Υπολογιστική Νοημοσύνη

Εργασία 1

Έλεγχος γωνίας προσανατολισμού ενός δορυφόρου με ασαφείς ελεγκτές

Ονοματεπώνυμο: Σιδηρόπουλος Λεωνίδας
ΑΕΜ: 9818
email: leonsidi@ece.auth.gr
Περίοδος: Φεβρουάριος 2023

Σχεδίαση γραμμικού ελεγκτή

Σε αυτήν την εργασία καλούμαστε να σχεδιάσουμε ένα γραμμικό ελεγκτή με τα εξής χαρακτηριστικά:

1. Υπερύψωση για βηματική είσοδο (M_p) μικρότερη από 10%.
2. Χρόνος ανόδου (t_r) μικρότερος από 1.2 seconds.

Ο ελεγκτής μπορεί να μοντελοποιηθεί ως εξής:

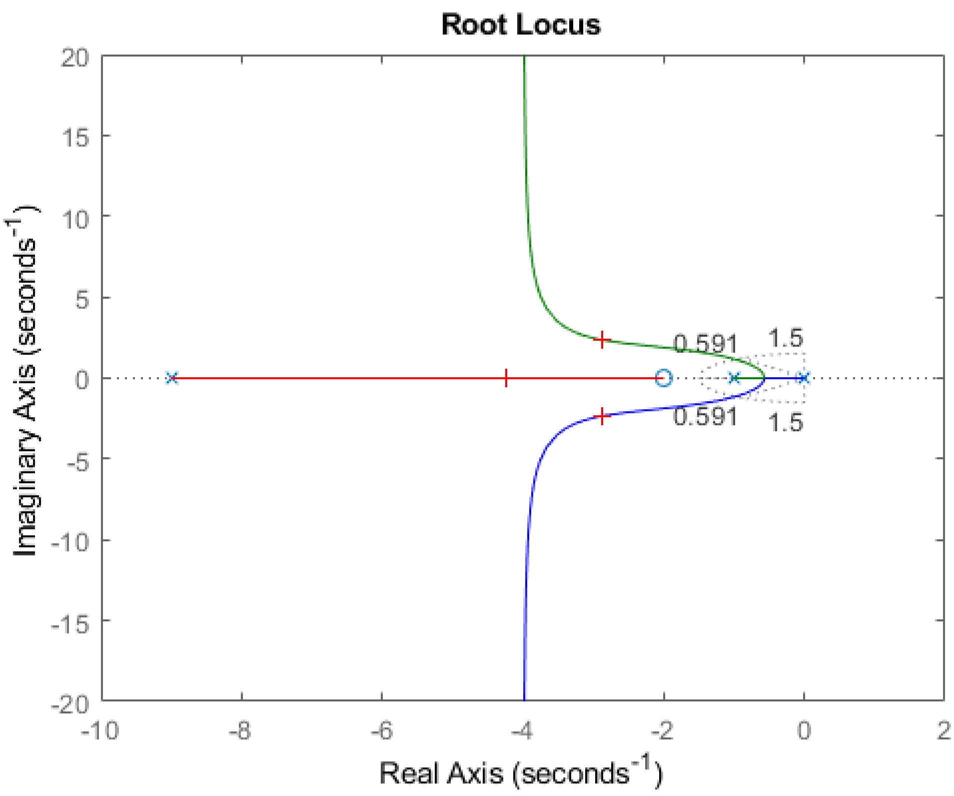
$G_c(s) = K_p + \frac{K_I}{s} = \frac{K_p(s+c)}{s}, \ c = \frac{K_I}{K_p}$

Αυθαίρετα επιλέγουμε το c μεταξύ των -1, -9 και πιο κοντά στο -1. Οπότε έστω c = 2.

Η συνάρτηση ανοιχτού βρόχου $A(s)$ προκύπτει:

$$A(s) = G_c(s) * G_p(s) = \frac{K_p(s+c)}{s} * \frac{10}{(s+1)(s+9)} = \frac{10K_p(s+2)}{s(s+1)(s+9)}$$

Χρησιμοποιώντας το matlab script “PI_controller.m”, το διάγραμμα του γεωμετρικού τόπου των ριζών με το rlocus είναι:



Η υπερύψωση δίνεται από τον τύπο: $M_p = e^{\frac{-\zeta*\pi}{\sqrt{1-\zeta^2}}} * 100\%$

