

# Report: Transmission Lines

Panagiotis Koutris

May 2024

## 1.1. Ανάλυση κυκλώματος γραμμής μεταφοράς - Διάγραμμα Smith

### Ερώτημα (α)

$$z_L = \frac{Z_L}{Z_0} = 2 \Omega \quad (0, 25\lambda)$$

$$0, 25\lambda + 0, 32\lambda = 0, 57\lambda - 0, 5\lambda = 0, 007\lambda$$

$$z_A = 0, 6 + j0, 35$$

$$\textbf{Πυκνωτής: } jx = j \frac{X}{Z_0} = - \frac{j}{2\pi f_0 C Z_0} = - = - \frac{j}{2\pi \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-12} \cdot 50} = -j1, 59$$

$$z_B = z_A + jx = 0, 6 - j1, 24 \quad (0, 35\lambda)$$

$$0, 35\lambda + 0, 24\lambda = 0, 59\lambda - 0, 5\lambda = 0, 09\lambda$$

Βρίσκουμε  $z_C$  και το αντιδιαμετρικό του σημείο στον ίδιο κύκλο  $|\Gamma|$  είναι το  $y_C$

$$y_C = 1 - j1, 6 \quad (0, 321\lambda)$$

$$\textbf{Open: } 0, 1\lambda \longrightarrow jb = j0, 725$$

$$y_{in} = y_C + jb = 1 - j0, 875$$

Έτσι λοιπόν στην είσοδο έχουμε:

$$|\Gamma| = \frac{2,2}{5,2} = 0, 423$$

$$SWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} = 2, 466$$

### Ερώτημα (β)

$$f'_0 = 1, 333 f_0$$

Για γραμμές μεταφοράς TEM:  $U_p = \text{constant}$

$$\frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{f_0}{f'_0} = 1, 333 \Rightarrow \lambda = 1, 333 \lambda'$$

$$0, 32\lambda \longrightarrow 0, 426\lambda'$$

$$0, 24\lambda \longrightarrow 0, 32\lambda'$$

$$0, 1\lambda \longrightarrow 0, 133\lambda'$$

$$z_L = \frac{Z_L}{Z_0} = \frac{100}{50} = 2 \Omega \quad (0, 25\lambda')$$

$$0, 25\lambda' + 0, 426\lambda' = 0, 676\lambda' - 0, 5\lambda' = 0, 176\lambda'$$

$$z_A = 1, 25 + j0, 75$$

$$\textbf{Πυκνωτής: } jx = j \frac{X}{Z_0} = - \frac{j}{2\pi f'_0 C Z_0} = - \frac{j}{2\pi \cdot 1, 333 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-12} \cdot 50} = -j0, 837$$

$$z_B = z_A + jx = 1,25 - j0,08 \quad (0,318\lambda')$$

$$0,318\lambda' + 0,32\lambda' = 0,638\lambda' - 0,5\lambda' = 0,138\lambda'$$

Βρίσκουμε  $z_C$  και το αντιδιαμετρικό του σημείο στον ίδιο κύκλο  $|\Gamma|$  είναι το  $y_C$

$$y_C = 0,8 - j0,35 \quad (0,4\lambda')$$

$$\text{Open: } 0,133\lambda' \rightarrow jb = j1,1$$

$$y_{in} = y_C + jb = 0,8 + j0,75$$

Έτσι λοιπόν στην είσοδο έχουμε:

