Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

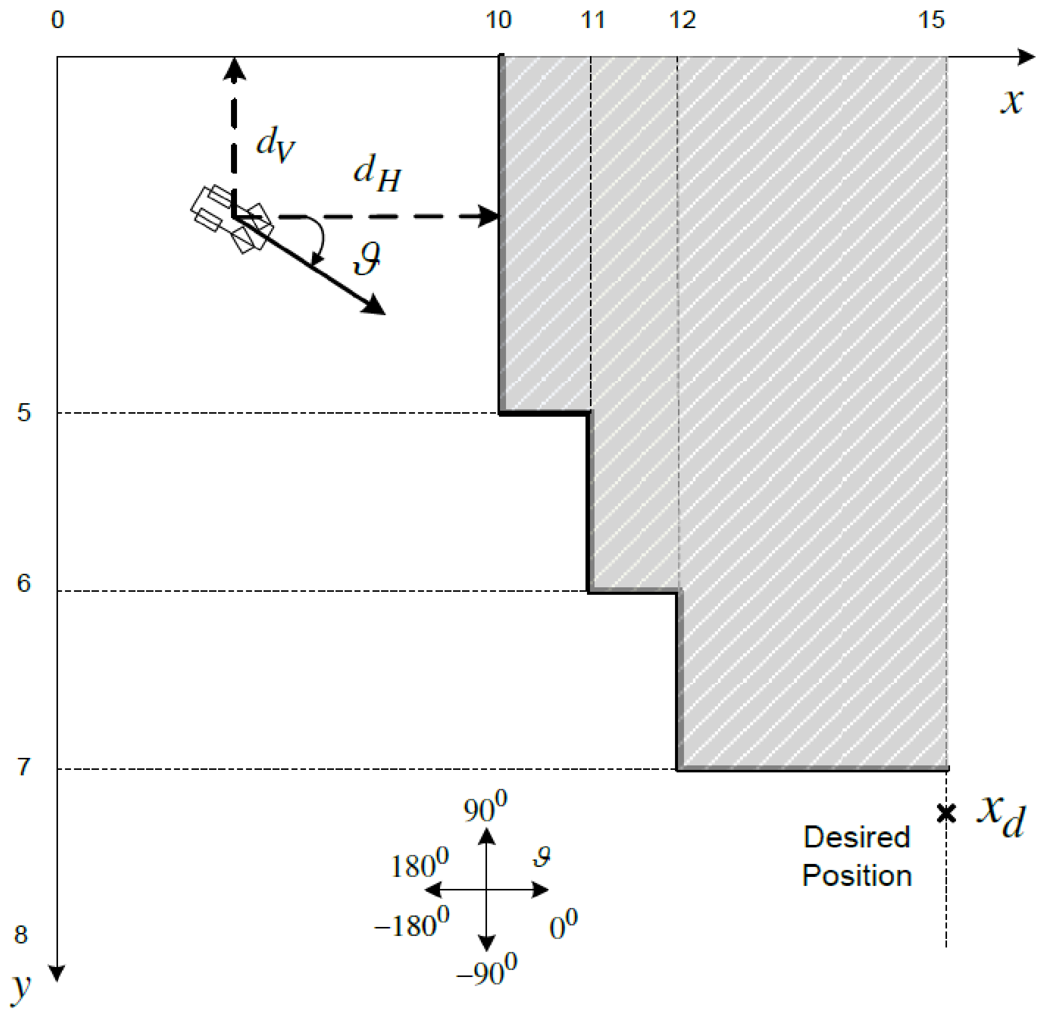
Εργασία 2 – Car Control G

Αναφορά

Ασαφή Συστήματα / Υπολογιστική Νοημοσύνη

Άρης Ελευθέριος Παπαγγέλης, ariselefp@ece.auth.gr
AEM: 8883

Έλεγχος Αυτοκινήτου



Σχ. 1

Το πρόβλημα μπορεί να λυθεί ακολουθώντας την παρακάτω λογική:

