ασαφές σύστημα ελέγχου “αυτόματου παρκαρίσματος”. Οι εξισώσεις που ακολουθεί το αυτοκίνητο περιγράφονται παρακάτω:

$$\theta_{k+1} = \theta_k + T \frac{V \tan(u_k)}{L}$$

$$x_{k+1} = x_k + TV \cos(\theta_k)$$

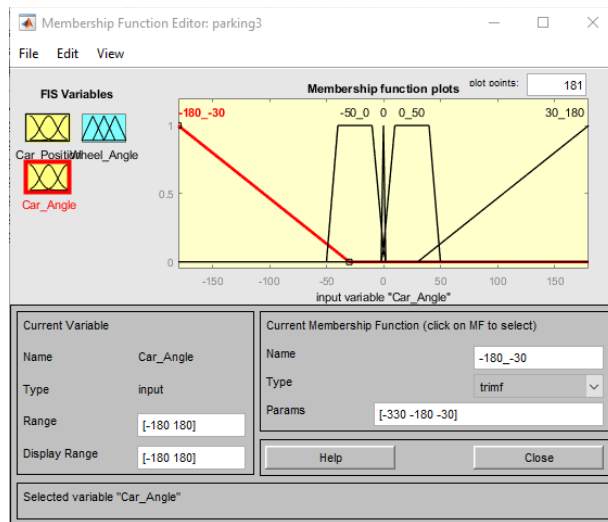
$$y_{k+1} = y_k + TV \sin(\theta_k)$$

Όπου θ_k ο προσανατολισμός του αυτοκινήτου, y_k η κατακόρυφη θέση του, u_k η γωνία στροφής των τροχών, $L=2.5\text{m}$ το μήκος του, $T = 0.1 \text{ sec}$ η περίοδος δειγματοληψίας και $V = 0.5 \text{ m/s}$ η σταθερή ταχύτητα του οχήματος.

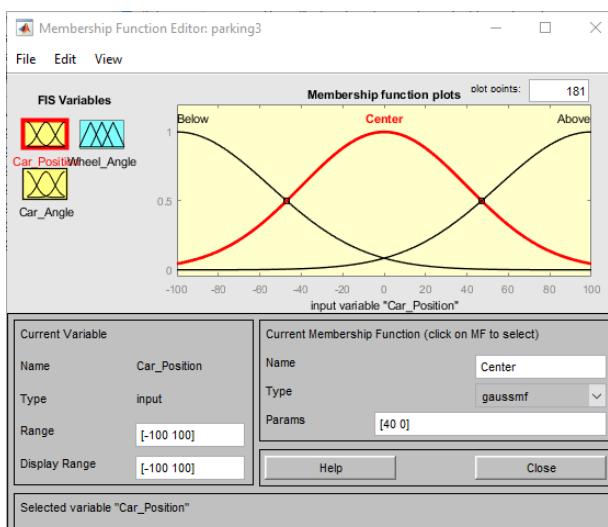
Σχεδιασμός του Ασαφούς Συστήματος Ελέγχου