$$|\Gamma| = \frac{2}{5,2} = 0,384$$

$$SWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} = 2,246$$

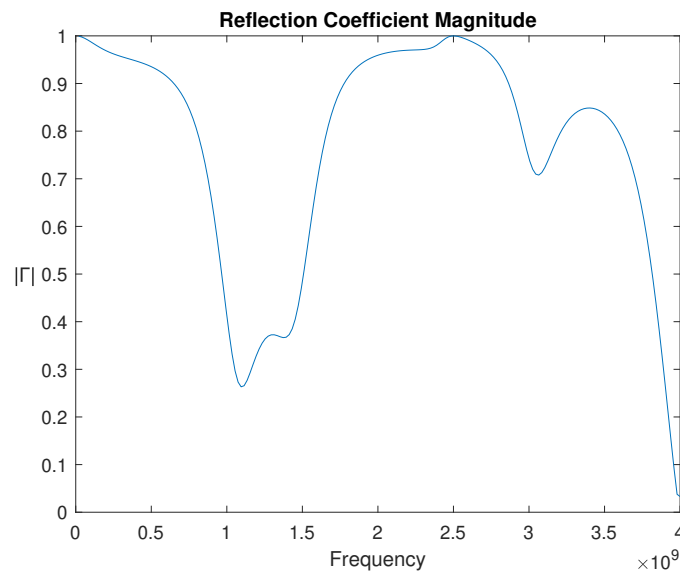
### Ερώτημα (γ)

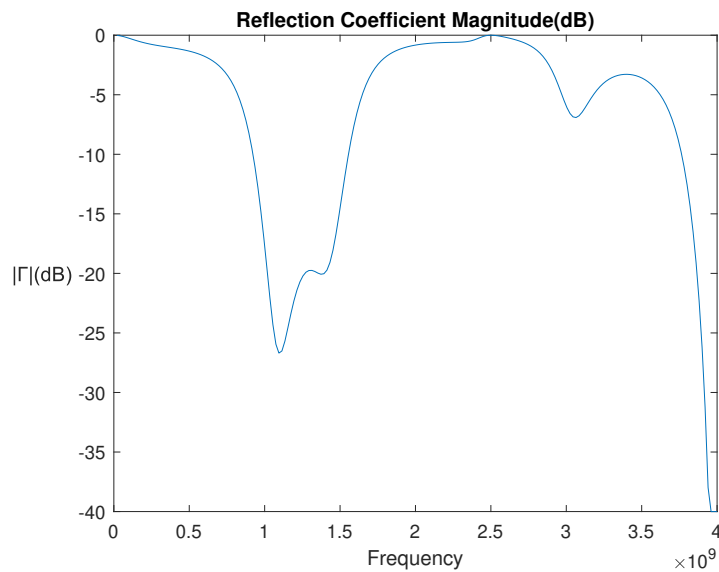
Αν η γραμμή μεταφοράς δεν ήταν TEM ή σχεδόν-TEM, τότε θα χρειαζόμασταν σαν επιπλέον πληροφορία τη φασική ταχύτητα  $U_p$  ώστε να μπορούσαμε να βρούμε τη σχέση μεταξύ του  $\lambda$  και του  $\lambda'$  ( $\lambda = \frac{U_p}{f}$ ).

## 1.2. Ανάλυση κυκλωμάτων γραμμών μεταφοράς στο πεδίο της συχνότητας

### Ερώτημα (α)

Plots





**Σημείωση:** Παρατηρώντας το 1ο γράφημα στις συχνότητες 1GHz και 1,33 GHz βλέπουμε ότι οι τιμές του μέτρου του συντελεστή ανάκλασης είναι αρκετά κοντά στις αντίστοιχες που υπολογίστηκαν στο ερώτημα 1.1, το οποίο και το περιμέναμε.