Καθώς το αυτοκίνητο κινείται, αρχικά στοχεύει να βρεθεί σε μια μεσαία απόσταση από τον τοίχο. Όταν φτάσει σε εκείνη, τότε επιδιώκει να συνεχίσει να κινείται παράλληλα προς αυτόν και προς τα κάτω, άρα εκτελεί μια δεξιά στροφή. Μόλις βρεθεί στο πρώτο «σκαλοπάτι» (y = 5), τότε στρίβει αριστερά και συνεχίζει να κινείται προς τον τοίχο. Όταν φτάσει αρκετά κοντά, στρίβει δεξιά, ώστε να τον αποφύγει και κάνει τις κατάλληλες διορθώσεις για να μπορέσει να κινηθεί εκ νέου προς τα κάτω και παράλληλα προς τον τοίχο. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται, μέχρις ότου το αυτοκίνητο βρεθεί στο επιθυμητό σημείο. Βέβαια, λόγω του γεγονότος ότι οι είσοδοι επιμερίζονται μόνο σε 3 λεκτικές μεταβλητές θα έχουμε coarse control, δηλαδή δε θα μπορούμε να έχουμε ιδιαίτερα ακριβείς στροφές και η κίνηση δε θα μπορεί να είναι απόλυτα παράλληλη στον τοίχο.

Με βάση την παραπάνω συλλογιστική, μπορούμε να βγάλουμε από την εξίσωση το dv και να διαμορφώσουμε τους κανόνες με βάση το dh και το θ

- Όταν dh = L, τότε όντας μακριά από τον τοίχο, επιθυμούμε να κινηθούμε με γωνία 0 προς αυτόν. Άρα, το Δθ θα είναι το αντίθετο από το θ, στην προσπάθεια να μηδενίσουμε τη γωνία.

- Όταν dh = M τότε κινούμαστε στην επιθυμητή απόσταση από τον τοίχο, άρα θέλουμε το θ να γίνει -90 μοίρες (N). Για το σκοπό αυτό, το Δθ είναι τέτοιο ώστε η μεταβολή να έχει ως αποτέλεσμα το νέο θ να τείνει να πλησιάσει την τιμή N.

- Όταν dh = S, τότε βρισκόμαστε αρκετά κοντά στον τοίχο, οπότε ο σκοπός μας είναι να απομακρυνθούμε από αυτόν. Για να γίνει αυτό θα πρέπει το θ να βρεθεί στο επίπεδο N, άρα ανάλογα με το πού ήδη βρισκόμαστε θα εφαρμοστεί και το κατάλληλο Δθ. Εδώ σημειώνουμε ότι θα επιχειρήσουμε να προσεγγίσουμε τη διόρθωση με στροφή δεξιάς φοράς, χάριν απλότητας του μοντέλου.

Με βάση την παραπάνω περιγραφή σχηματίζονται οι εξής κανόνες:

dh \ θ	N	ZE	P
S	ZE	N	N
M	ZE	N	N
L	P	ZE	N

Αρχική προσέγγιση

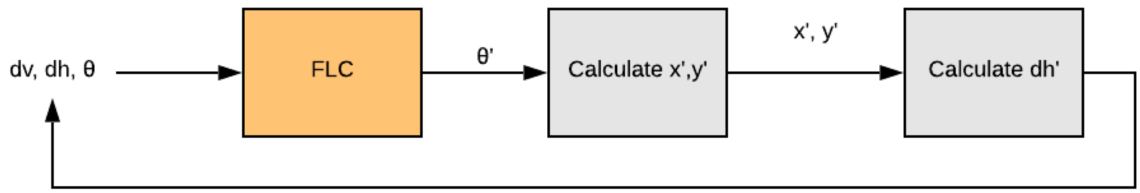
Ο κώδικας ξεκινάει ορίζοντας τις αρχικές συνθήκες, ενώ στη συνέχεια εισερχόμαστε σε έναν επαναληπτικό βρόχο που προσομοιώνει την κίνηση του οχήματος, καθορίζοντας τη νέα θέση του αυτοκινήτου ως τη μετατόπιση που προκύπτει ως αποτέλεσμα της σταθερής ταχύτητας και της νέας γωνίας κατεύθυνσης:

$$x' = x + \cos(\theta')v$$

$$y' = x - sin(\theta')v$$

Στη συνέχεια υπολογίζεται το dh, σημειώνεται η νέα θέση στο διάγραμμα και συνεχίζεται η επανάληψη. Το τέλος του βρόχου έρχεται όταν το x πλησιάζει σχεδόν ακριβώς στο επιθυμητό 15. Δεν μπορεί να επιτευχθεί 100% ακρίβεια, καθώς λόγω του βήματος της προσομοίωσης και της ταχύτητας εισερχόμαστε σε ατέρμων βρόχο αν απαιτήσουμε το x να είναι ακριβώς 15.