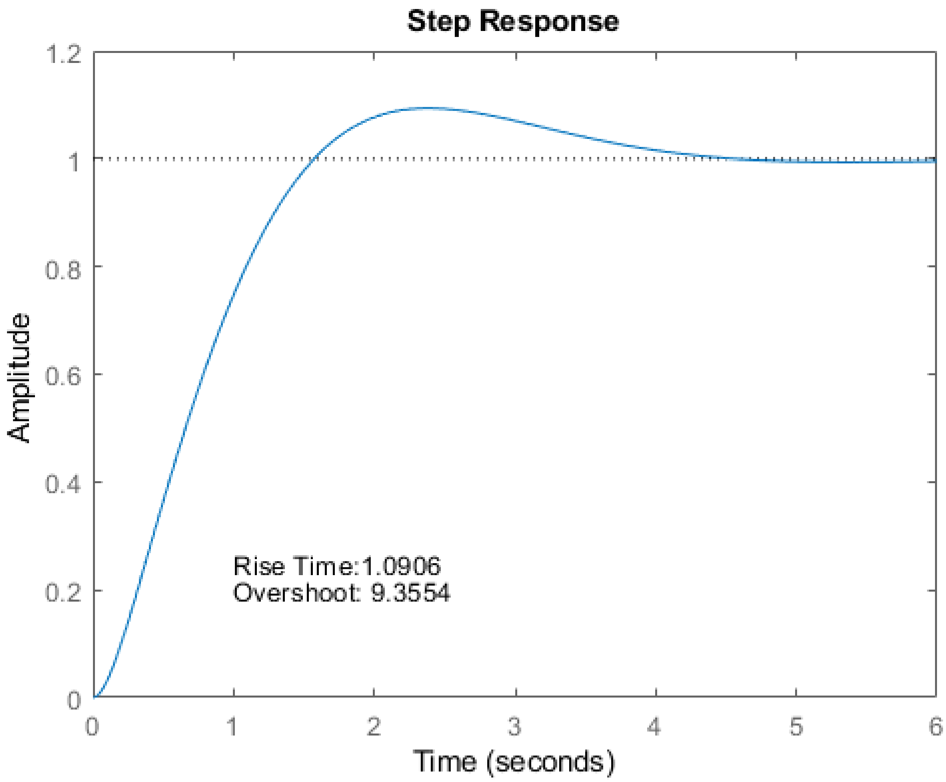
και η φυσική συχνότητα από τον τύπο: $\omega_n = \frac{1.8}{t_r}$

Λύνοντας τις 2 παραπάνω εξισώσεις προκύπτει:

$$\zeta = 0.5911,\ \omega_n = 1.5$$

Επομένως, επιλέγοντας ως $K_p = 0.8$ κατασκευάζουμε το διάγραμμα της βηματικής απόκρισης και παρατηρούμε ότι: $M_p = 9.3554 < 10\%$, $t_r = 1.0906 < 1.2$ sec άρα οι τιμές

είναι αποδεκτές. Επομένως θα έχουμε $K_p = 0.8$,
$K_I = c * K_p = 2 * 0.8 = 1.6$

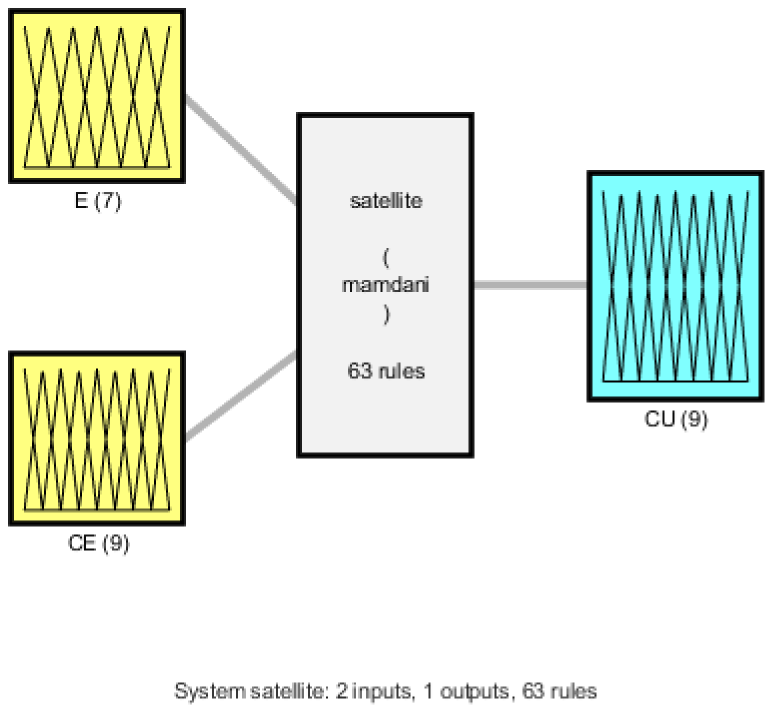


Σχεδίαση ασαφούς ελεγκτή (FLC)