### Ερώτημα (β)

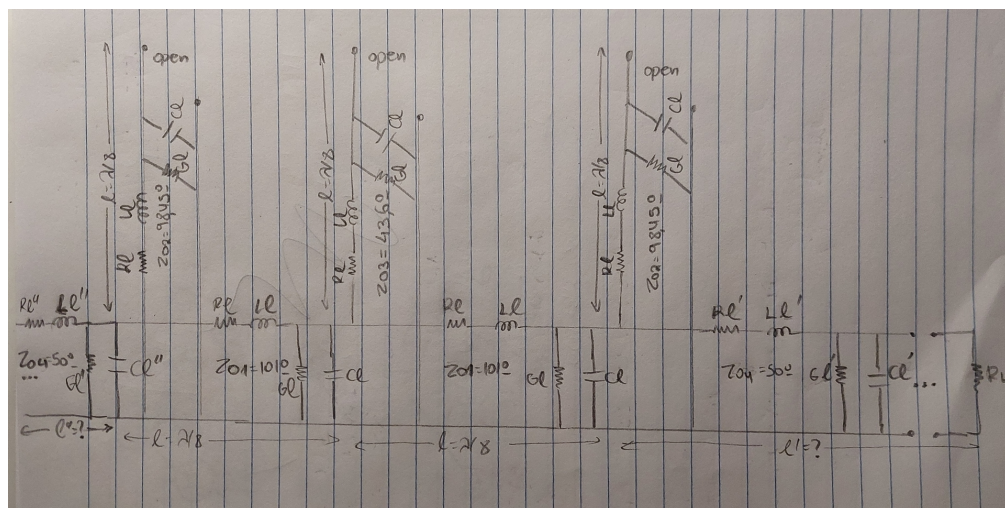
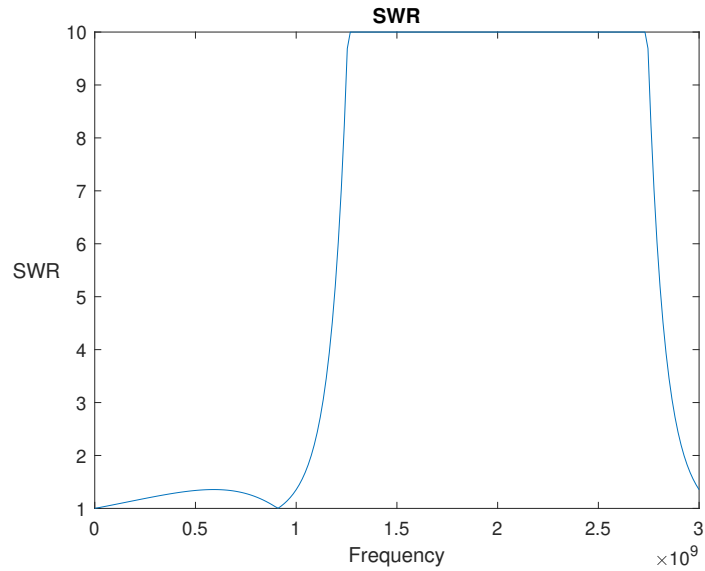
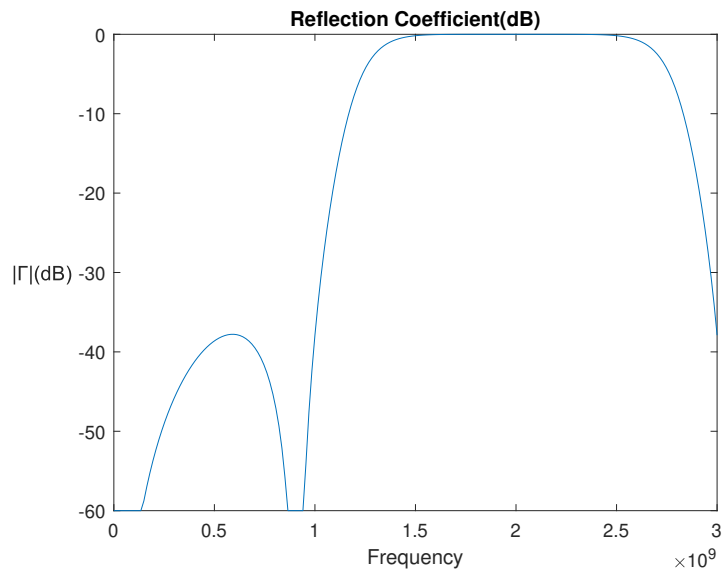


Figure 1: Κυκλωματικό Ισοδύναμο

**Plots:**



**Σημείωση:** Από τη μορφή του πρώτου διαγράμματος συμπεραίνουμε ότι έχουμε ένα BSF (Band-Stop-Filter) στο οποίο κόβονται οι συχνότητες μεταξύ των 1,2 και 2,8 GHz

