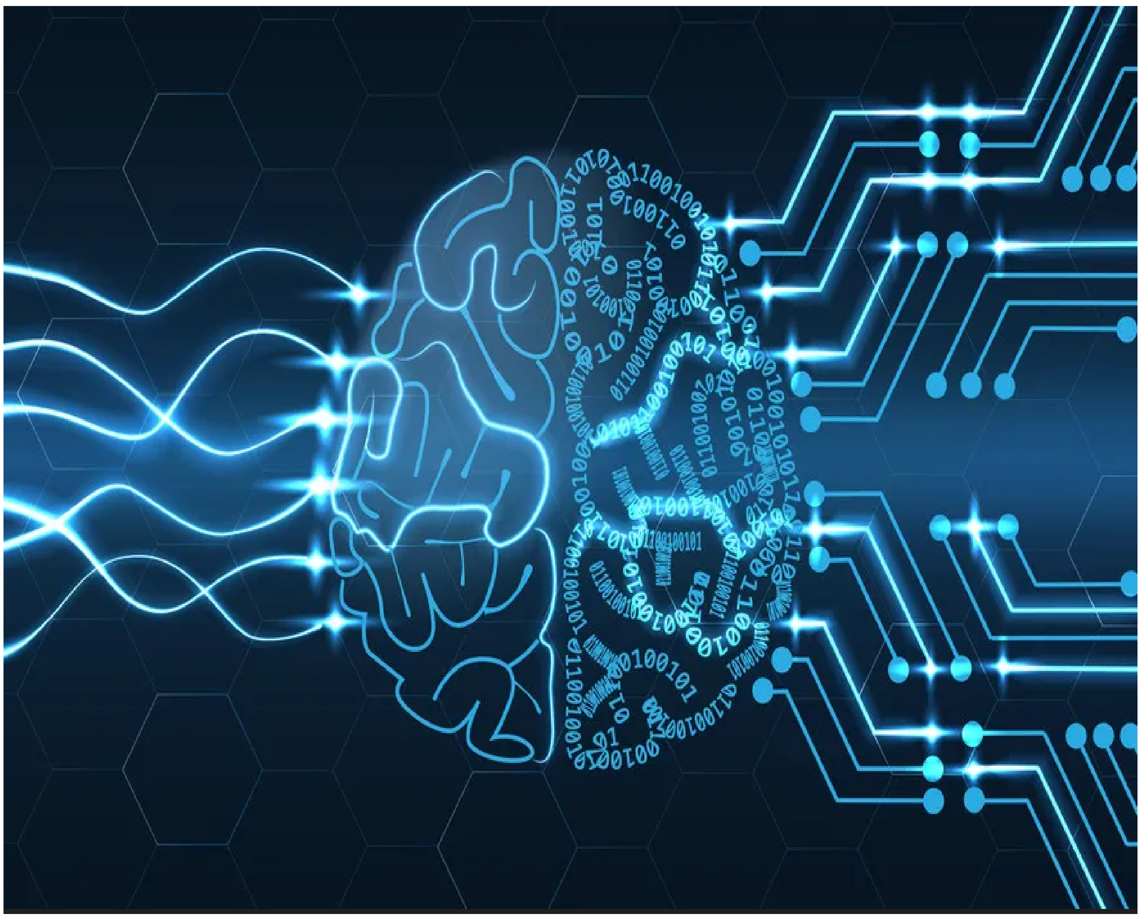
Υπολογιστική Νοημοσύνη - Πρώτη Εργασία

Ονοματεπώνυμο: Πρωτοψάλτης Παναγιώτης
AEM: 9847
Email: pprotops@ece.auth.gr

March 10, 2024



Εισαγωγή

Σε αυτήν την εργασία θέλουμε να υλοποιήσουμε έναν ασαφή ελεγκτή. Στην αρχή θα δημιουργήσουμε έναν γραμμικό PI ελεγκτή, στον οποίο θα πρέπει να προσδιορίσουμε τις παραμέτρους, ώστε να τηρούνται οι προδιαγραφές. Έπειτα θα γίνει σχεδίαση ενός ασαφούς ελεγκτή για τον οποίο θα έχουμε 2 σενάρια λειτουργίας.

Γραμμικός ελεγκτής

Για την σχεδίαση του ελεγκτή χρησιμοποιήθηκε το control toolbox του Matlab. Ο ελεγκτής που επιλέχθηκε έχει μορφή PI και πρέπει να ακολουθεί τις παρακάτω προδιαγραφές.