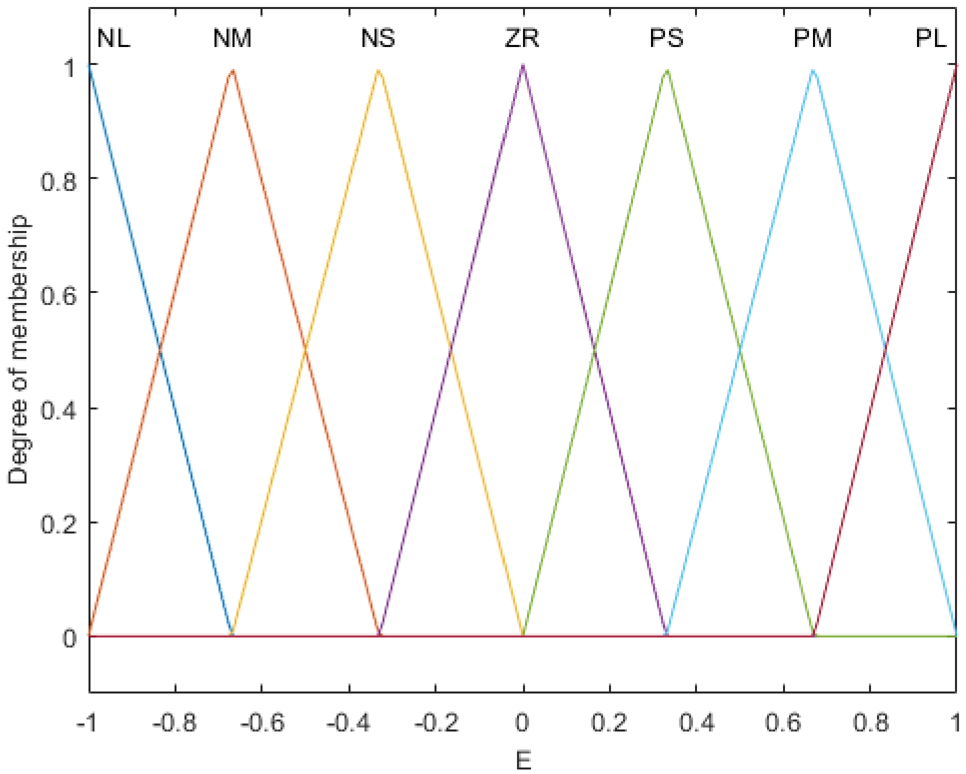
Για τις συναρτήσεις συμμετοχής διαθέτουμε 7 λεκτικές μεταβλητές για το σφάλμα (Error), 9 λεκτικές μεταβλητές για τη μεταβολή του σφάλματος (Change of Error) και 9 λεκτικές μεταβλητές για τη μεταβολή του σήματος ελέγχου (Change of U). Τα χαρακτηριστικά του FLC είναι τα εξής:

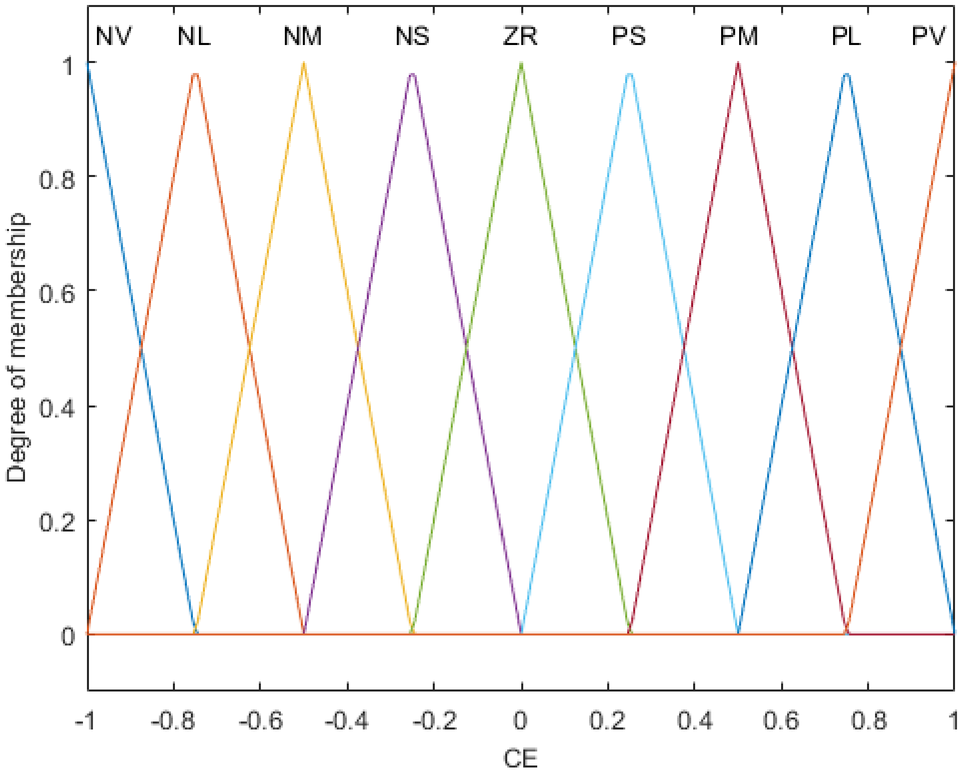
- Ασαφοποιητής: Singleton
- AND: min
- ALSO: max
- Συνάρτηση συμπερασμού: κανόνας Larsen
- Απο-ασαφοποιητής: COA