## Ερώτημα (γ)

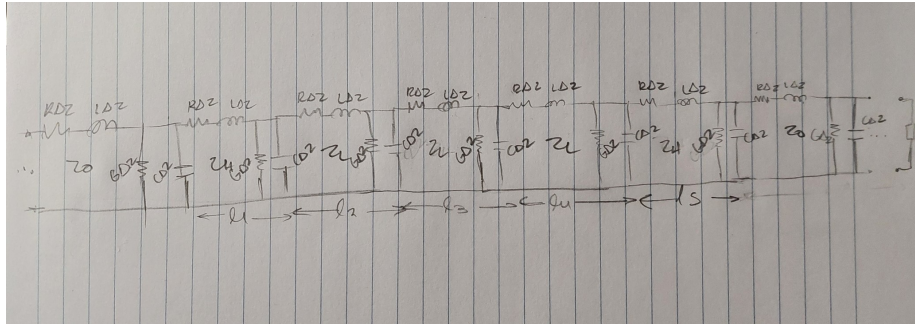
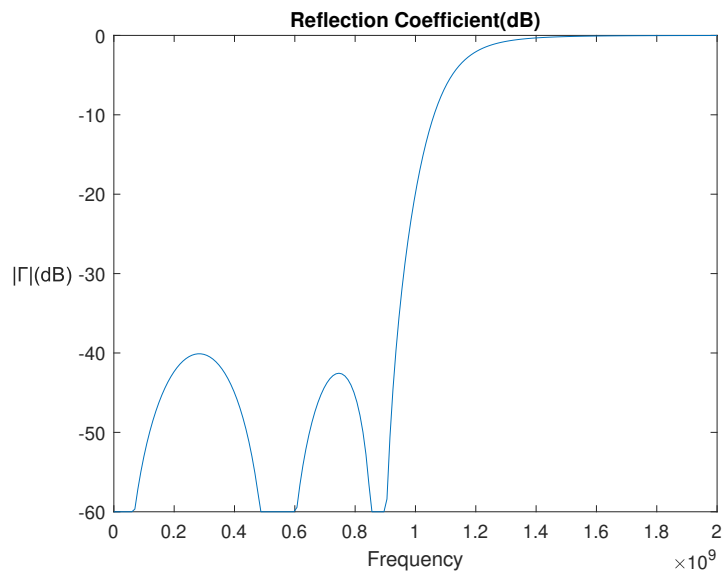
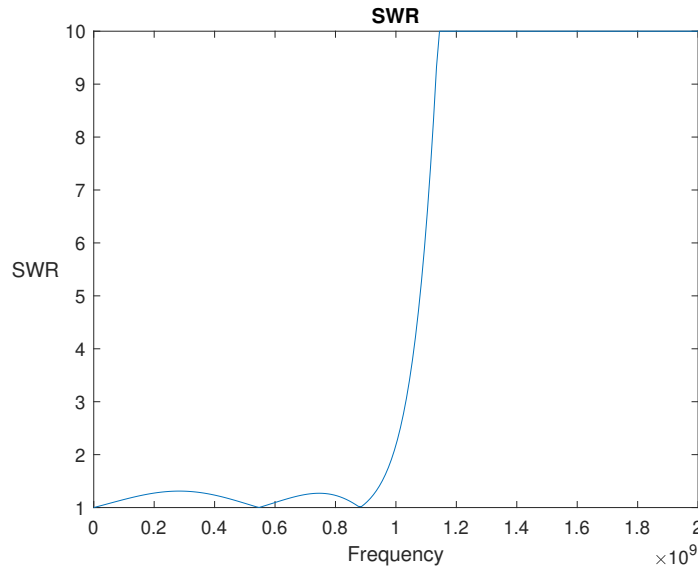


Figure 2: Κυκλωματικό Ισοδύναμο

Plots:





**Σημείωση:** Από τη μορφή του πρώτου διαγράμματος συμπεραίνουμε ότι έχουμε ένα LPF (Low-Pass-Filter) στο οποίο κόβονται οι συχνότητες μεγαλύτερες του 1,05 GHz.