Membership Functions

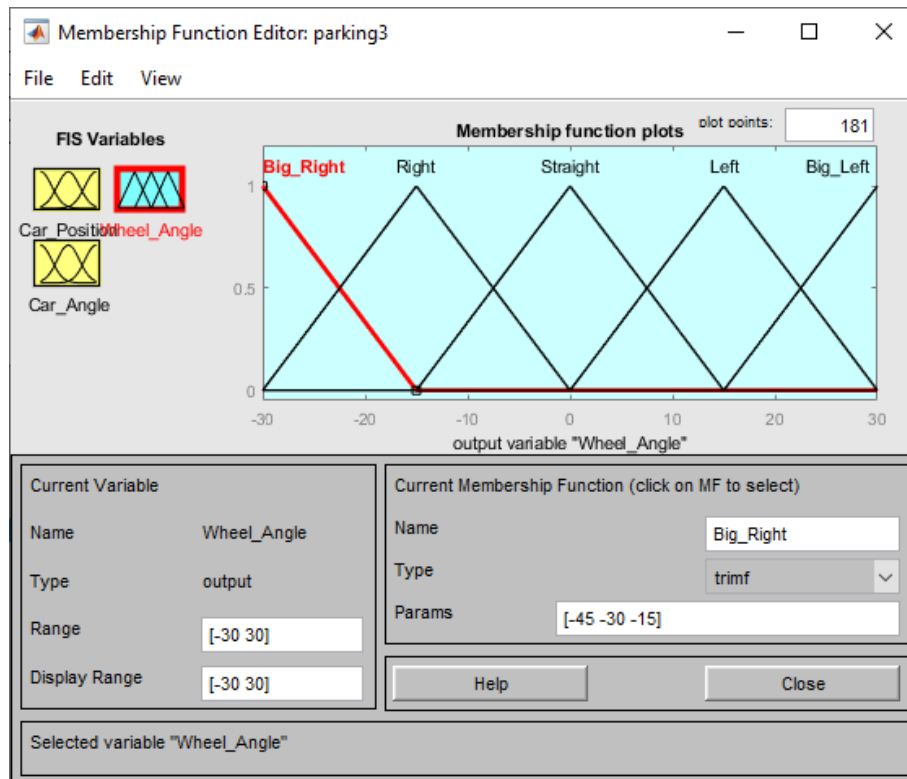
Για το Ασαφές Σύστημα Ελέγχου που θέλουμε να σχεδιάσουμε ορίστηκαν δύο είσοδοι, η κατακόρυφη θέση του αυτοκινήτου και ο προσανατολισμός του. Για τον προσανατολισμό του αυτοκινήτου χρησιμοποιήθηκαν πέντε membership functions. Δύο τριγωνικές οι οποίες ενεργοποιούνται όταν το αμάξι έχει προσανατολισμό από 180° έως 30° και -180° έως -30° . Έπειτα δυο τραπεζοειδής που ενεργοποιούνται όταν το αμάξι είχε προσανατολισμό από 0° έως 50° και -50° έως 0° . Τέλος χρησιμοποιήθηκε και μία τριγωνική η οποία ενεργοποιείται όταν το αμάξι έχει προσανατολισμό 0° . Ο τρόπος ενεργοποίησης αυτών των membership function φαίνεται παρακάτω:



Έπειτα για την είσοδο με την θέση του αυτοκινήτου χρησιμοποιήθηκαν τρεις membership function για τις περιπτώσεις που το αμάξι βρίσκεται πάνω κάτω ή στο κέντρο όπου και θέλουμε να παρκάρει. Οι τρεις αυτές membership function ήταν όλες gaussian. Η membership που ενεργοποιείται όταν το αμάξι βρίσκεται χαμηλά έχει κέντρο το -100 και διασπορά 45, η membership για το κέντρο έχει κέντρο το 0 και διασπορά 40 και τέλος η membership που ενεργοποιείται όταν το αμάξι βρίσκεται ψηλά έχει κέντρο το 100 και διασπορά 45.



Τέλος για στην έξοδο του ασαφούς ελεγκτή έχουμε την γωνία των τροχών που πρέπει να πάρει το αμάξι για να κατευθυνθεί προς την επιθυμητή θέση. Εδώ χρησιμοποιήθηκαν πέντε membership function τα οποία είναι το Big Right όταν θέλουμε το αμάξι να κάνει μεγάλη δεξιά στροφή, Right όταν θέλουμε το αμάξι να στρίψει δεξιά αλλά όχι πάρα πολύ, Straight όταν θέλουμε το αμάξι να συνεχίσει να πηγαίνει ευθεία, Left όταν θέλουμε το αμάξι να στρίψει αριστερά αλλά όχι πάρα πολύ και Big Left για όταν θέλουμε το αμάξι να κάνει μεγάλη αριστερή στροφή. Οι πέντε παραπάνω membership function φαίνονται παρακάτω:

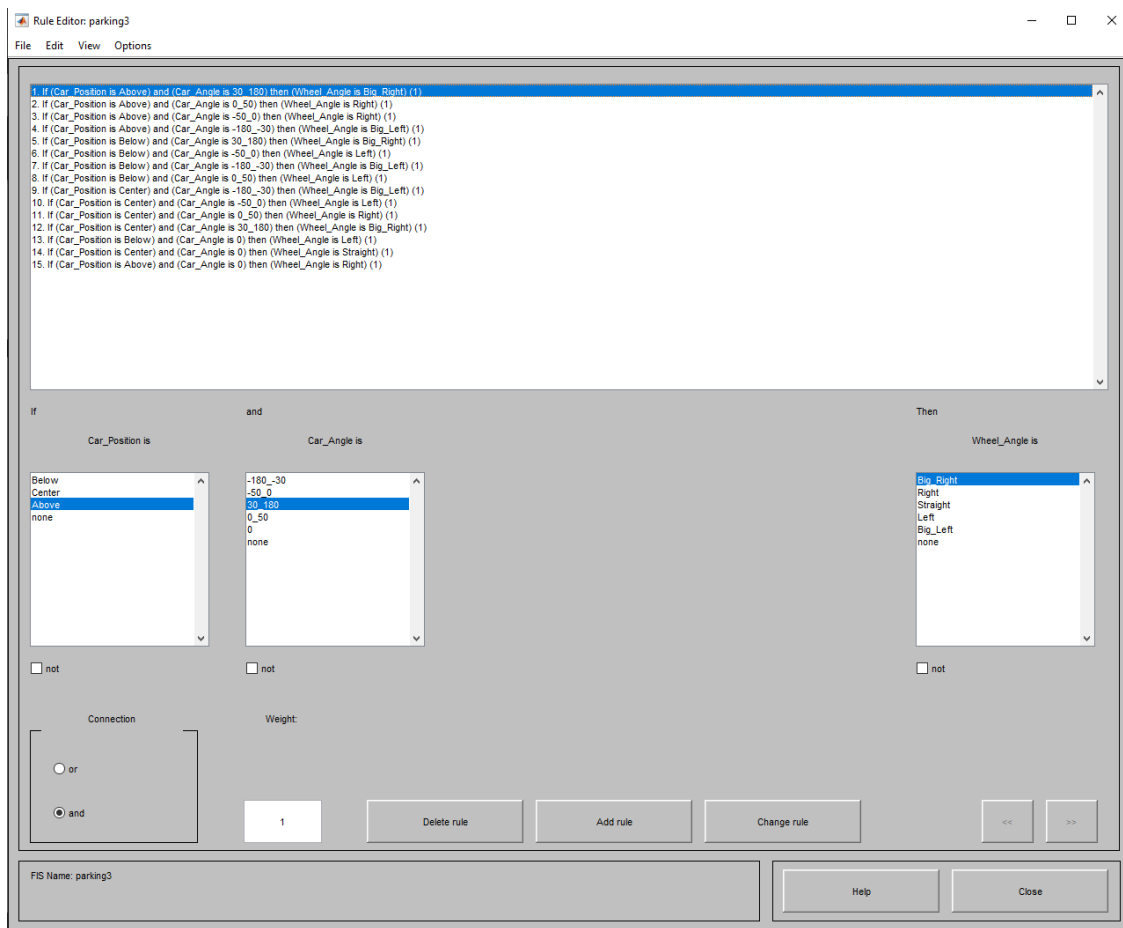


Rules

Οι κανόνες και σε αυτή την άσκηση ορίστηκαν με παρόμοιο τρόπο με την προηγούμενη αφού έχουμε πάλι ένα Mamdani Fuzzy Model. Σε αυτή την άσκηση λόγω των περισσότερων membership function έχει αυξηθεί αρκετά το πλήθος των κανόνων όπως φαίνεται και παρακάτω:

Height\Angle	[-180 -30]	[-50 0]	0	[0 50]	[30 180]
Above	Big Left	Right	Right	Right	Big Right
Center	Big Left	Left	Straight	Right	Big Right
Below	Big Left	Left	Left	Left	Big Right

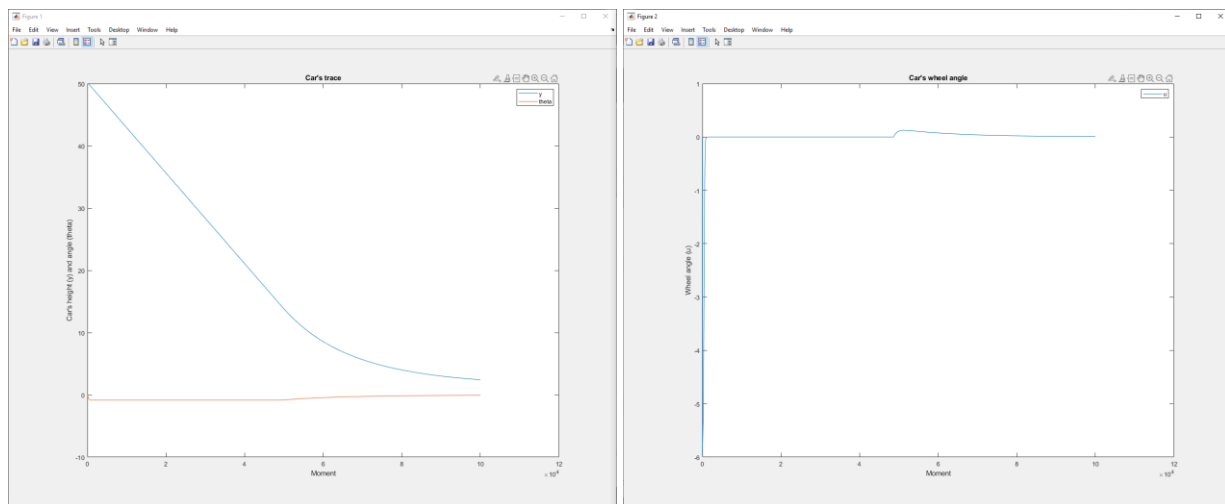
Έτσι δημιουργήθηκαν οι εξής κανόνες:

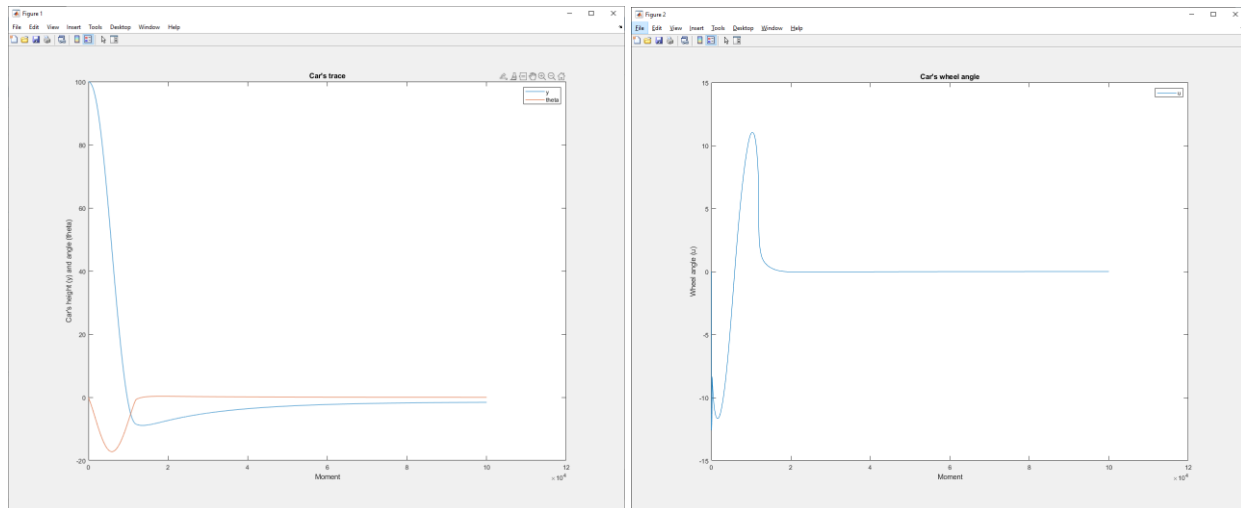
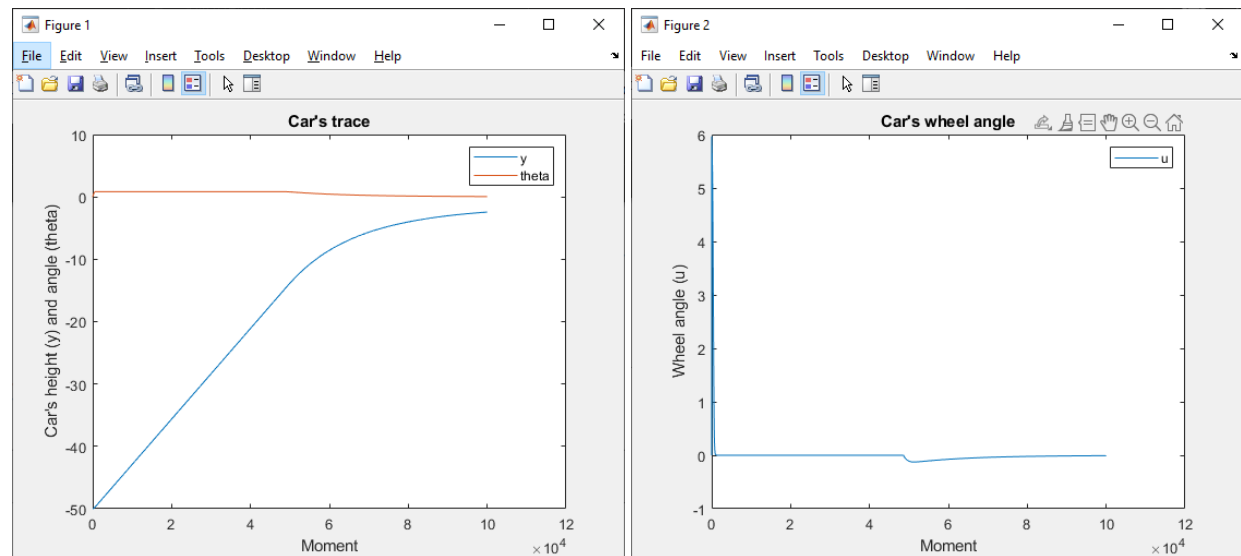