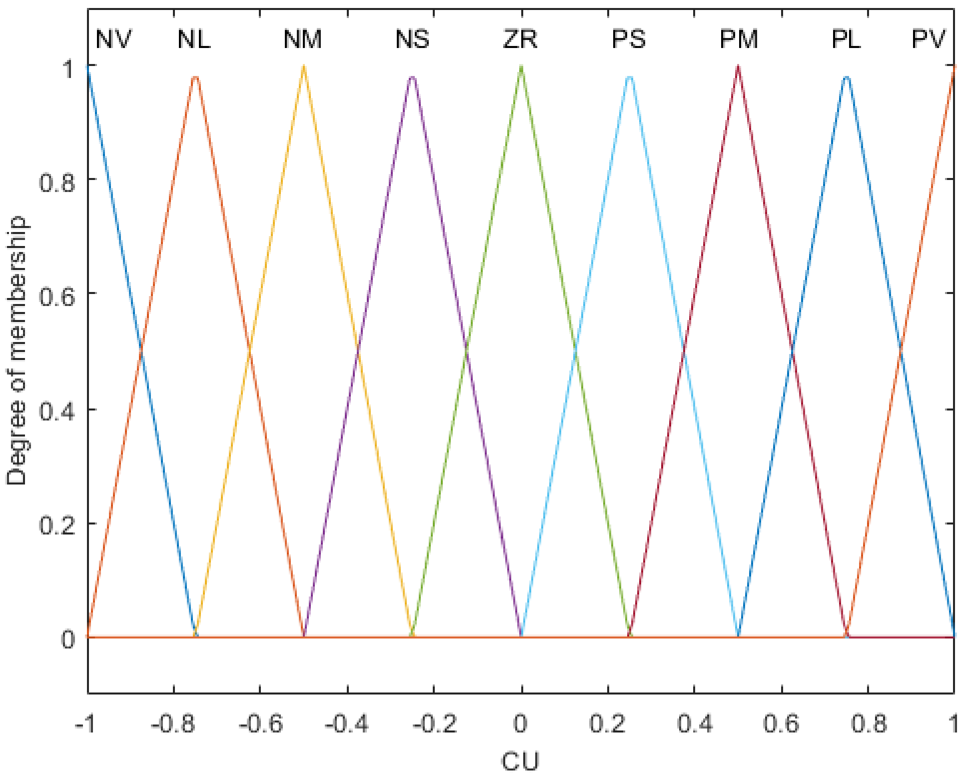
Χρησιμοποιώντας το matlab script “fis.m”, το FIS που καλούμαστε να σχεδιάσουμε είναι το παρακάτω:



Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι συναρτήσεις συμμετοχής για το σφάλμα (E), τη μεταβολή του σφάλματος (CE) και τη μεταβολή του σήματος ελέγχου (CU):




NV
NL
NM
NS
ZR
PS
PM
PL
PV
Degree of membership
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
-1
-0.8
-0.6
-0.4
-0.2
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
CE


NV
NL
NM
NS
ZR
PS
PM
PL
PV
Degree of membership
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
-1
-0.8
-0.6
-0.4
-0.2
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
CU

Η βάση κανόνων διαμορφώνεται ως εξής:

		E						
		NL	**NM**	**NS**	**ZR**	**PS**	**PM**	**PL**
CE	**PV**	PS	PM	PL	PV	PV	PV	PV
	PL	ZR	PS	PM	PL	PV	PV	PV
	PM	NS	ZR	PS	PM	PL	PV	PV
	PS	NM	NS	ZR	PS	PM	PL	PV
	ZR	NL	NM	NS	ZR	PS	PM	PL
	NS	NV	NL	NM	NS	ZR	PS	PM
	NM	NV	NV	NL	NM	NS	ZR	PS
	NL	NV	NV	NV	NL	NM	NS	ZR
	NV	NV	NV	NV	NV	NL	NM	NS

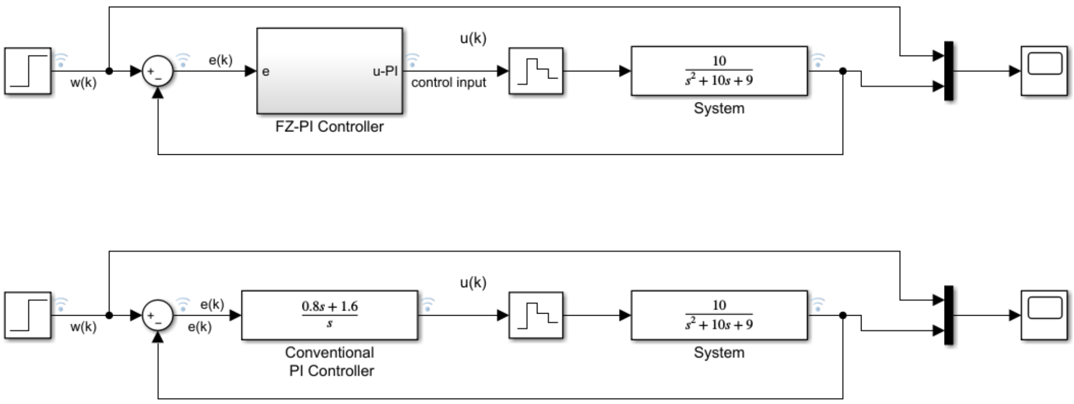
Για την υλοποίηση του απο-ασαφοποιητή με την τεχνική Center of Area (COA), χρησιμοποιούμε το matlab script “customdefuzz.m”. Οι είσοδος είναι οι τιμές των x και y των συναρτήσεων συμμετοχής και η έξοδος είναι:

$$CoA = \frac{\int_{x_{min}}^{x_{max}} f(x) * x \, dx}{\int_{x_{min}}^{x_{max}} f(x) dx}$$

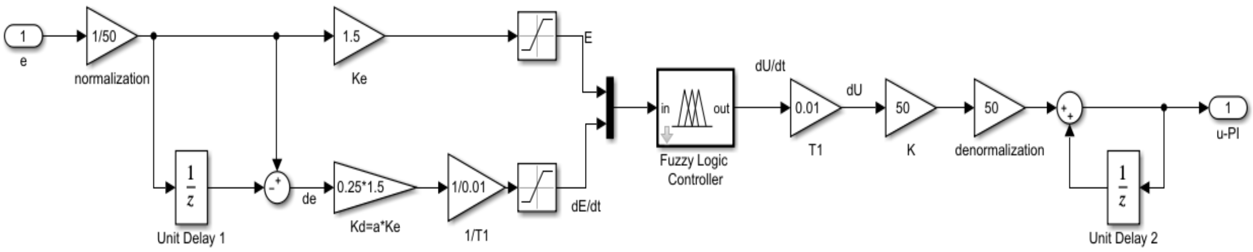
όπου χ είναι η τιμή της linguistic μεταβλητής, Xmax και Xmin αντιπροσωπεύουν το εύρος της linguistic μεταβλητής.