- Να έχουμε υπερύψωση για βηματική είσοδο μικρότερη από 0.1
- Να έχουμε χρόνο ανόδου μικρότερο από 1.2 δευτερόλεπτα.
- Μηδενικό σφάλμα στην μόνιμη κατάσταση.

Το μηδενικό του ελεγκτή επιλέχθηκε ανάμεσα στους πόλους -1 και -9 του ελεγχόμενου συστήματος, στην θέση -2.2 η οποία βρίσκεται κοντά στον κυρίαρχο πόλο, δηλαδή το -1.

Στην συνέχεια με την συνάρτηση ανοιχτού βρόχου που μας δόθηκε, δημιουργήθηκε ο γεωμετρικός τόπος ριζών του συστήματος. Έπειτα υπολογίστηκε η συνάρτηση κλειστού βρόχου του συστήματος και η βηματική απόκριση του κλειστού βρόχου. Τα κέρδη K_p και K_i για να τηρούν τις προδιαγραφές επιλέχθηκαν 9.2 και 20.24 αντίστοιχα. Τα διαγράμματα για όλα τα παραπάνω θα δοθούν παρακάτω.

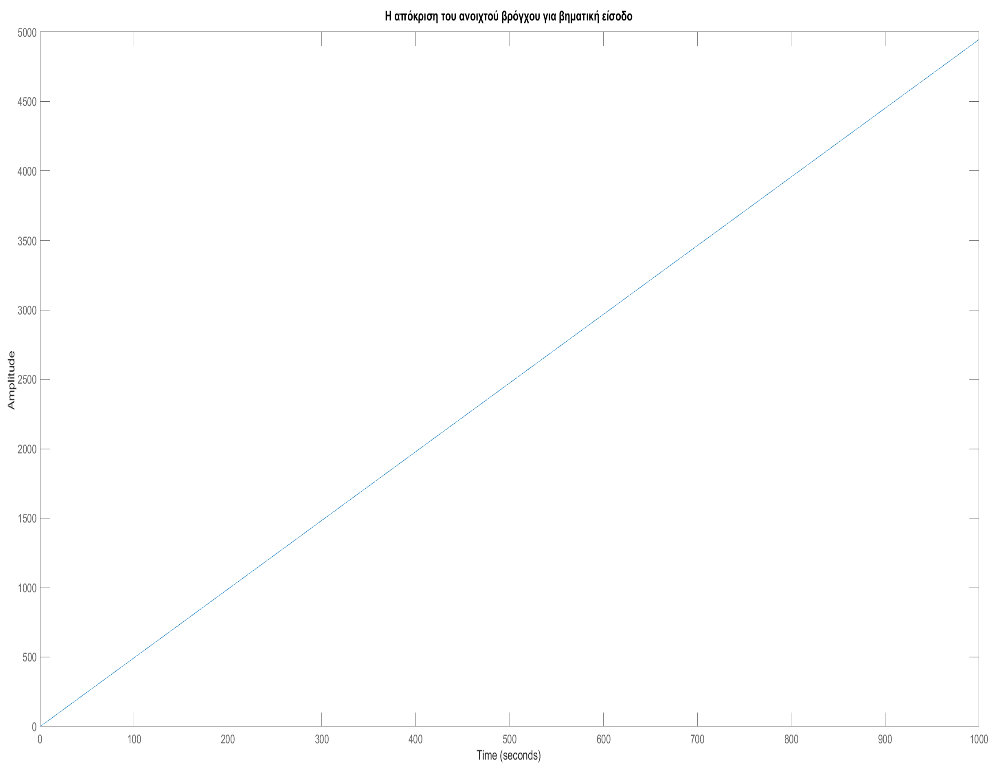


Figure 1: Η απόκριση του ανοιχτού βρόγχου για βηματική είσοδο

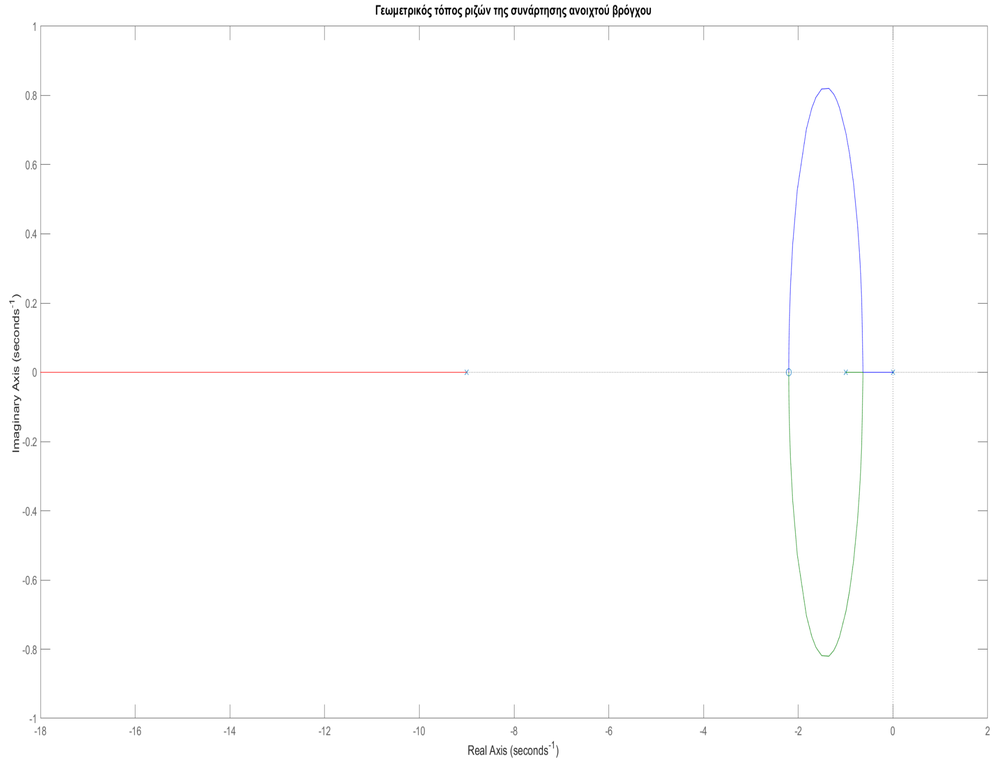


Figure 2: Γεωμετρικός τόπος ριζών της συνάρτησης ανοιχτού βρόγχου

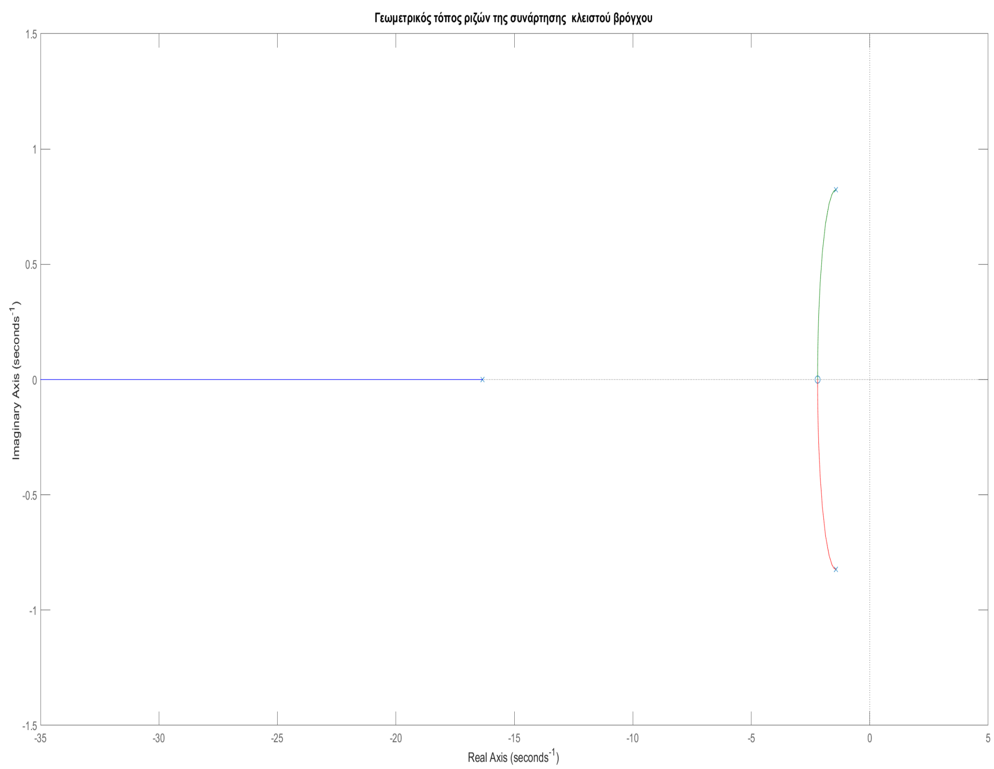


Figure 3: Γεωμετρικός τόπος ριζών της συνάρτησης κλειστού βρόγχου

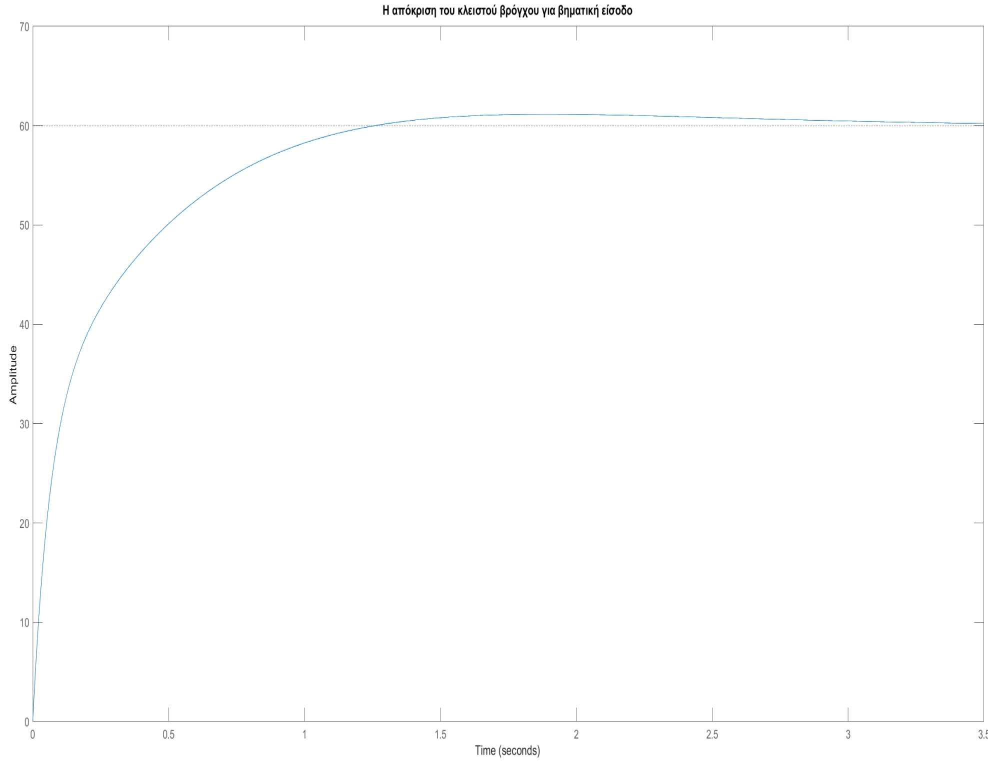


Figure 4: Γεωμετρικός τόπος ριζών της συνάρτησης κλειστού βρόγχου

Ασαφής ελεγκτής

Με στόχο να έχουμε μηδενικό σφάλμα μόνιμης κατάστασης για την ταχύτητα επιλέχθηκε πάλι ένας FZ-PI ελεγκτής. Επίσης έχουμε χρόνο δειγματοληψίας T = 0.01 sec και τις προδιαγραφές που μας δόθηκαν από την εκφώνηση για τις λεκτικές μεταβλητές του σφάλματος E, $\dot{E}$ και του $\dot{U}$.
Τα χαρακτηριστικά του ασαφούς ελεγκτή είναι τα παρακάτω:

- Ασαφοποιητής Signleton.
- Το συνδετικό AND υλοποιείται με τον τελεστή min.
- Ἡ συνάρτηση συμπερασμού υλοποιείται με τον κανόνα Mamdani.
- Το συνδετικό ALSO υλοποιείται με τον τελεστή max.
- Ὁ από-ασαφοποιητής υλοποιείται με την τεχνική COA.