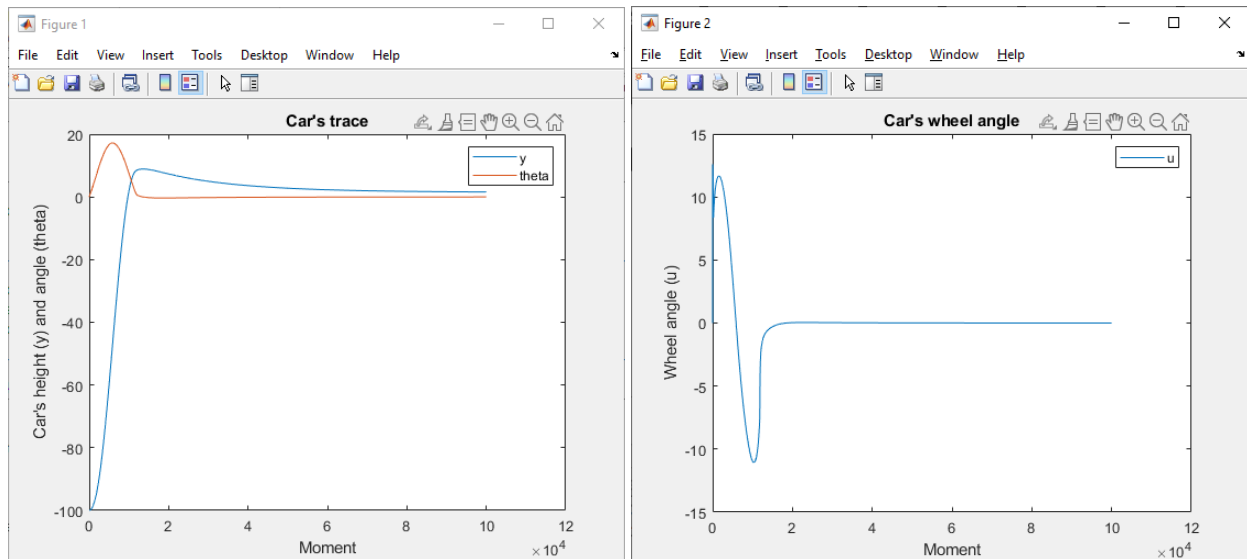
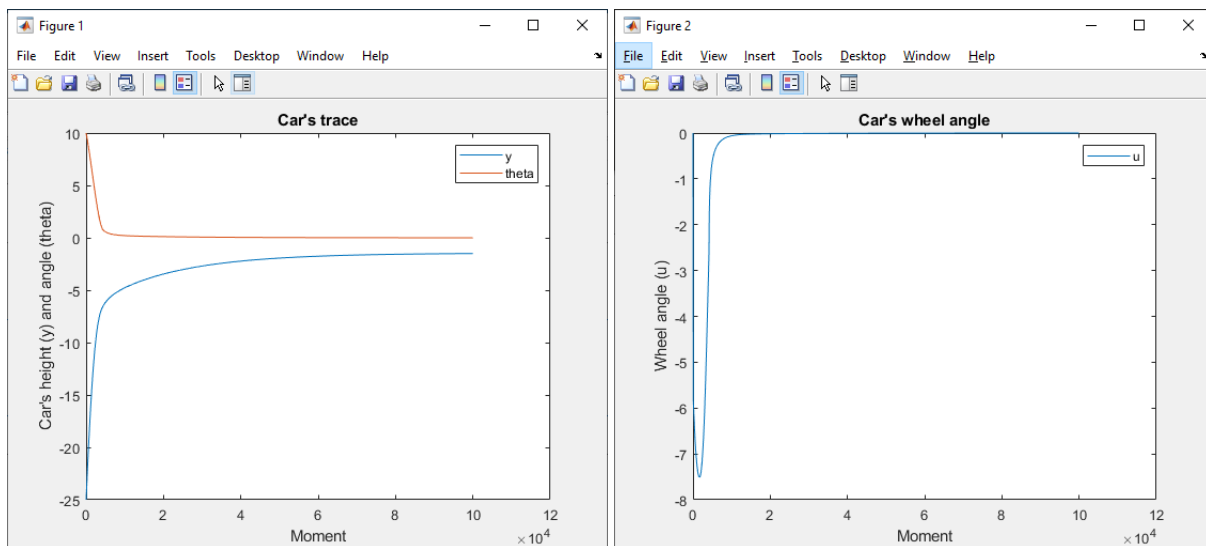
Αποτελέσματα

