Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Υπολογιστική Νοημοσύνη

Εργασία 1

Εργασία 14- Έλεγχος γωνίας προσανατολισμού ενός δορυφόρου με ασαφείς ελεγκτές

Κούτση Χριστίνα
ΑΕΜ: 9871
email: cvkoutsi@ece.auth.gr

Οκτώβριος, 2022

1 Σχεδίαση Γραμμικού Ελεγκτή

Στην παρούσα ενότητα της εργασίας μας ζητείται η σχεδίαση γραμμικού ελεγκτή για το σύστημα ελέγχου της γωνίας προσανατολισμού του δορυφόρου, με σκοπό να πληρούνται οι εξής προδιαγραφές για το σύστημα:

- Υπερύψωση για βηματική είσοδο μικρότερη από 10%
- Χρόνος ανόδου μικρότερος από 1.2 δευτερόλεπτα

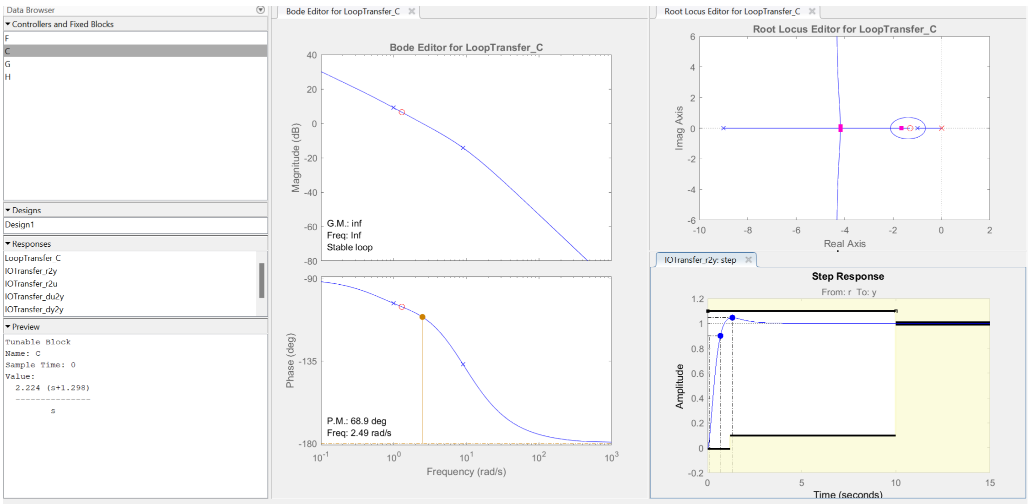
Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται PI γραμμικός ελεκτής της μορφής

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

Εισάγουμε τις συναρτήσεις G_p και G_c στο matlab. Αρχικά ορίζουμε την G_c ως

$$G_c(s) = \frac{s+1.5}{s}$$

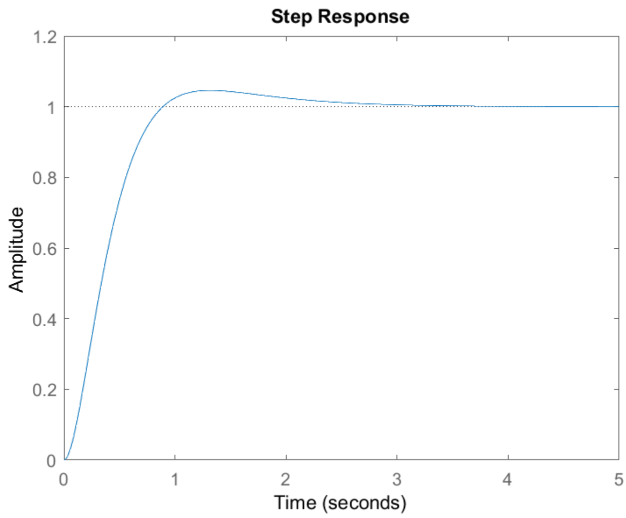
Στη συνέχεια χρησιμοποιούμε την εφαρμογή Control System Designer του matlab για να βρούμε τις κατάλληλες παραμέτρους ώστε να πληρούνται οι προδιαγραφές. Όπως βλέπουμε και παρακάτω οι προδιαγραφές τηρούνται για πολλές παραμέτρους.