Σενάριο 1

Σχεδίαση του ελεγκτή και αποκρίσεις

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται ο γραμμικός, ο fuzzy με τα κέρδη του γραμμικού και ο fuzzy με τα βέλτιστα κέρδη που επιλέχθηκαν. Αρχικά έχουμε K_i **= 20.24 και** K_p **= 9.2**, τα οποία ήταν οι τιμές που επιλέχθηκαν για τον **γραμμικό ελεγκτή**, και τα κέρδη που επιλέχθηκαν για να ικανοποιούν τις προδιαγραφές που μας δόθηκαν για το 1ο σενάριο, δηλαδή υπερύψωση μικρότερη του 0.07 και χρόνο ανόδου μικρότερο του 0.6 sec, είναι $K_e = 2$, **a = 0.23 και** K **= 20**.

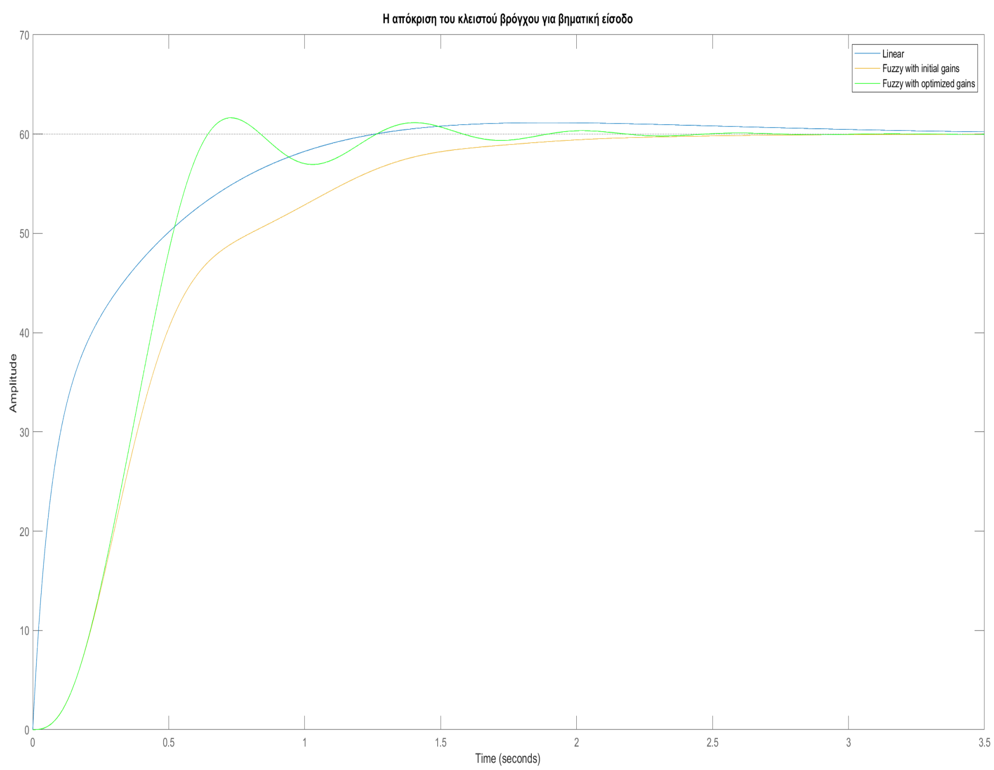


Figure 5: Σενάριο 1

Επίσης ακολουθούν τα δεδομένα για την υπερύψωση και τον χρόνο ανόδου της κάθε περίπτωσης.

```
        RiseTime: 0.6669
   TransientTime: 1.0635
    SettlingTime: 1.0635
     SettlingMin: 54.0612
     SettlingMax: 61.1498
       Overshoot: 1.9163
      Undershoot: 0
            Peak: 61.1498
        PeakTime: 1.8941
```

Figure 6: Δεδομένα γραμμικού ελεγκτή

```
        RiseTime: 0.9057
   TransientTime: 1.6899
    SettlingTime: 1.6899
     SettlingMin: 54.0595
     SettlingMax: 60
       Overshoot: 0
      Undershoot: 0
            Peak: 60
        PeakTime: 15.8300
```

Figure 7: Δεδομένα Fuzzy ελεγκτή με κέρδη γραμμικού

```
        RiseTime: 0.3844
   TransientTime: 1.1921
    SettlingTime: 1.1921
     SettlingMin: 54.5027
     SettlingMax: 61.6434
       Overshoot: 2.7390
      Undershoot: 0
            Peak: 61.6434
        PeakTime: 0.7300
```