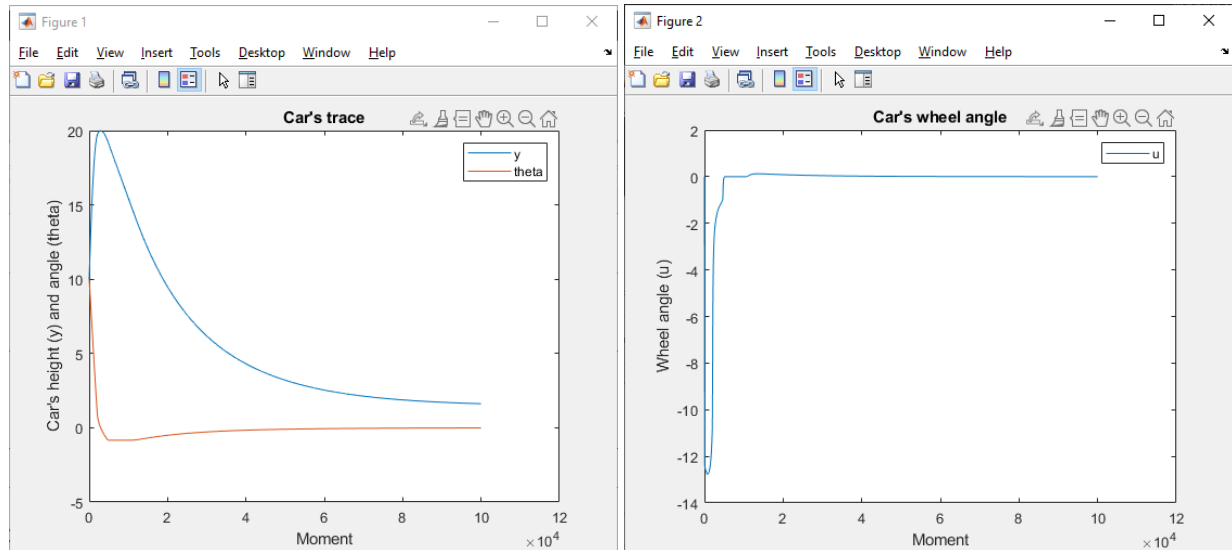
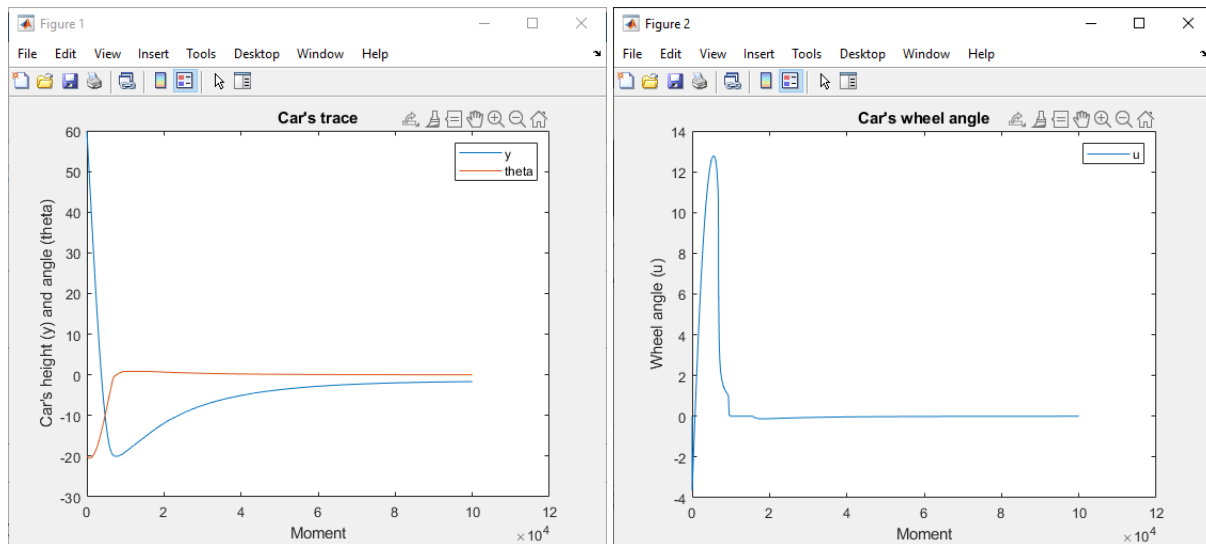
Περίπτωση 1^η