Επιλέγουμε ελεγκτή

$$G_c(s) = \frac{2.224(s+1.298)}{s}$$

Για τον οποίο παίρνουμε βηματική απόκριση



Για την οποία έχουμε:

- Χρόνο ανόδου 0.57 s
- 4.6% υπερύψωση

Άρα έχουμε

$$K_p = 2.224$$
$$c = 1.298 \Rightarrow K_I = 2.89$$

Παρατήρηση Τα αρχεία κώδικα αυτής της υποενότητας είναι:

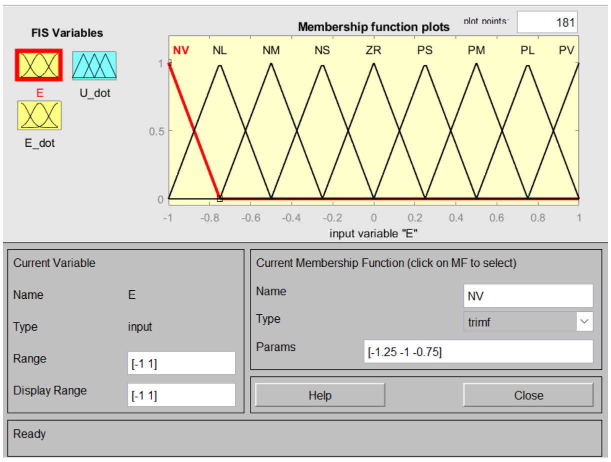
- Classic_Control.m

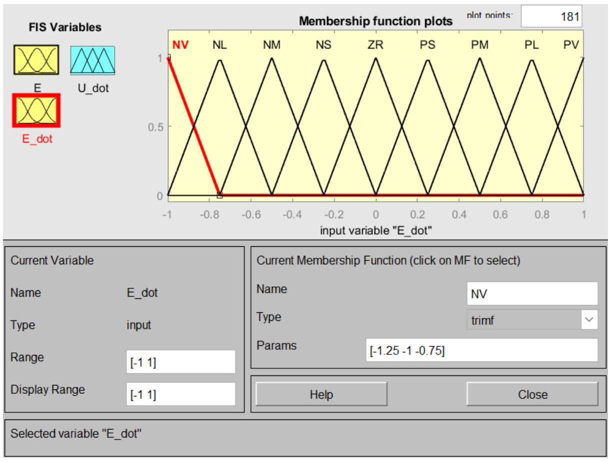
2 Σενάριο 1

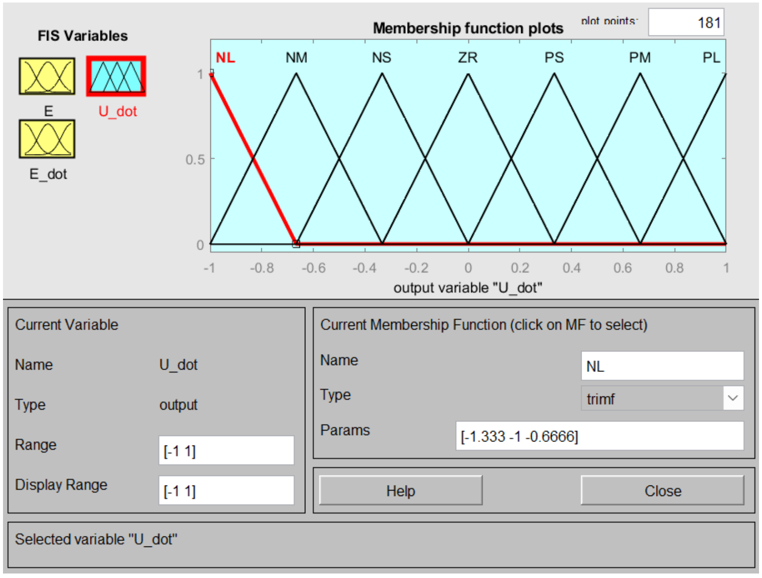
Στο σημείο αυτό της εργασίας μας ζητείται η σχεδίαση ασαφούς ελεγκτή. Για τη σχεδίαση ασαφούς ελεγκτή χρησιμοποιείται η εφαρμογή Fuzzy Logic Designer του matlab. Ρυθμίζω τις συναρτήσεις συμμετοχής των εισόδων και εξόδων σύμφωνα με την εκφώνιση της εργασίας και εισάγω τους κανόνες στο σύστημα σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

e / Δe	NV	NL	NM	NS	ZR	PS	PM	PL	PV
PV	ZR	PS	PM	PL	PV	PV	PV	PV	PV
PL	NS	ZR	PS	PM	PL	PV	PV	PV	PV
PM	NM	NS	ZR	PS	PM	PL	PV	PV	PV
PS	NL	NM	NS	ZR	PS	PM	PL	PV	PV
ZR	NV	NL	NM	NS	ZR	PS	PM	PL	PV
NS	NV	NV	NL	NM	NS	ZR	PS	PM	PL
NM	NV	NV	NV	NL	NM	NS	ZR	PS	PM
NL	NV	NV	NV	NV	NL	NM	NS	ZR	PS
NV	NV	NV	NV	NV	NV	NL	NM	NS	ZR

Οι συναρτήσεις συμμετοχής εισόδου και εξόδου φαίνονται παρακάτω:

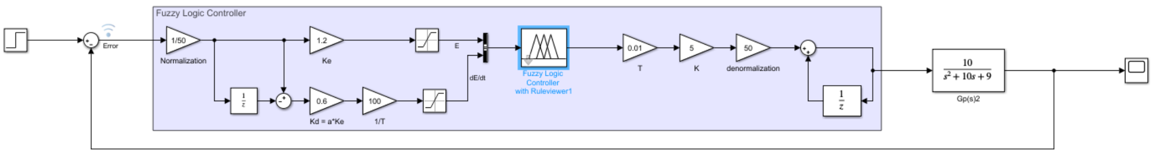






2.1 Σχεδίαση του ελεγκτή και αποκρίσεις

Σχεδιάζω στο **Simulink** την δομή του **Fuzzy-PI** και κλασσικού **PI** ελεγκτή σύμφωνα με την θεωρία:



Για την εύρεση των κερδών **Ke**, **K** και **a** δοκιμάζω ένα πλήθος τιμών, ξεκινώντας από τις αρχικές τιμές που καθορίστηκαν για τον γραμμικό ελεγκτή. Για τις αρχικές τιμές του συστήματος έχουμε:

$$\begin{cases} Ke = 1 \\ a = \dfrac{Kp}{Ki} \\ K = \dfrac{Kp}{F(aKe)} = \dfrac{Kp}{aF(Ke)} = \dfrac{1}{a} \end{cases}$$

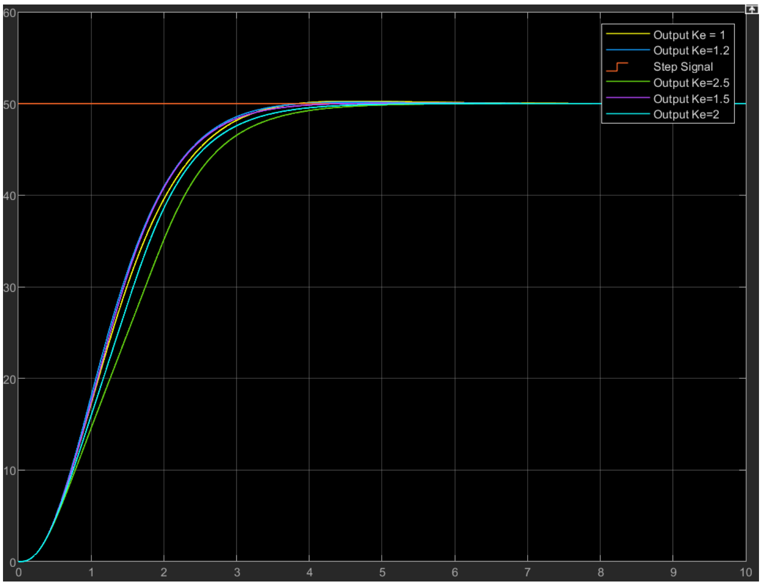
Αντικαθιστώντας τις τιμές Kp=2.224 και Ki=2.89 έχουμε:

$$\begin{cases} Ke = 1 \\ a = 0.77 \\ K = 1.3 \end{cases}$$

Επομένως θα δοκιμαστούς οι εξής τιμές κερδών:
Ke = [1,1.2,1.5,2,2.5]
K = [1.3,5,7,10,15]
a = [0.3,0.4,0.77,0.8]

2.1.1 Επιλογή **Ke**

Για την επιλογή του κέρδους Ke τρέχουμε την προσομοίωση για Ke= [1,1.2,1.5,2,2.5], ενώ τα κέρδη K και Kd ορίζονται σύμφωνα με τις αρχικές τιμές του γραμμικού ελεγκτή ως K=1.3 και Kd=Ke*a=Ke*0.77. Έχουμε:



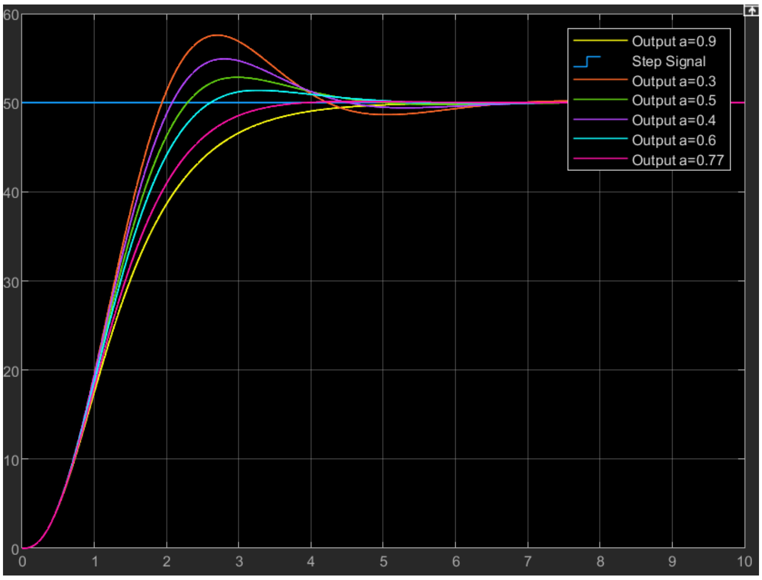
Παρατηρώντας το διάγραμμα, επιλέγω Ke=1.5.