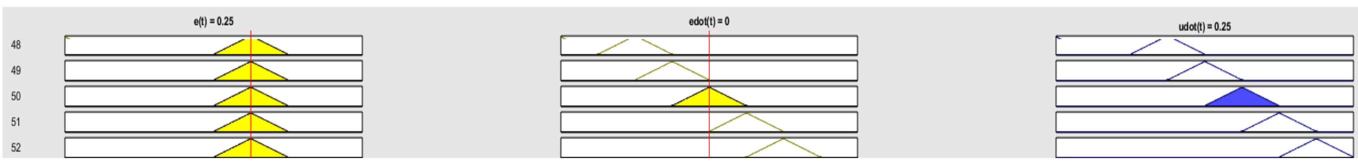
Figure 8: Δεδομένα Fuzzy ελεγκτή με επιλεγμένα κέρδη

Παρατηρήσεις:

- Η υπερύψωση είναι εντός των προδιαγραφών, δηλαδή μικρότερη από 0.1 και 0.07 αντίστοιχα
- Ο χρόνος ανόδου είναι εντός των προδιαγραφών, δηλαδή μικρότερος από 1.2 και 0.6 sec αντίστοιχα.
- Η απόκριση του κλειστού βρόχου για την βηματική διέγερση έχει καλύτερα χαρακτηριστικά από αυτή του γραμμικού ελεγκτή.
- Ο γραμμικός ελεγκτής συμπεριφέρεται καλύτερα από τον fuzzy για τα ίδια κέρδη.
- Ο fuzzy ελεγκτής συμπεριφέρεται καλύτερα από τον γραμμικό για τα κέρδη που επιλέχθηκαν.

Λειτουργία της βάσης του ελεγκτή και συμπεράσματα

Διέγερση e = PS, Δ_e **= ZR**. Για αυτή την διέγερση παρατηρούμε γραφικά ότι ο κανόνες που διεγείρεται είναι ο **PS**, όπως βλέπουμε και στο παρακάτω γράφημα.



Το τελικό αποτέλεσμα που προκύπτει με βάση την μέθοδο αποσαφοποίησης που αντιστοιχεί είναι ??. Η απόκριση του ελεγκτή για την περίπτωση αυτή είναι ??

Ερμηνεία του νόμου ελέγχου του FLC

Η τρισδιάστατη επιφάνεια της εξόδου του ασαφούς ελεγκτή σε σχέση με τις εισόδους του φαίνεται στο παρακάτω γράφημα.