<u>Σενάριο 1</u>

α) Στο αρχείο “scenario1.slx” υλοποιούμε το σύστημα ελέγχου και τον ελεγκτή FZ-PI στη Simulink όπως φαίνεται παρακάτω:



Σύστημα ελέγχου



Ελεγκτής FZ-PI

Πρέπει:

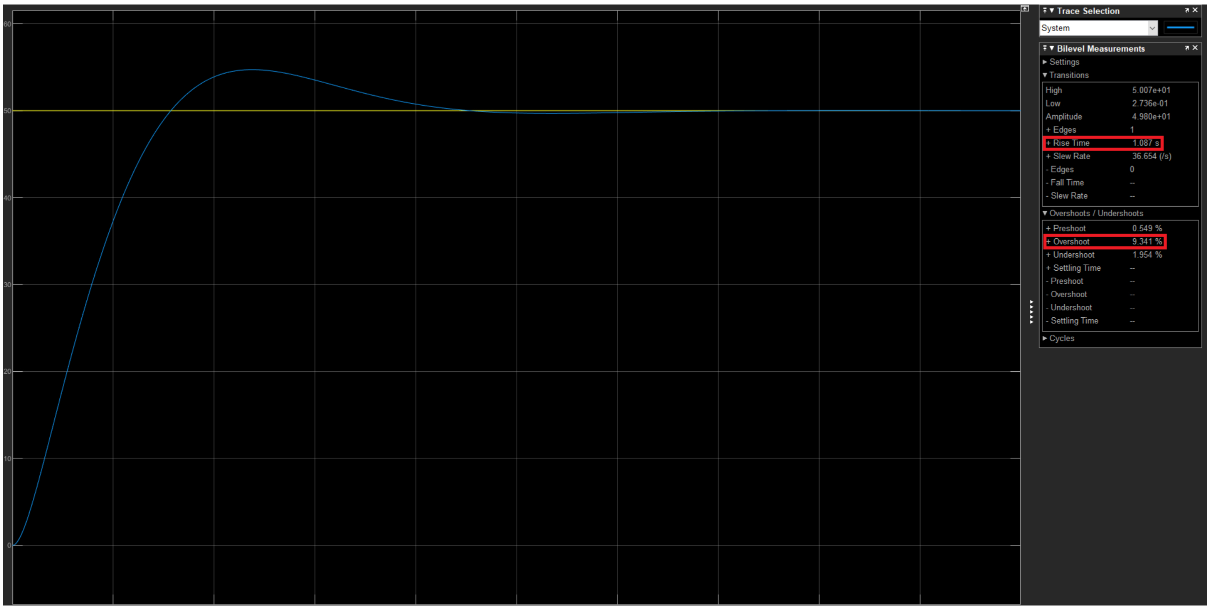
- T = 0.01 sec
- $r \in [0,\ 50]$
- $M_p < 7\%$
- $t_r < 0.6$ sec

Θέτουμε $K_e = 1$ και έχουμε:

- $\alpha = \frac{K_P}{K_I} = \frac{0.8}{1.6} = 0.5$

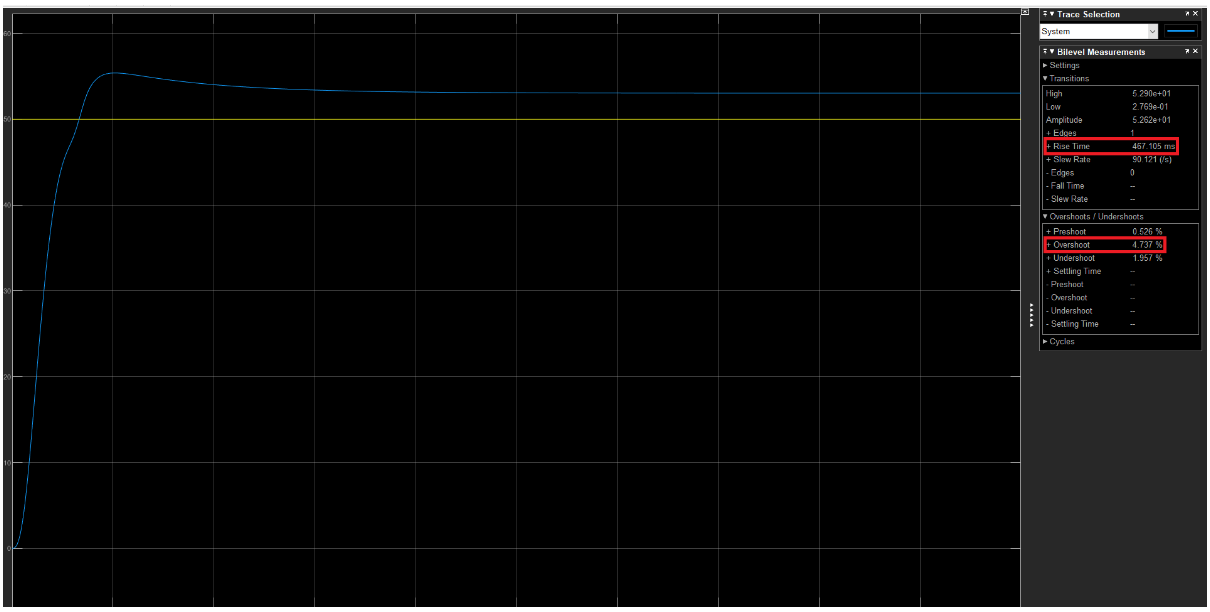
- $K = \frac{K_p}{F\{a * K_e\}} = \frac{0.8}{F\{0.5 * 1\}} = \frac{0.8}{0.5 * 1} = 1.6$