### 1.3. Συζυγής προσαρμογή - Διάγραμμα Smith

#### Ερώτημα (α)

$$z_L = \frac{Z_L}{Z_0} = \frac{10+j15}{50} = 0,2 + j0,3$$

$$z_g = \frac{Z_g}{Z_0} = \frac{50-j40}{50} = 1 - j0,8$$

$$Z_{in} = Z_g^* \Rightarrow z_{in} = z_g^* = 1 + j0,8$$

#### 1<sup>η</sup> περίπτωση: Πυκνωτής παράλληλα στο φορτίο

Από το αντιδιαμετρικό σημείο  $y_L$  προσθέτοντας  $b > 0$  στο  $z_L$  δεν καταλήγει σε σημείο τομής με τον κύκλο SWR της εισόδου.

#### 2<sup>η</sup> περίπτωση: Πυκνωτής σε σειρά στο φορτίο

Προσθέτοντας  $x < 0$  στο  $z_L$  δεν υπάρχει σημείο τομής με τον κύκλο SWR της εισόδου.

#### 3<sup>η</sup> περίπτωση: Πυκνωτής παράλληλα στην είσοδο

Μέσω διαγράμματος Smith:

$$y_{in} = 0,6 - j0,45$$

$$\begin{aligned}
y_A &= 0,6 - j1,4 \\
y_{in} &= y_A + jb \Rightarrow \\
jb &= 0,6 - j0,45 - (0,6 - j1,4) = j0,95 \Rightarrow b = 0,95 \\
C_3 &= \frac{b}{2\pi \cdot f \cdot Z_0} = 3,02 \text{ pF} \\
l_3 &= 0,34\lambda - 0,296\lambda = 0,044\lambda
\end{aligned}$$

4<sup>η</sup> περίπτωση: Πυκνωτής σε σειρά στην είσοδο

Μέσω διαγράμματος Smith:

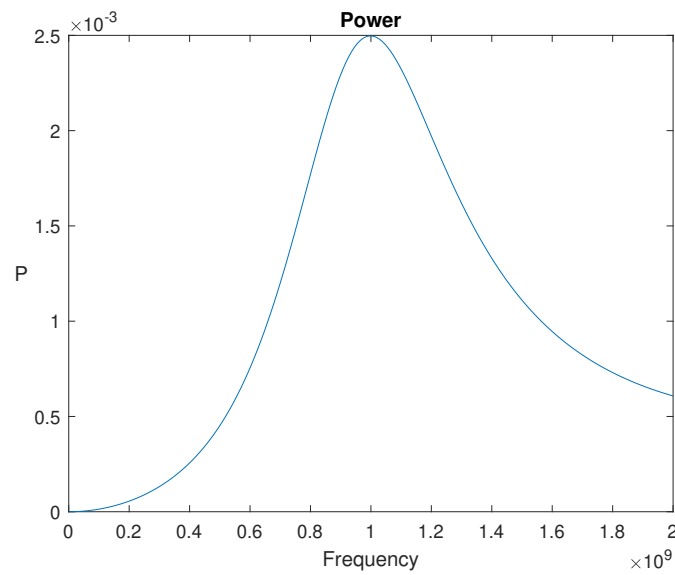
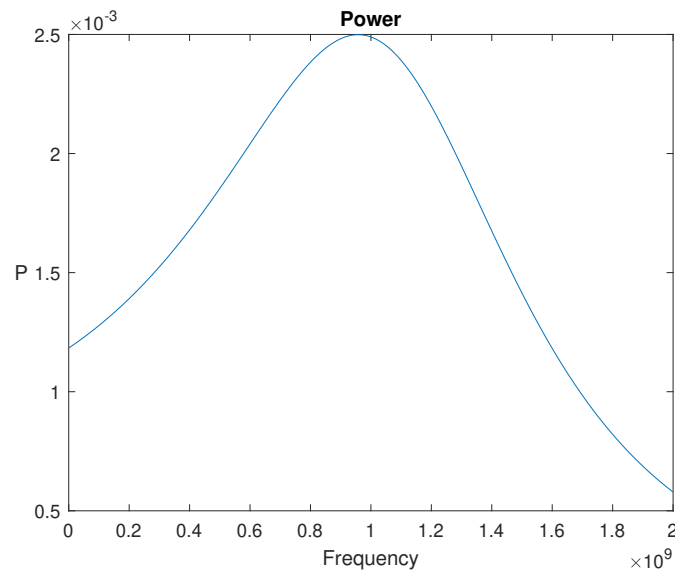
$$\begin{aligned}
z_{in} &= 1 + j0,8 \\
z_A &= 1 + j2; \\
z_{in} &= z_A - jx \Rightarrow \\
jx &= 1 + j2 - (1 + j0,8) = j1,2 \Rightarrow x = 1,2 \\
C_4 &= \frac{1}{x \cdot 2\pi \cdot f \cdot Z_0} = 2,65 \text{ pF} \\
l_4 &= 0,188\lambda - 0,048\lambda = 0,14\lambda
\end{aligned}$$