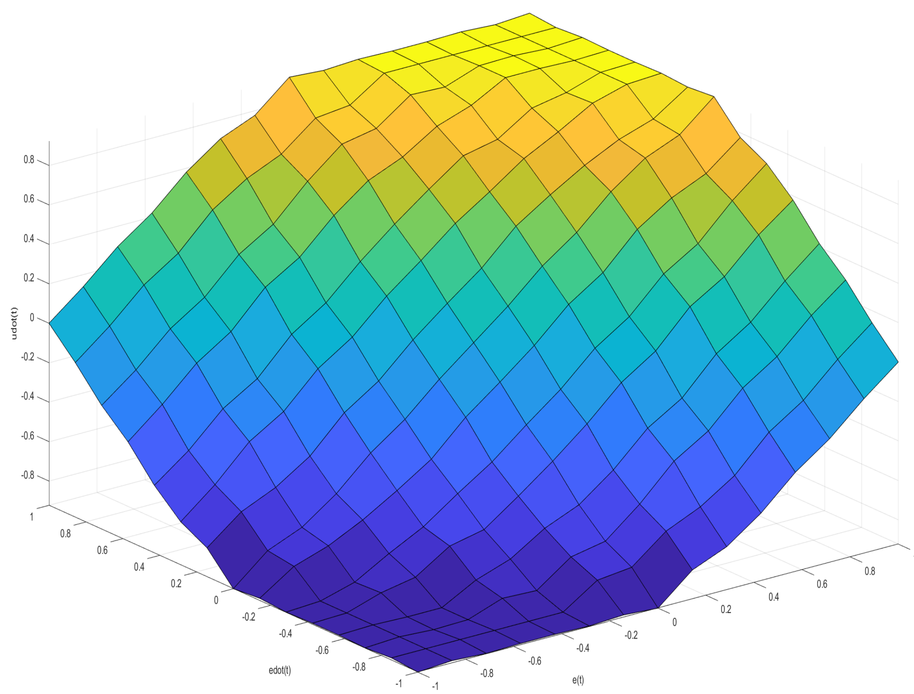


Figure 9: 3d απεικόνιση του FLC

Η ερμηνεία του σχήματος είναι ότι όσο κάποια από τις δύο εισόδους απομακρύνεται από το 0, αυξάνεται ή μειώνεται η έξοδος. Αυτό γίνεται για την καλή προσέγγιση, ώστε να λειτουργεί το σύστημα. Τέλος βλέπουμε πως αν σφάλμα και το $\dot{E}$ είναι κοντά στο 0, τότε το $\dot{U}$ της εξόδου θα είναι κοντά στο 0.

Σενάριο 2

Παρακάτω με την επιλογή των παραμέτρων να είναι ίδιες με αυτές του ασαφούς ελεγκτή που επιλέχθηκαν πιο πριν και για είσοδο του συστήματος τα δύο προφίλ του σήματος αναφοράς που θα ακολουθήσουν, θα δείξουμε γραφικά την απόκριση των στροφών του συστήματος κλειστού βρόχου και για τα δύο διαφορετικά σενάρια του σήματος αναφοράς.

Μας δίνονται τα δύο παρακάτω σχήματα:

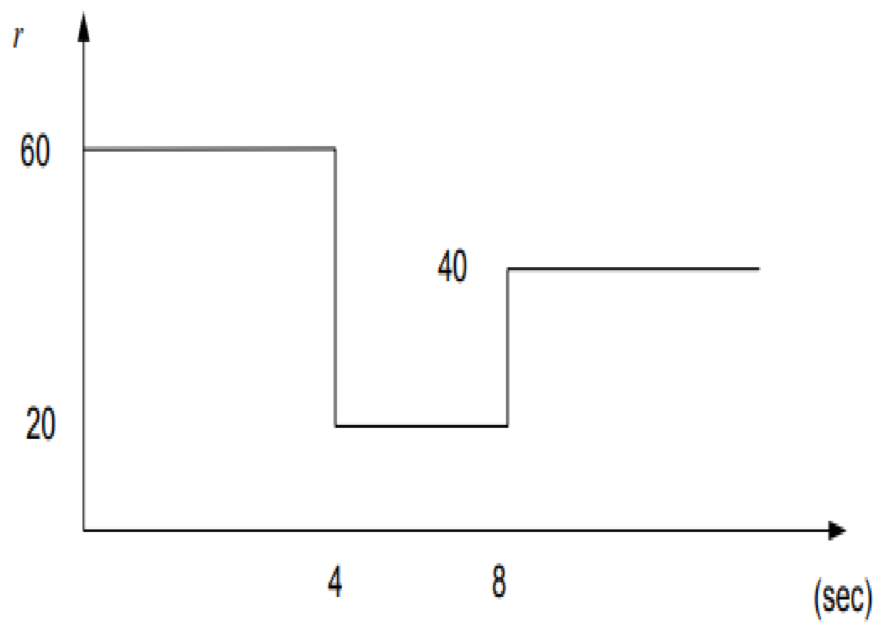


Figure 10: Σχήμα 1

Figure 11: Σχήμα 2

Για είσοδο του συστήματος ίδια με το σχήμα 1 και το σχήμα 2, παίρνουμε τα παρακάτω διαγράμματα για τον fuzzy ελεγκτή:

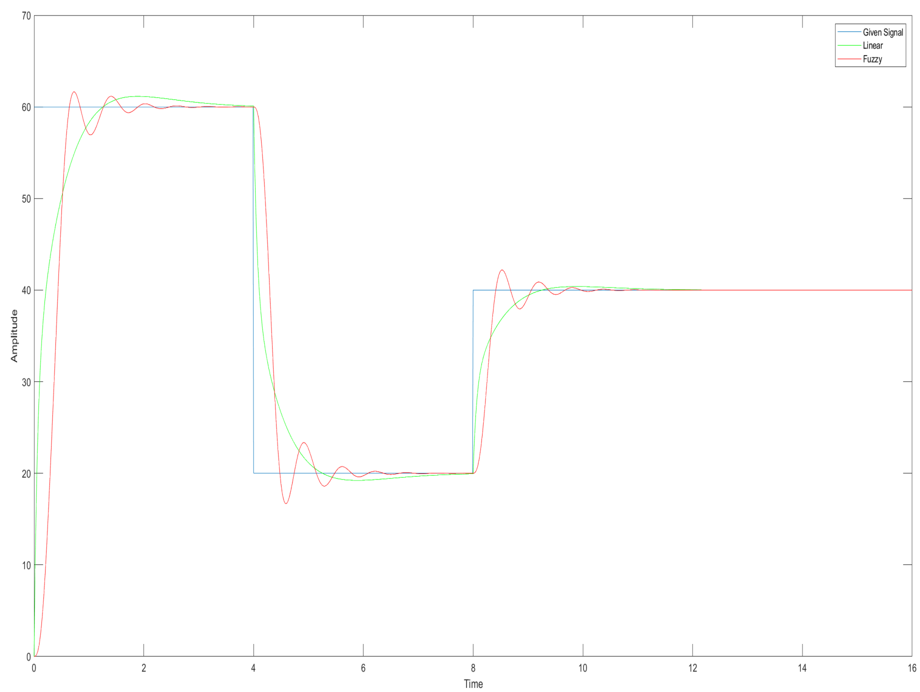


Figure 12: Σχήμα 3

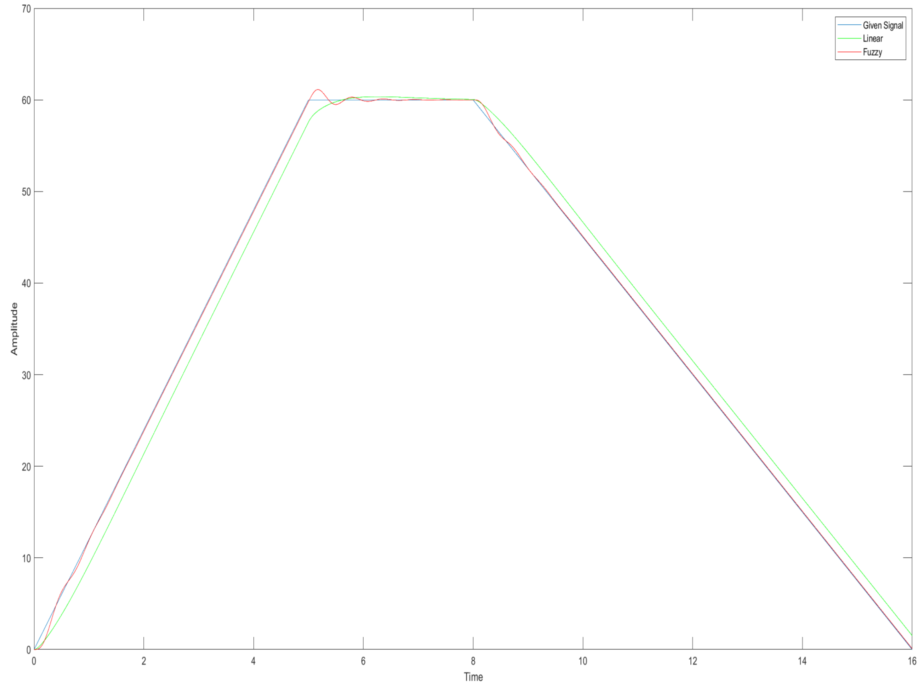


Figure 13: Σχήμα 4

Παρατηρήσεις

Στα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε ότι ο fuzzy ελεγκτής παρακολουθεί με πολύ καλή ακρίβεια εισόδους ράμπας όπως στο 2ο σχήμα που μας δόθηκε. Αρχικά για λίγα δέκατα του δευτερολέπτου αργεί να την παρακολουθήσει, πχ από 0 - 0.1 second, αλλά έπειτα έχει σχεδόν μηδενική απόκλιση από το αρχικό σήμα, μέχρι την στιγμή που αλλάζει η συνάρτηση για t = 5 sec και παραμένει σταθερή, όπου πάλι χρειάζεται περίπου 0.1 sec για μπορέσει να την παρακολουθήσει με σχεδόν μηδενικό σφάλμα. Τέλος όταν συνάρτηση γίνεται φθίνουσα για t = 8 sec, γίνεται πάλι το ίδιο και σε 0.1 sec την παρακολουθεί με ελάχιστο σφάλμα.