Η απόκριση για τη μέγιστη είσοδο w(k) = 50 είναι:



Παρατηρούμε ότι τα αποτελέσματα δεν είναι αποδεκτά καθώς $M_p = 9.341\% > 7\%$, $t_r = 1.087\, sec > 0.6$ sec, επομένως χρειάζεται να κάνουμε αλλαγές στις τιμές των K_e, K και α, όπου θα αυξήσουμε τα 2 πρώτα και θα μειώσουμε το τελευταίο. Μειώνοντας το α, μειώνεται κατά πολύ ο t_r αλλά αυξάνεται η M_p και γι αυτό χρειάζεται αύξηση των κερδών K_e και K.

Επομένως, ξανατρέχουμε την προσομοίωση με τα νέα δεδομένα: $K_e = 1.5$, $K = 50$, $\alpha = 0.25$ και έχουμε:



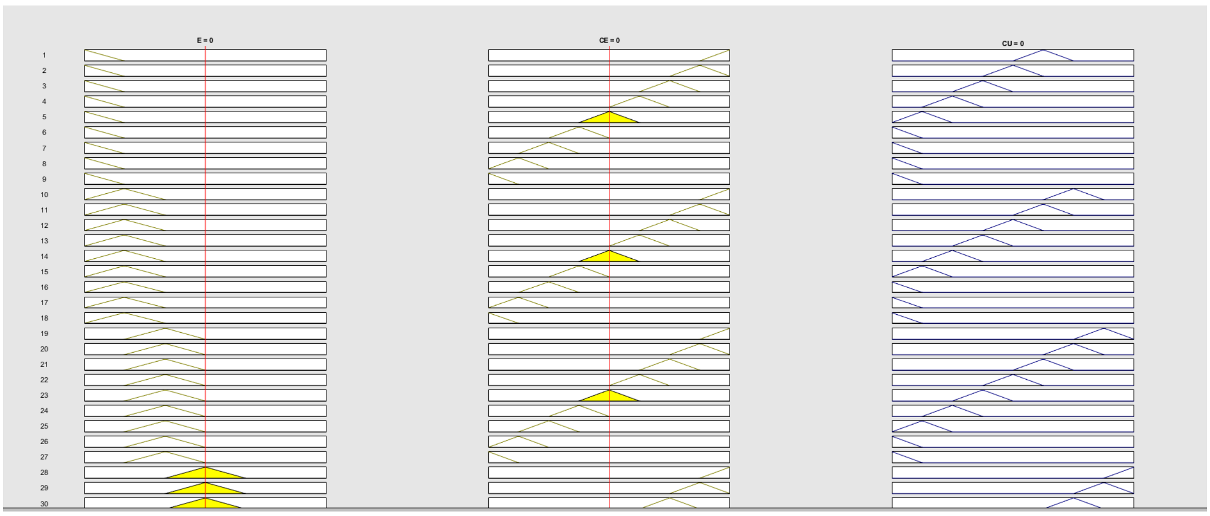
Παρατηρούμε ότι τα αποτελέσματα είναι αποδεκτά καθώς $M_p = 4.737\% < 7\%$, $t_r = 0.467\, sec < 0.6$ sec. Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται οι τιμές των παραμέτρων για τον γραμμικό ελεγκτή και για τον αρχικό και τελικό FZ-PI.

Ελεγκτής	K_p	K_I	α	K	K_e	t_r (sec)	M_p(%)
Γραμμικός PI	0.8	1.6	-	-	-	1.0906	9.3554
Αρχικός FZ-PI	-	-	0.5	1.6	1	1.087	9.341
Τελικός FZ-PI	-	-	0.25	50	1.5	0.467	4.737