Ερώτημα (β)

$$P_L = P_{in} = \frac{|V_g|^2}{2} \cdot \frac{R_{in}}{(R_{in} + R_g)^2 + (X_{in} + X_g)^2} = 5 \text{ mW}$$

## Ερώτημα (γ)

Plots:

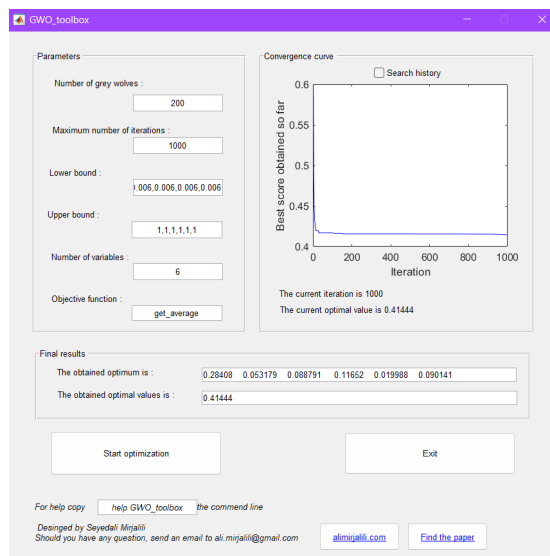
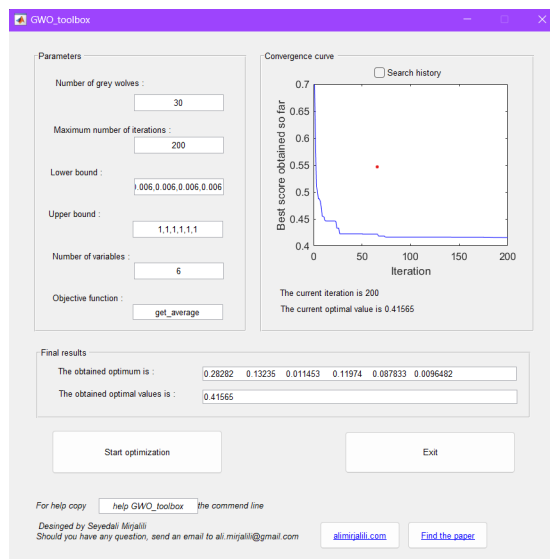


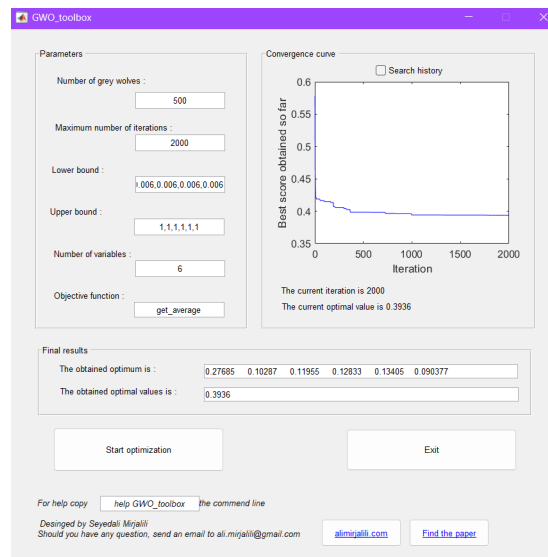
**Σημείωση:** Συγκρίνοντας τα 2 διαγράμματα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το πρώτο κύκλωμα (πυκνωτής παράλληλα στην είσοδο) παρέχει καλύτερο εύρος ζώνης.