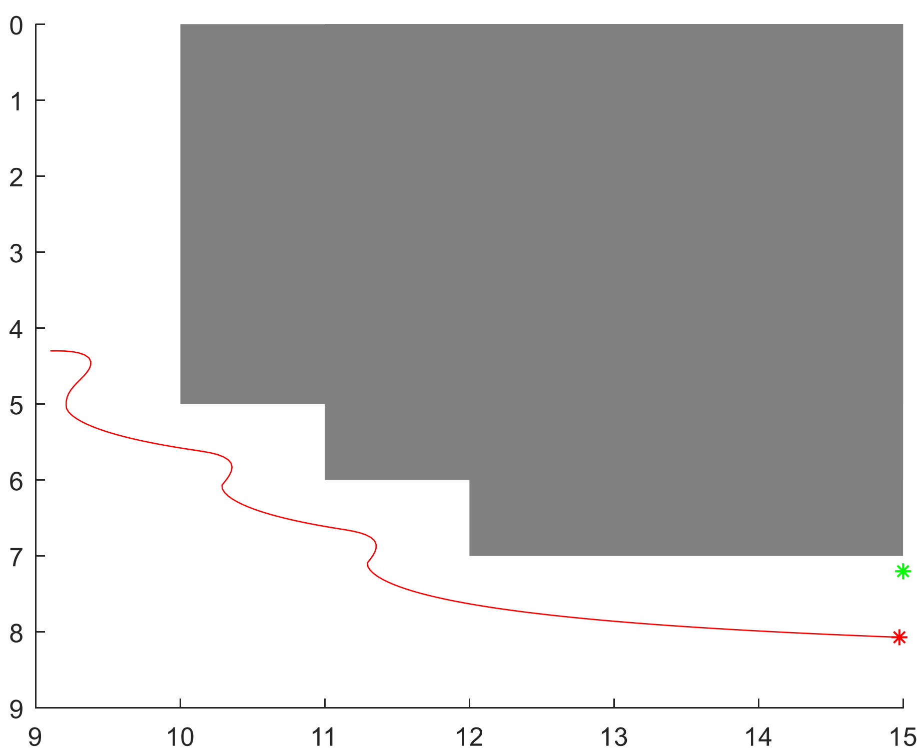
Σημείωση: Όταν το όχημα έχει ξεπεράσει και το τελευταίο εμπόδιο, ο υπολογισμός του dh αλλάζει, ώστε αυτό να μένει σταθερό και να μην επηρεάσει την κίνηση του οχήματος από εκεί και πέρα. Για αυτό και θα παρατηρηθεί η ευθεία πορεία στα διαγράμματα που ακολουθούν.