Παρατήρηση Τα απαραίτητα αρχεία κώδικα αυτής της υποενότητας είναι:

- Control_Block_Ke.slx
- FLC.fis
- Fuzzy_Control.m

2.1.2 Επιλογή **a**

Για την επιλογή του κέρδους a τρέχουμε την προσομοίωση για a= [0.3,0.4,0.77,0.8]. Θέτουμε Ke=1.5 όπως βρήκαμε προηγουμένως και K=1.3, σύμφωνα με τις αρχικές τιμές του γραμμικού ελεγκτή. Έχουμε:

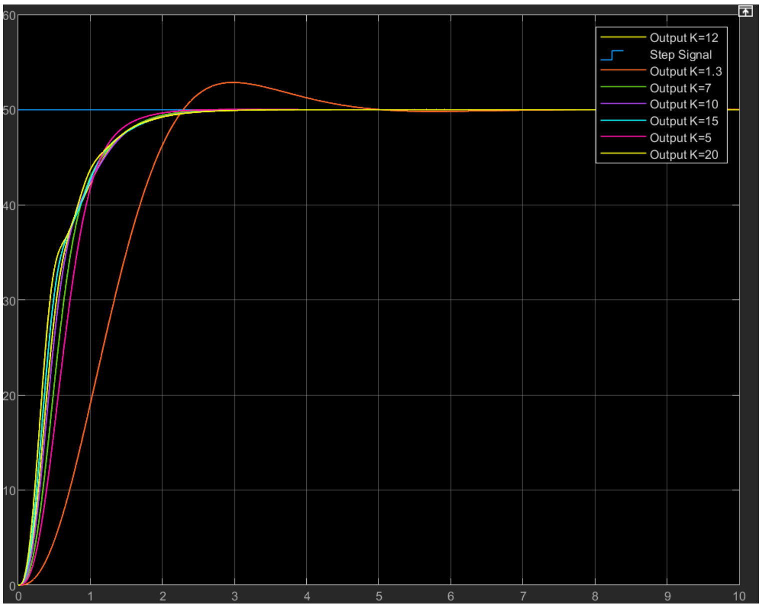


Παρατηρώντας το διάγραμμα, επιλέγω a=0.5.
Παρατήρηση Τα αρχεία κώδικα αυτής της υποενότητας είναι:

- Control_Block_a.slx
- FLC.fis
- Fuzzy_Control.m

2.1.3 Επιλογή K

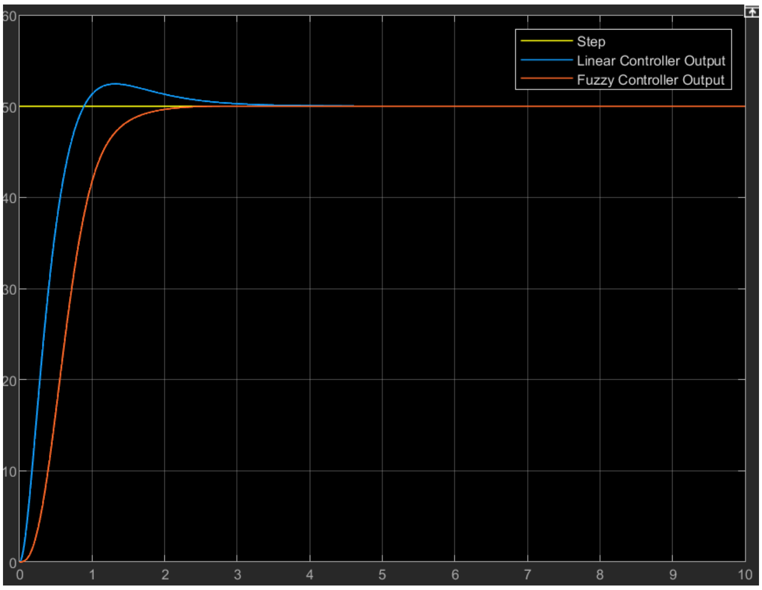
Για την επιλογή του κέρδους a τρέχουμε την προσομοίωση για K = [1.3,5,7,10,12,15,10]. Θέτουμε Ke=1.2 και α=0.5 όπως βρήκαμε προηγουμένως. Έχουμε:



Παρατηρώντας το διάγραμμα, επιλέγω K=5.
Παρατήρηση Τα αρχεία κώδικα αυτής της υποενότητας είναι:

- Control_Block_K.slx
- FLC.fis
- Fuzzy_Control.m

Μετά την επιλογή των κερδών από την παραπάνω διαδικασία, η απόκριση του τελικού ασαφή ελεγκτή σε σχέση με την απόκριση του γραμμικού ελεκτή και της βηματικής εισόδου είναι:

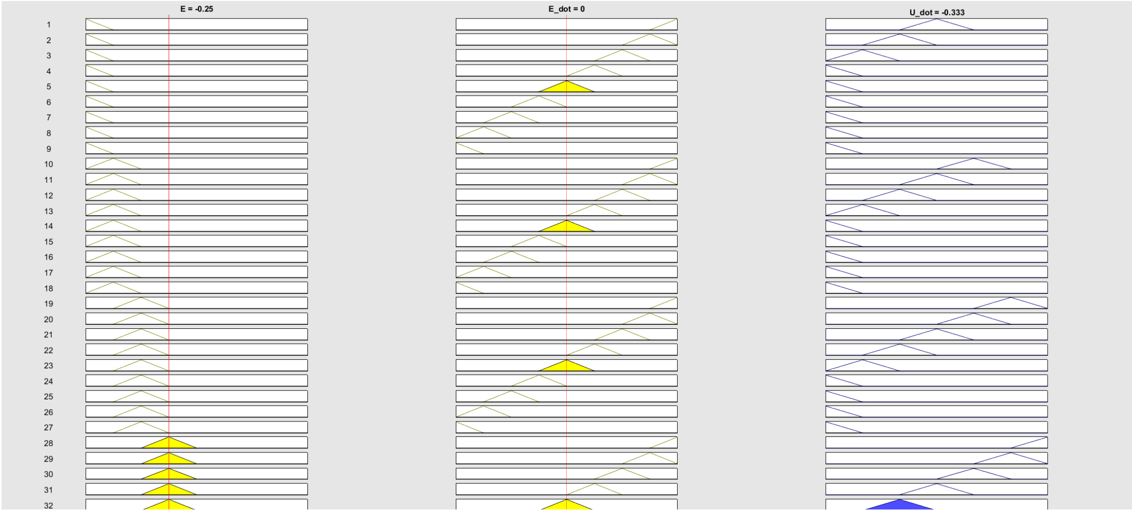


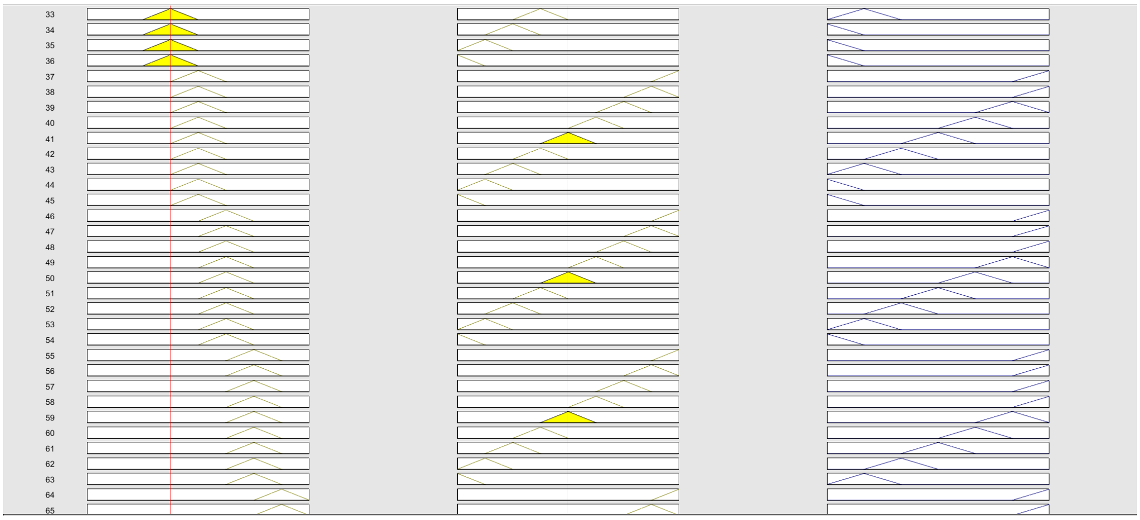
Παρατήρηση Τα αρχεία κώδικα αυτής της υποενότητας είναι:

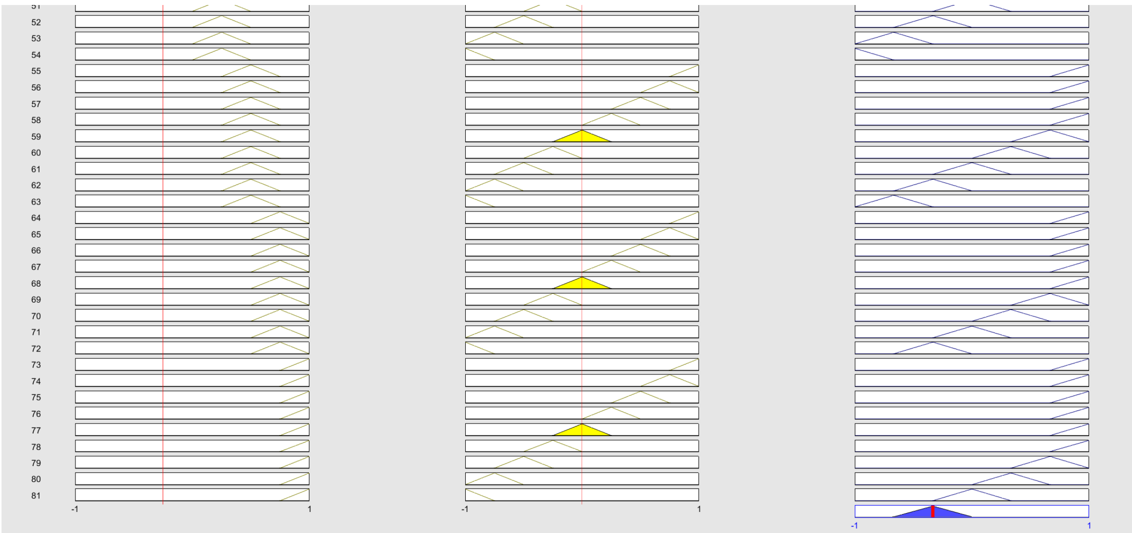
- Control_Block_step.slx
- FLC.fis
- Fuzzy_Control.m

2.2 Λειτουργία της βάσης του ελεγκτή και συμπεράσματα

Αρχικά θεωρούμε διέγερση όπου e is NS and Δe is ZR. Σύμφωνα με το πως έχουμε ορίσει τις συναρτήσεις συμμετοχής των e και Δe, e is NS όταν e=-0.25 και Δe is ZR όταν Δe=0. Χρησιμοποιώ το Rule Viewer του Fuzzy Logic Designer App και θέτω είσοδο [-0.25,0]. Βλέπουμε ότι η τιμή της εξόδου dU/dt είναι -0.33.





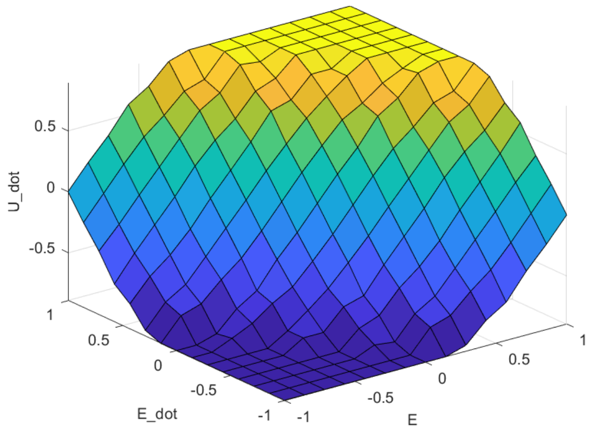


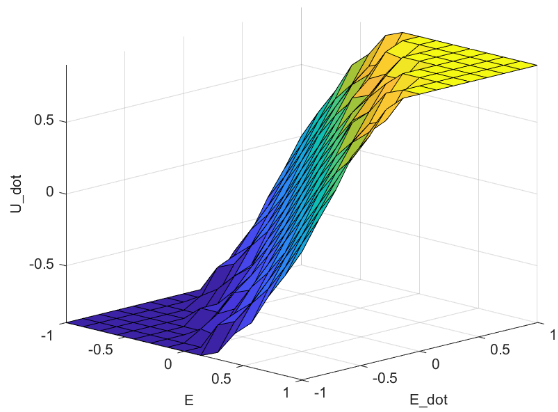
Παρατήρηση Τα αρχεία κώδικα αυτής της υποενότητας είναι:

- FLC.fis

2.3 Ερμηνεία των νόμων ελέγχου του **FLC**

Χρησιμοποιώ την εντολή **gensurf** του **matlab** και δημιουργώ την τρισδιάστατη επιφάνεια της εξόδου του ασαφούς ελεγκτή.





Παρατηρώ ότι:

- Οι είσοδοι και η έξοδος του συστήματος βρίσκονται στο διάστημα [-1,1]
- Η $\dot{U}$ παίρνει την μέγιστη και ελάχιστη τιμή της όταν οι E και $\dot{E}$ είναι ταυτόχρονα θετικές και αρνητικές αντίστοιχα.