## Ερώτημα (β)

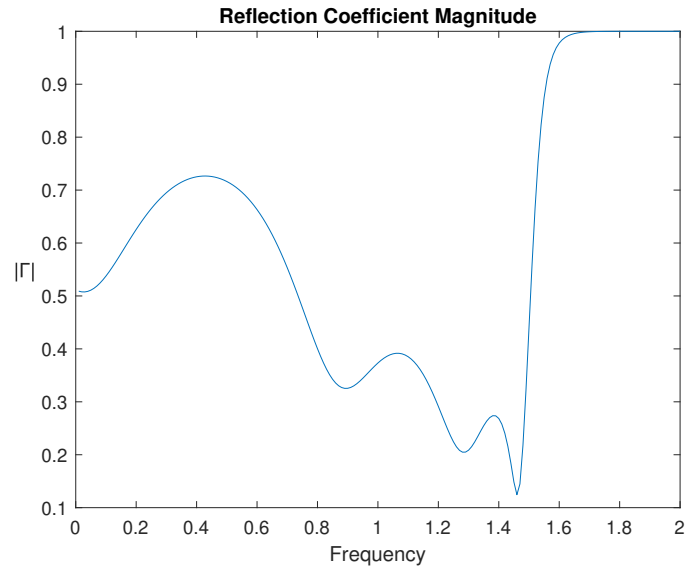
Η διαδικασία βελτιστοποίησης πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια του Grey Wolf Optimizer (GWO) Tool box. Οι παρακάτω πίνακες αποτελεσμάτων περιέχουν τις βέλτιστες παραμέτρους αποστάσεων και το αντίστοιχο ελάχιστο μέσο μέτρο συντελεστή ανάκλασης.



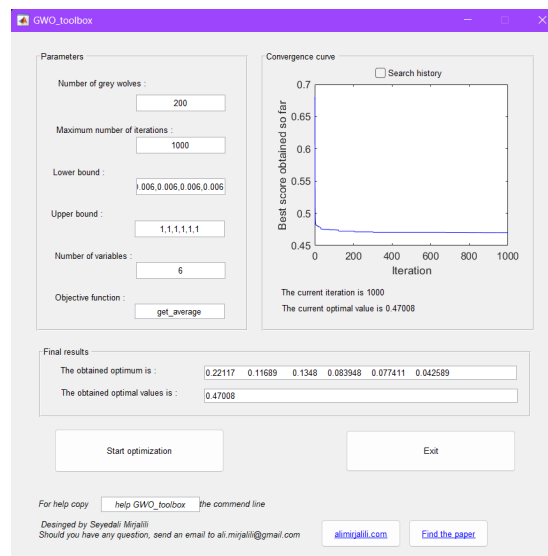
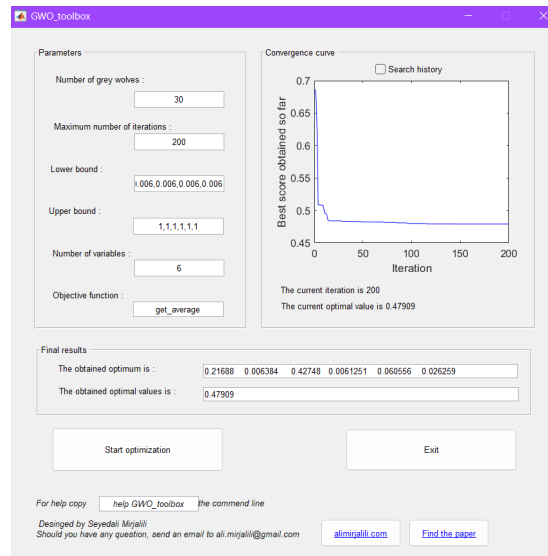