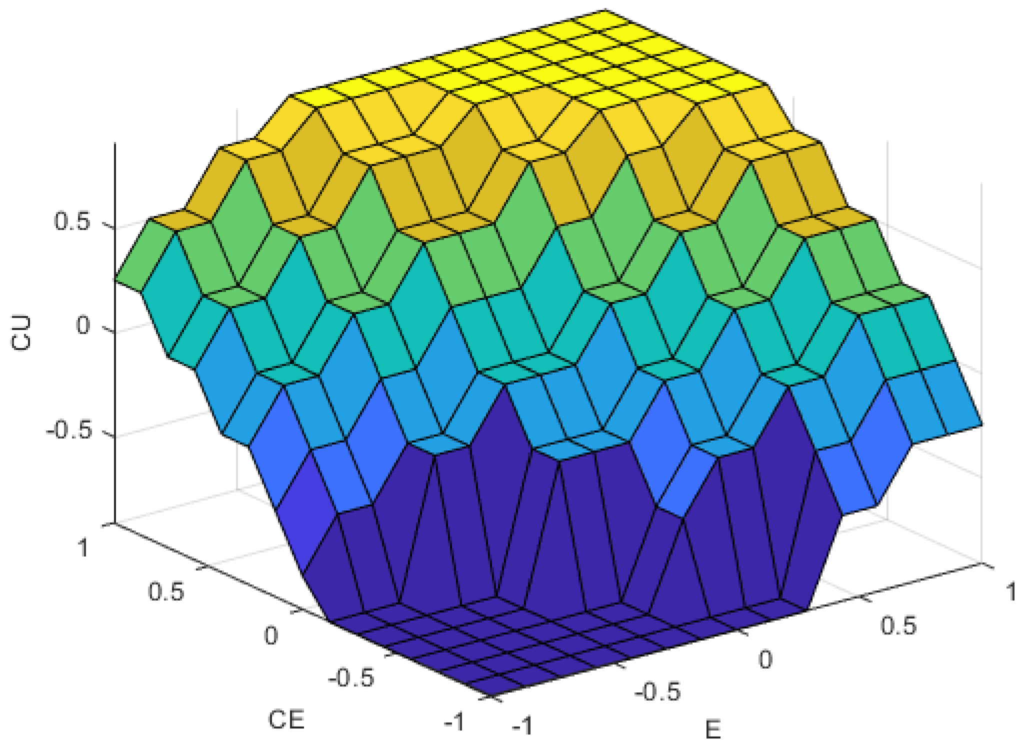
Παρατηρήσεις: Από τον παραπάνω πίνακα, βλέπουμε πως ο FZ-PI είναι καλύτερος από τον γραμμικό ελεγκτή.

β) Αν το σφάλμα (E) είναι το NS και η μεταβολή του σφάλματος (CE) είναι το ZR τότε η μεταβολή του σήματος ελέγχου (CU) είναι το NS, σύμφωνα με τον πίνακα της βάσης κανόνων πιο πάνω.

Πηγαίνοντας στο matlab script “fis.m” με την εντολή “ruleview(fis_obj)” στο τέλος του κώδικα παίρνουμε το διάγραμμα των κανόνων που διεγείρονται και που φαίνεται παρακάτω.

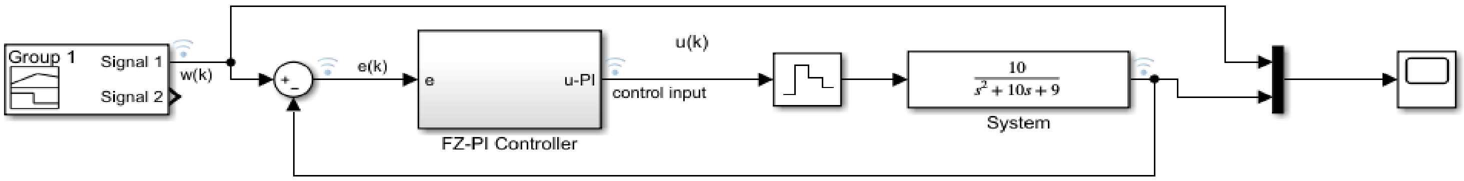


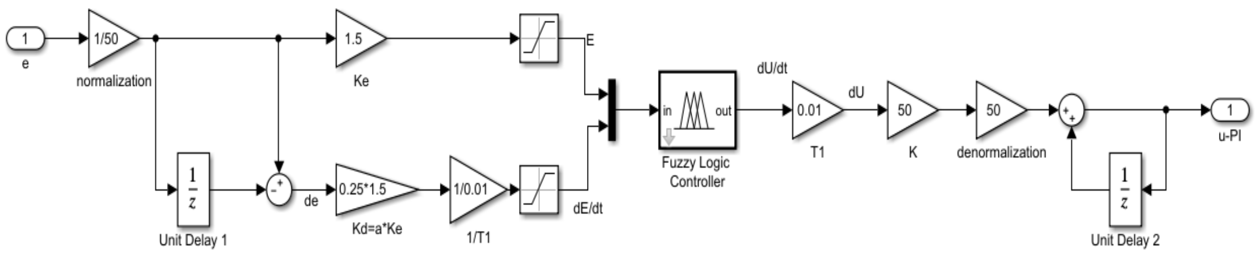
γ) Η 3D επιφάνεια του ασαφή ελεγκτή παρουσιάζεται παρακάτω.



Στόχος του ελεγκτή είναι η μείωση του σφάλματος στο 0. Αν το σφάλμα (E) και η μεταβολή του σφάλματος (CE) είναι συγχρόνως αρνητικά, τότε το σφάλμα έχει αυξητική τάση και ο ελεγκτής δίνει μια αρνητική έξοδο για να διορθώσει το σφάλμα. Αν τώρα το σφάλμα (E) και η μεταβολή του σφάλματος (CE) είναι συγχρόνως θετικά, τότε το σφάλμα έχει αυξητική τάση και ο ελεγκτής δίνει μια θετική έξοδο για να διορθώσει το σφάλμα. Τέλος δεν είναι αναγκαία επιπρόσθετη έξοδος, όταν το σφάλμα αυτοδιορθώνεται ή είναι 0.