Σενάριο Α

$\theta_o = 0$

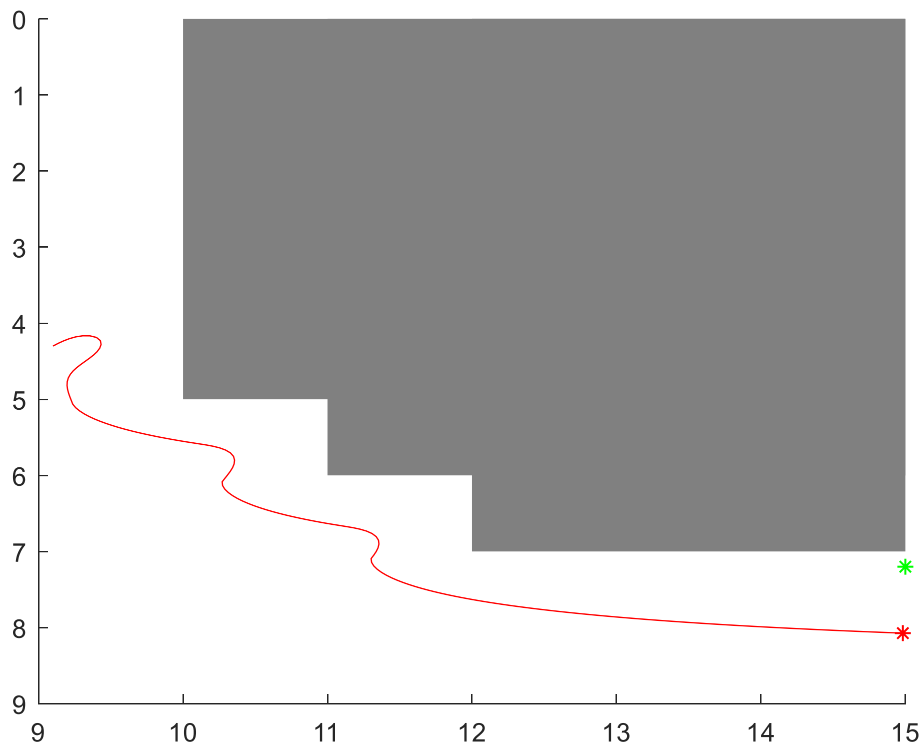
$x' = 14.9748,\ y' = 8.0698$



Σενάριο Β

$\theta_o = 45$

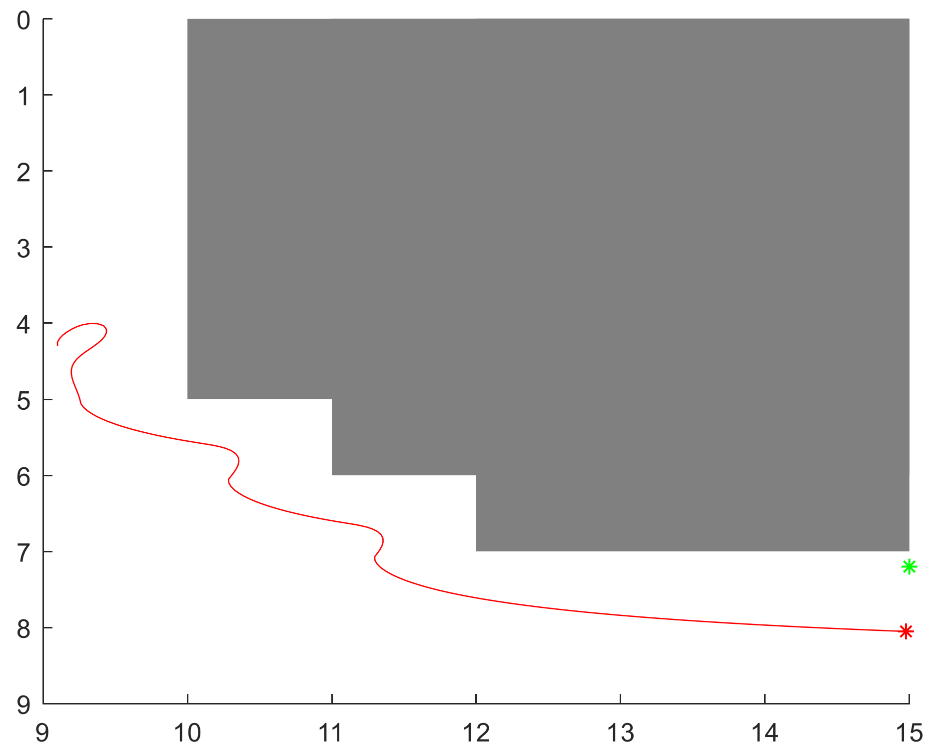
$x' = 14.9827 \quad , \; y' = \; 8.0735$



Σενάριο Γ

$\theta_o = 90$

$x' = 14.9766,\ y' = \ 8.0516$



Συνολικά, παρατηρούμε μια αρκετά μέτρια συμπεριφορά του συστήματος, καθώς και στις 3 περιπτώσεις το τελικό σημείο βρίσκεται σχετικά μακριά από το τελικό. Πιο συγκεκριμένα, η μέση απόκλιση από το επιθυμητό σημείο για το y βρίσκεται περίπου στο **12%**. Για αυτό το λόγο θα προβούμε σε βελτίωση ώστε να πέσουμε πιο κοντά σε αυτό.