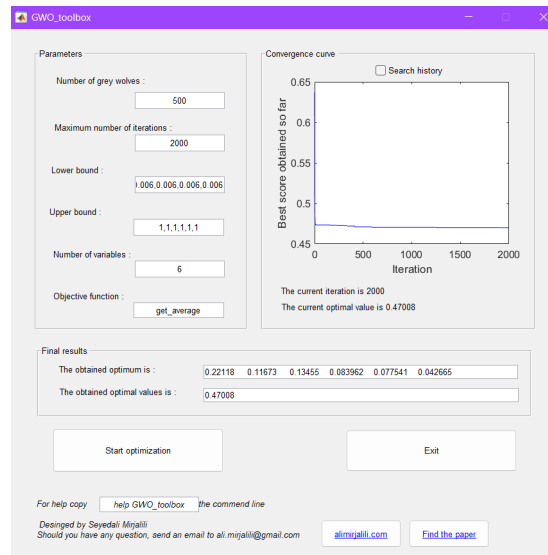
Ερώτημα (γ)

Plot:



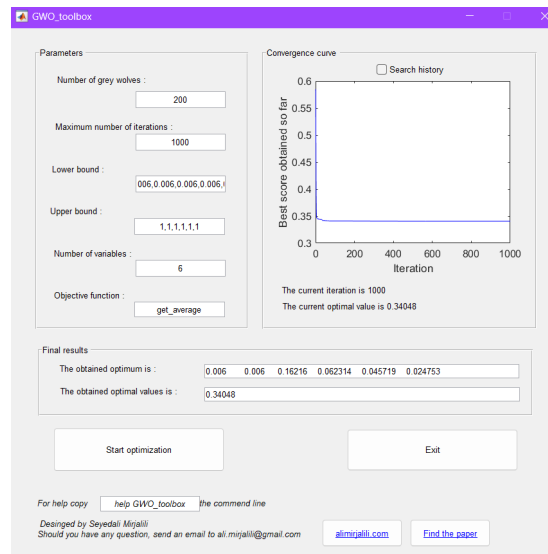
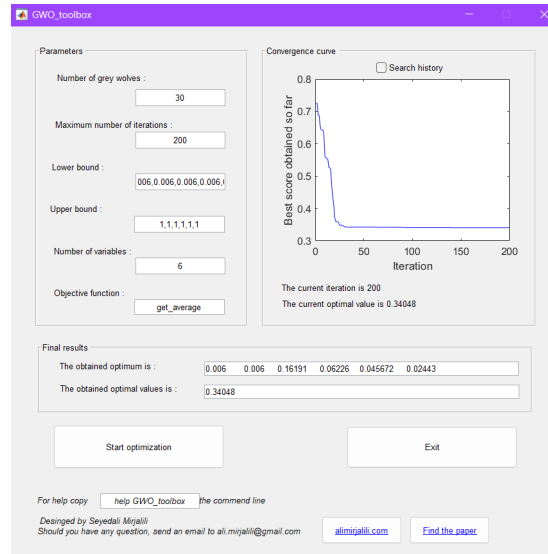
## Ερώτημα (δ)

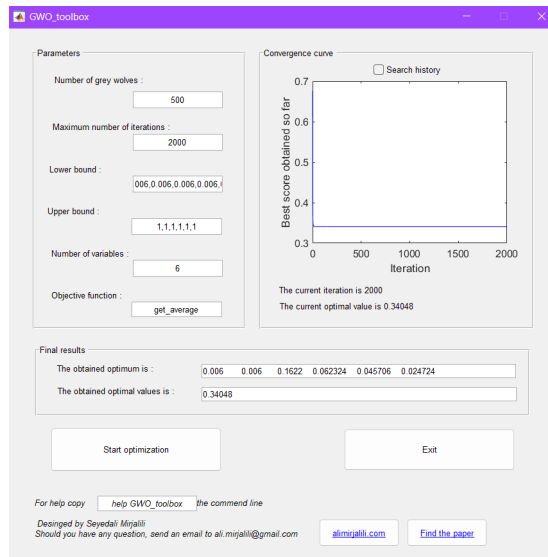




## Ερώτημα (ε)

$$i) Z_L = 20 + j30$$





$$\text{ii)} Z_L = 180 - j200$$