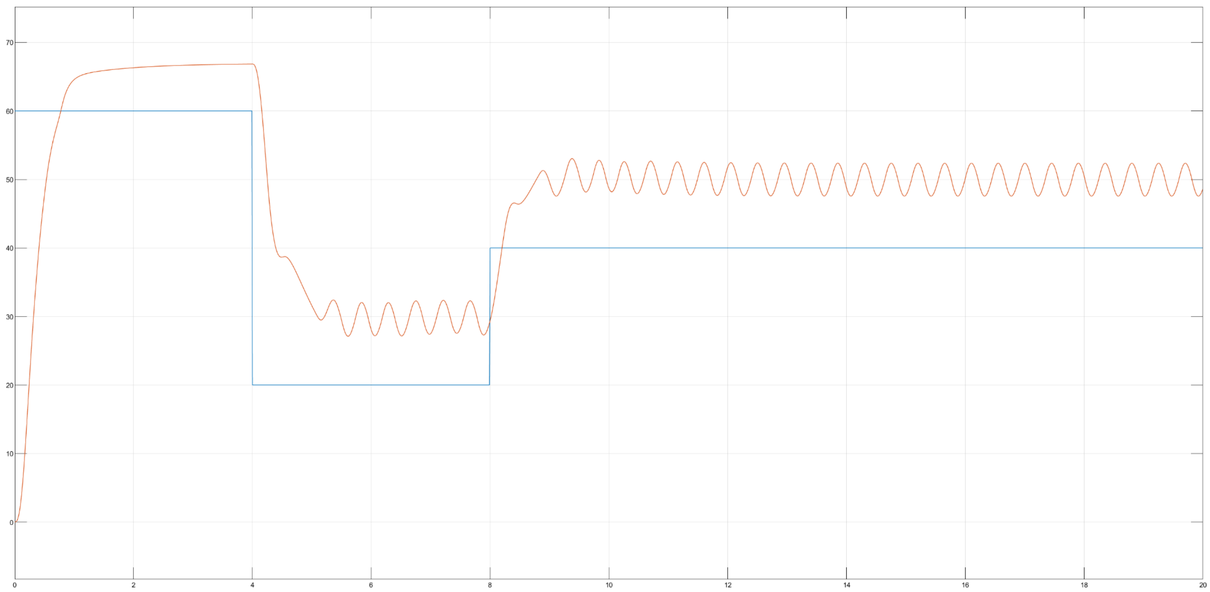
Σενάριο 2



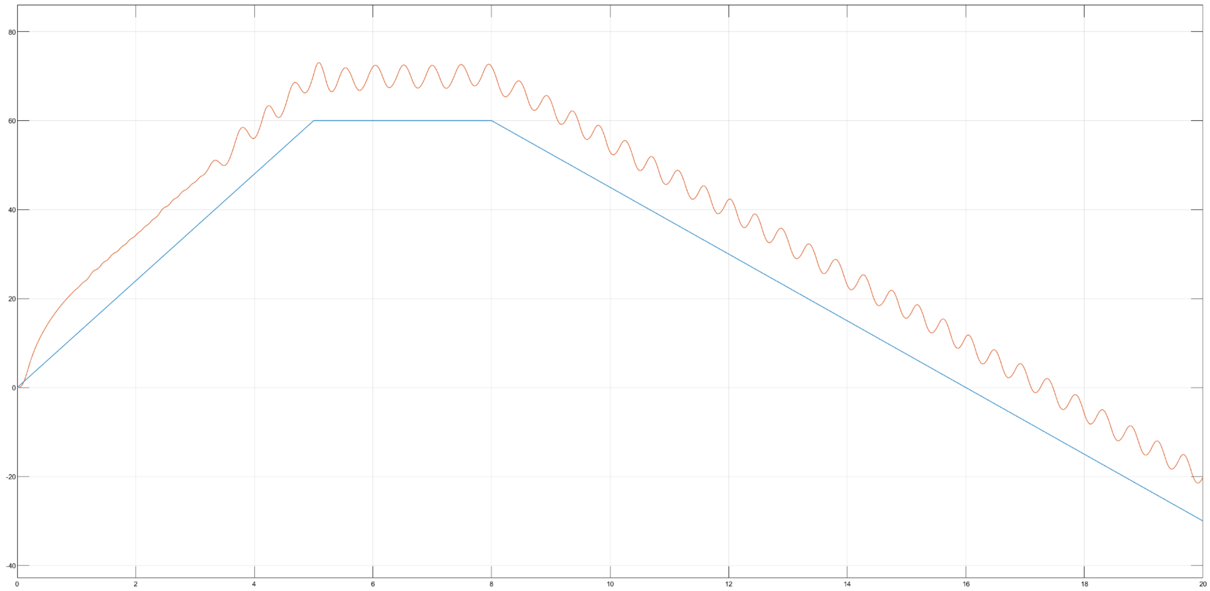


Ελεγκτής FZ-PI

Στο αρχείο “scenario2.slx” για να πάρουμε ξεχωριστά τις αποκρίσεις του ελεγκτή για τον τετραγωνικό και τραπεζοειδή παλμό, πρέπει να συνδέσουμε και να αποσυνδέσουμε τις εισόδους Signal 1 και Signal 2.



Απόκριση ελεγκτή με τετραγωνικό παλμό



Απόκριση ελεγκτή με τραπεζοειδή παλμό

Παρατηρούμε ότι στον τετραγωνικό παλμό δεν υπάρχουν μεταβάσεις, άρα έχει καλύτερη απόκριση σε σύγκριση με τον τραπεζοειδή παλμό.