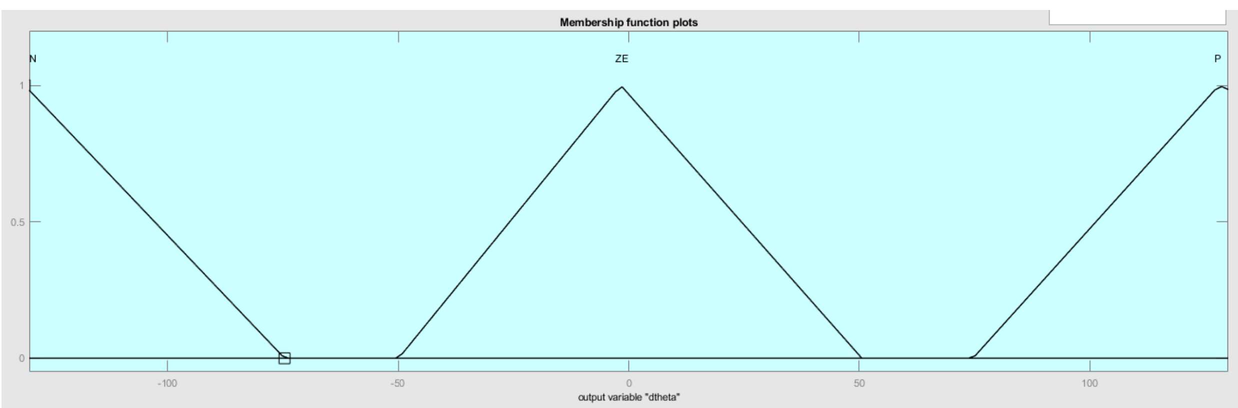
Ρύθμιση συστήματος

Από την αρχική ρύθμιση και τη χρήση των βασικών κανόνων είδαμε ότι τα αποτελέσματα ήταν μέτρια. Επομένως θέλουμε να διορθώσουμε την απόκλιση που υπάρχει κατά τον άξονα των y. Για την καλύτερη προσέγγιση επιλέγουμε την παρακάτω λογική:

- Αφού μετά και το πέρας του τελευταίου εμποδίου συνεχίζουμε με γωνία θ = ZE μέχρι τον τελικό στόχο, αν αμέσως μετά τη στροφή βρισκόμαστε στην ίδια ευθεία με το επιθυμητό y, τότε θα σιγουρέψουμε ότι έχουμε πέσει πάνω σε αυτό λίγα δευτερόλεπτα αργότερα. Συνεπώς, θα πρέπει οι αριστερόστροφες στροφές να είναι πολύ πιο απότομες, έτσι ώστε μετά το πέρας της τελευταίας στροφής να βρισκόμαστε περίπου στο $y = 7.2$. Αυτή η απαίτηση οφείλεται στο γεγονός πως λόγω του μερισμού των εισόδων και εξόδων σε μόνο 3 μεταβλητές, οι γωνίες δεν αλλάζουν αρκούντως σε κάθε μεταβολή, είναι δηλαδή υπερβολικά «ανοικτές», με βάση την αρχική μορφή των συναρτήσεων συμμετοχής.

Άρα η επιθυμία μας είναι να «οξύνουμε» το πώς στρίβει το όχημα. Αυτό, μετά από δοκιμές, μπορεί να γίνει είτε αυξάνοντας κατά πολύ το εύρος του Δθ, πχ για $\Delta\theta \in [-500, 500]$, είτε αλλάζοντας τη μορφή των συναρτήσεων συμμετοχής για την έξοδο $\Delta\theta$ του ελεγκτή. Και στις δύο περιπτώσεις, ο στόχος είναι να γίνουν πιο «διακριτές» οι τιμές της γωνίας $\Delta\theta$ που βγάζει ο ελεγκτής, δηλαδή να μην έχουν τόση επικάλυψη μεταξύ τους οι συναρτήσεις συμμετοχής.

Η ανανεωμένες συναρτήσεις συμμετοχής για το συμπέρασμα $\Delta\theta$ είναι οι παρακάτω:

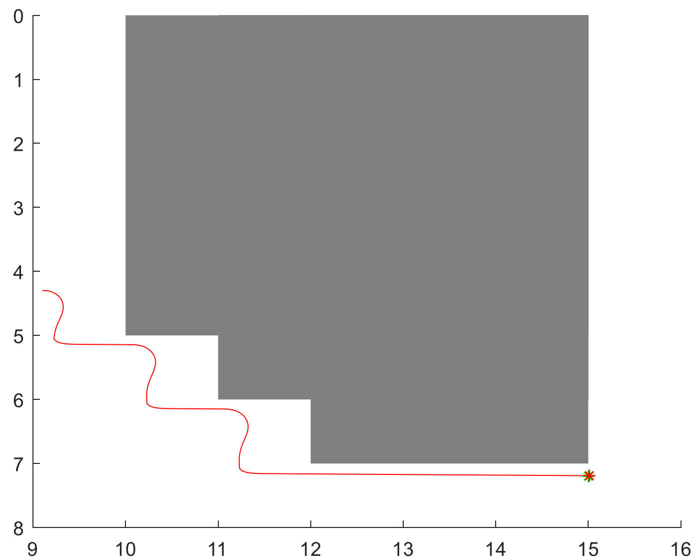


Παρακάτω βλέπουμε τα αποτελέσματα για την παραπάνω μορφή συναρτήσεων συμμετοχής:

Σενάριο Α

$\theta_o = 0$

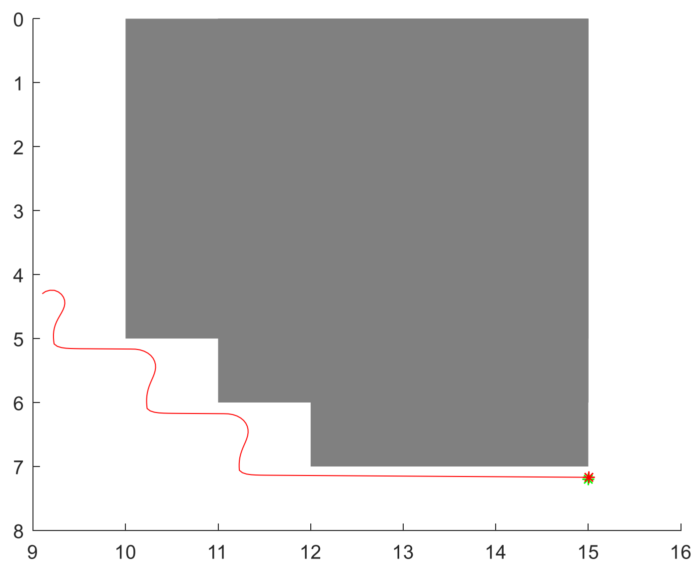
$x' = 15.0108,\ y' = 7.1907$



Σενάριο Β

$\theta_o = 45$

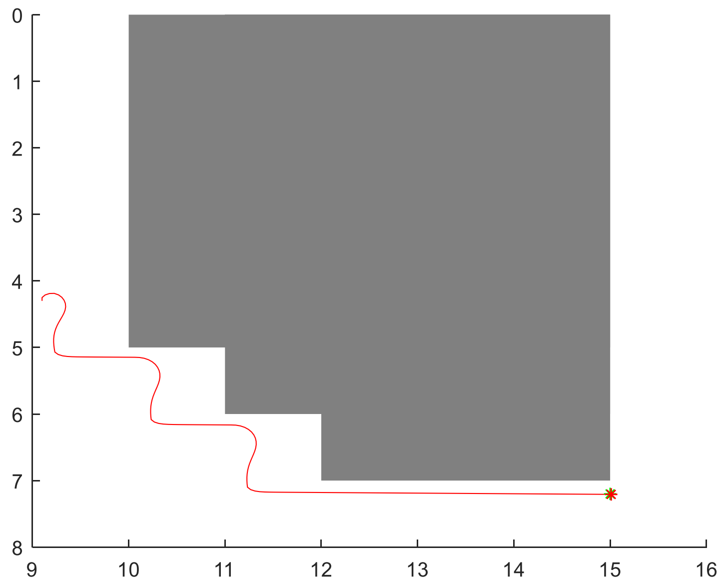
$x' = 15.0063,\ y' = 7.1693$



Σενάριο Γ

$\theta_o = 90$

$x' = 15.0109,\ y' = \ 7.2076$



Συνολικά, παρατηρούμε ότι, πράγματι, η κίνηση της στροφής έχει οξυνθεί αισθητά σε σχέση με πριν την ρύθμιση. Το μέγιστο σφάλμα για το y, στο σενάριο Β, έφτασε στο **0.4%**, 30 φορές μικρότερο από πριν. Στα άλλα δύο σενάρια το σφάλμα είναι ακόμα μικρότερο. Άρα βλέπουμε ότι έχουμε αρκετά καλύτερη προσέγγιση του επιθυμητού σημείου, πράγμα που μπορεί να διαπιστωθεί και από τις παραπάνω γραφικές παραστάσεις.