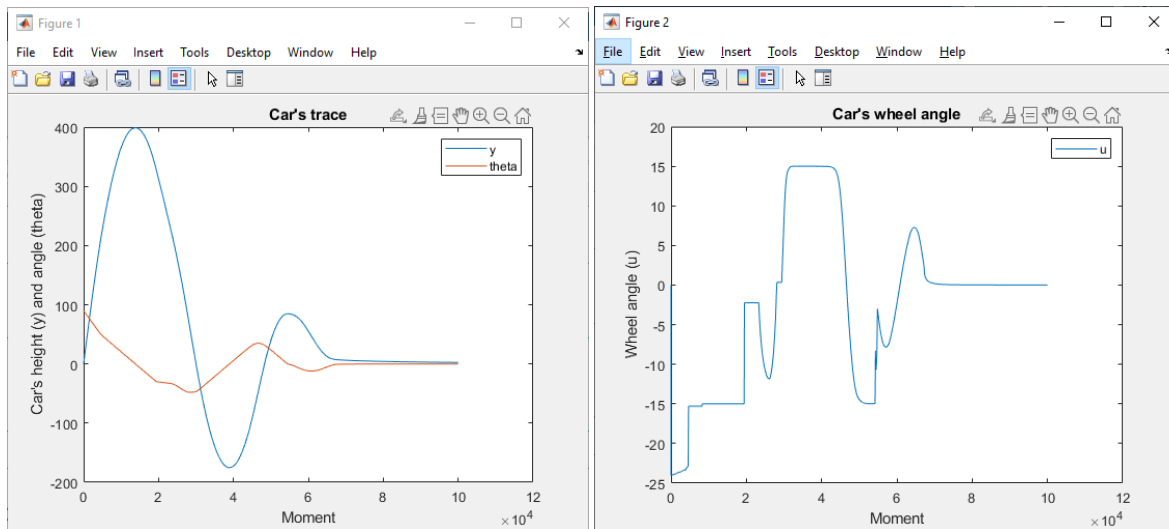
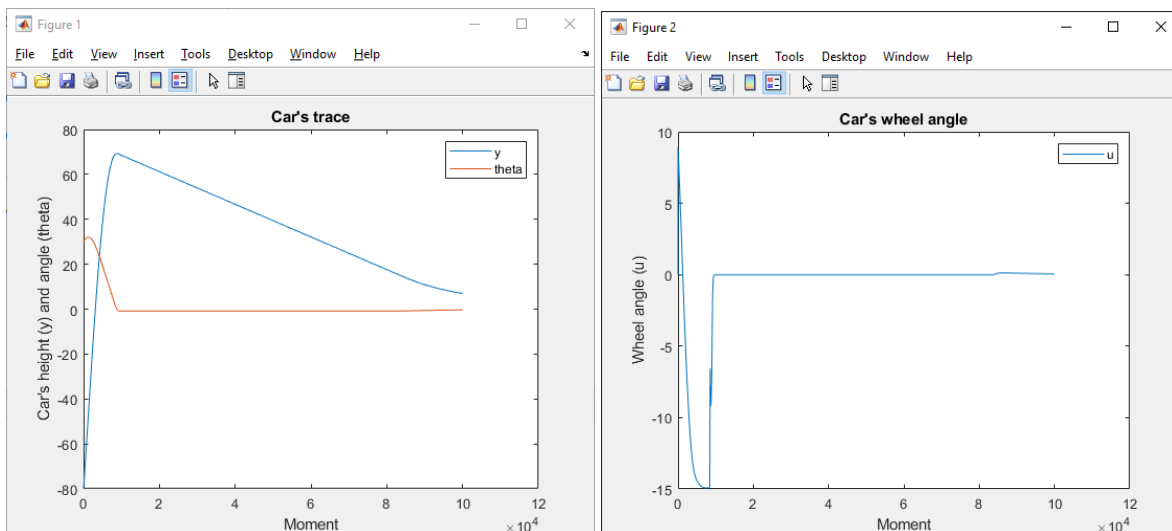
Αρχικές Συνθήκες $\gamma = 50$, $\theta = 0$