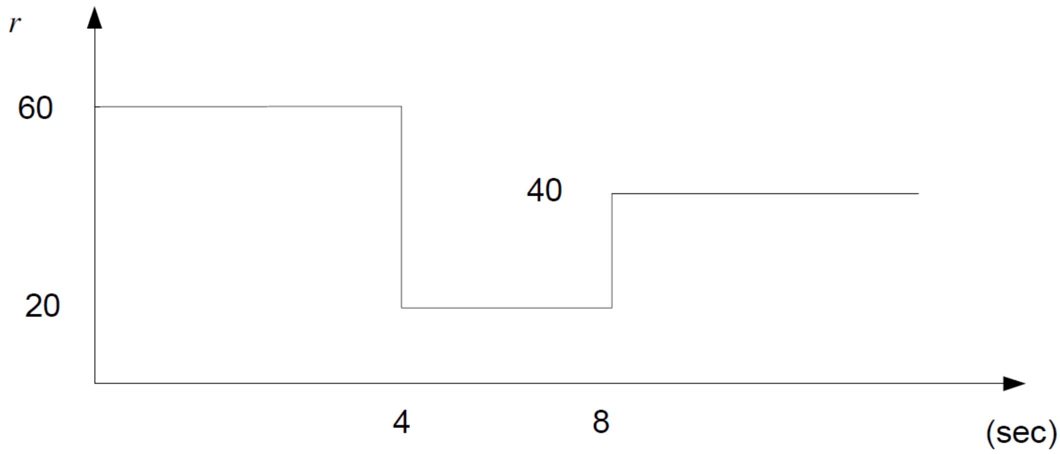
Παρατήρηση Τα αρχεία κώδικα αυτής της υποενότητας είναι:

- Fuzzy_Control.m
- FLC.fis

3 Σενάριο **2**

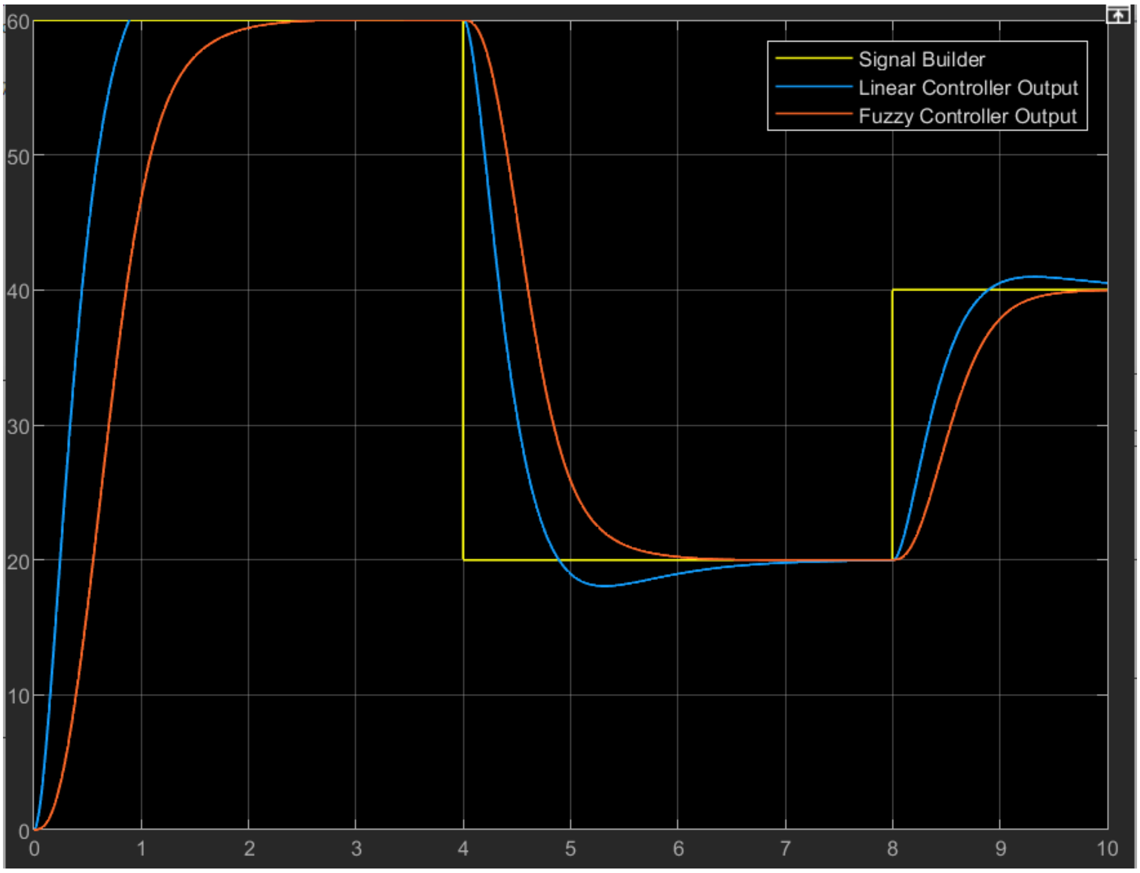
Εξετάζουμε δύο διαφορετικά προφίλ του σήματος αναφοράς:

- r1

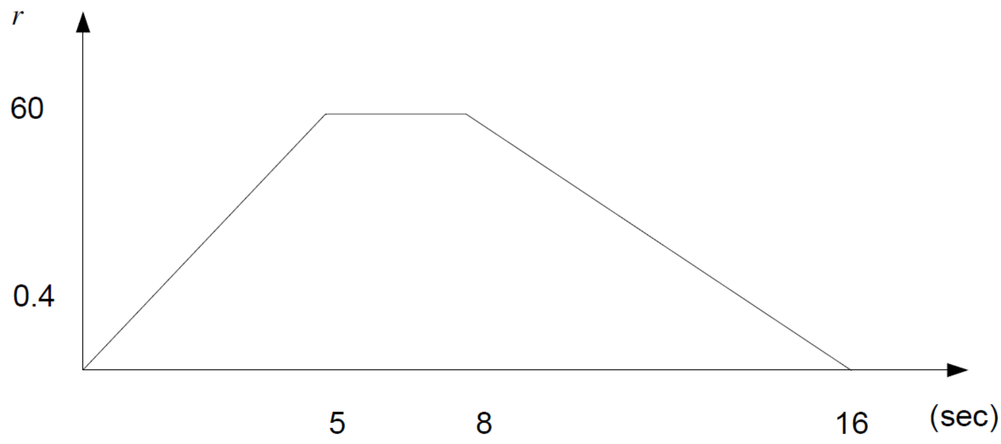


Σχ.3

Η απόκριση του γραμμικού και του ασαφούς συστήματος είναι:

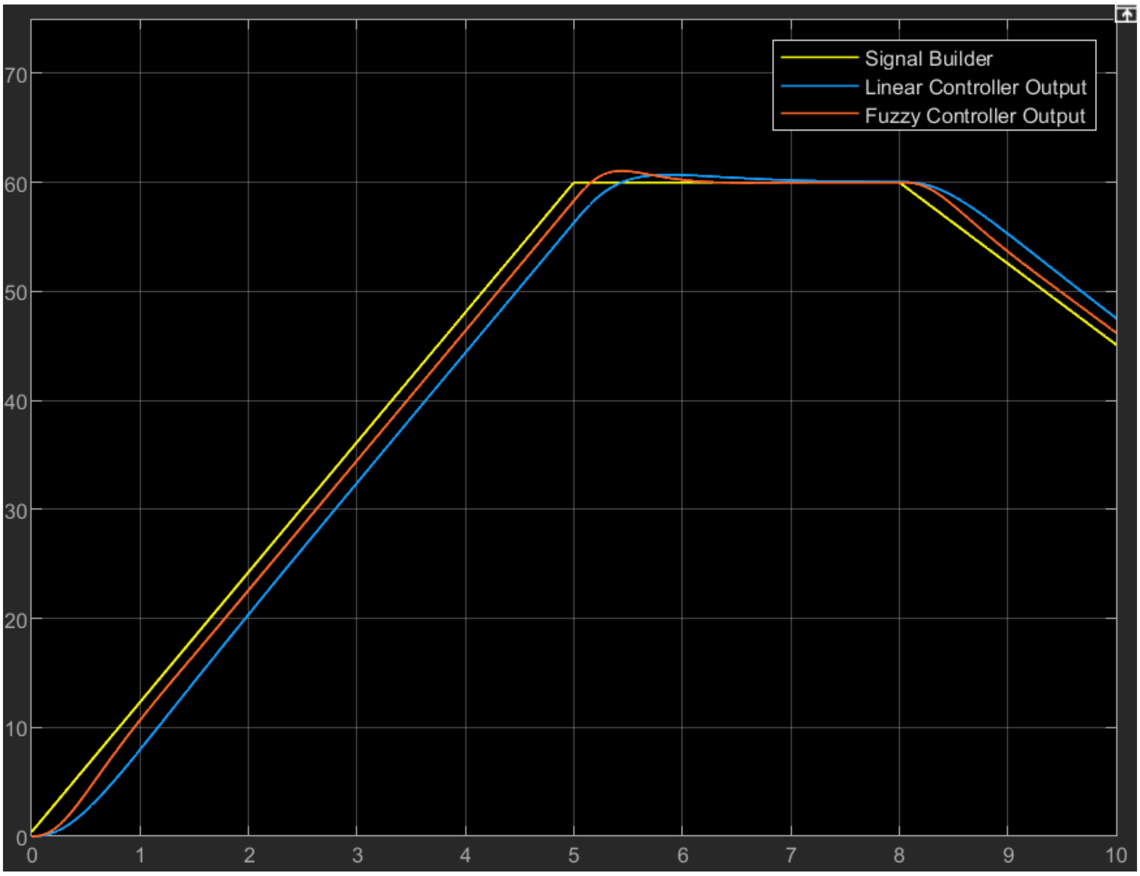


- r2



Σχ.4

Η απόκριση του γραμμικού και του ασαφούς συστήματος είναι:



Παρατηρώ ότι ο fuzzy ελεγκτής είναι πιο αποδοτικός στο να παρακολουθεί την είσοδο. Παρατήρηση Τα αρχεία κώδικα αυτής της υποενότητας είναι:

- Fuzzy_Control.m
- FLC.fis

- Control_Block_r1.slx
- Control_Block_r2.slx