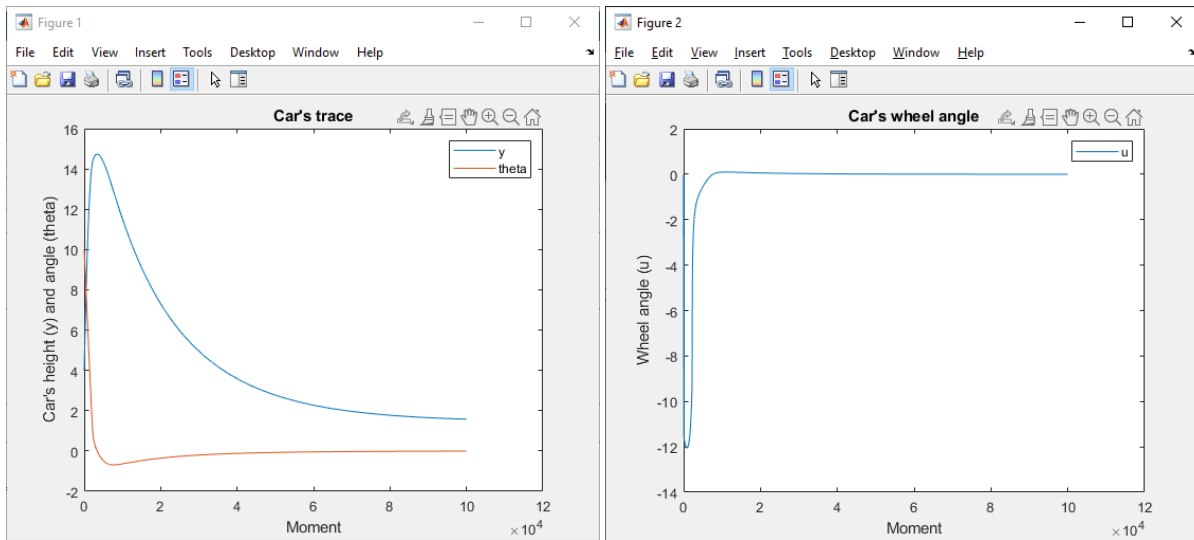


Περίπτωση 2^ηΑρχικές Συνθήκες $\gamma = 100$, $\theta = 0$ Περίπτωση 3^ηΑρχικές Συνθήκες $\gamma = -50$, $\theta = 0$ 

Περίπτωση 4^ηΑρχικές Συνθήκες $y = -100$, $\theta = 0$ Περίπτωση 5^ηΑρχικές Συνθήκες $y = -25$, $\theta = 10$ 

Περίπτωση 6^ηΑρχικές Συνθήκες $\gamma = 10$, $\theta = 10$ Περίπτωση 7^ηΑρχικές Συνθήκες $\gamma = 60$, $\theta = -20$ 

Περίπτωση 8^ηΑρχικές Συνθήκες $\gamma = 0$, $\theta = 90$ Περίπτωση 9^ηΑρχικές Συνθήκες $\gamma = -80$, $\theta = 30$ 

Περίπτωση 10^ηΑρχικές Συνθήκες $\gamma = 4$, $\theta = 10$ 

Γενικά το σύστημα λειτουργεί αλλά δεν φτάνει στο 0 αλλά αρκετά κοντά (περίπου 1.5) γιατί η αλλαγή που κάνουμε στο γ όταν φτάνει κοντά στο κέντρο, για να γίνεται “ομαλά” η μετάβαση του αυτοκινήτου, είναι πολύ μικρή (πρακτικά μηδενική). Επίσης παρατηρούμε ότι όταν το αμάξι έχει μια πολύ μεγάλη αρχική γωνία (π.χ. 90°) δεν προλαβαίνει να “στρίψει” παρόλο που έχει μεγιστη στροφή στους τροχούς και προσπερνάει την θέση παρακαρίσματος ωστόσο σταδιακά μειώνει την γωνία του προσανατολισμού του και φτάνει στην επιθυμητή θέση.