3η Εργασία στο μάθημα των

Ψηφιακών Φίλτρων

<u>Θέμα:</u>

<u>Εξουδετέρωση Παρεμβολών Χωρίς Σήμα Αναφοράς &</u>

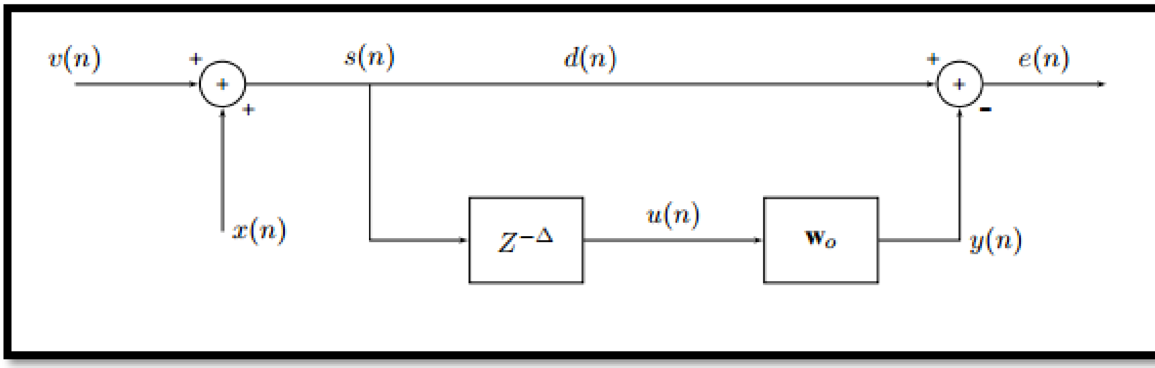
<u>Εξουδετέρωση Ηχούς</u>

Διδάσκων: Πιτσιάνης Νικόλαος

Φοιτητής: Χρυσοβέργης Ηλίας (8009) - iliachry@ece.auth.gr

Α’ Μέρος

a) Η παρακάτω διάταξη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απομάκρυνση περιοδικών παρεμβολών που αλλοιώνουν ένα ευρυζωνικό σήμα, χωρίς την απαίτηση χρήσης κάποιου σήματος αναφοράς.



Το **s(n)** είναι το σήμα που παίρνουμε στην είσοδο, το οποίο είναι το σήμα που έχουμε στείλει αλλοιωμένο από θόρυβο περιοδικής παρεμβολής. Το σήμα μετά από καθυστέρηση **Δ = 10** εισάγεται στο φίλτρο **Wiener**. Η έξοδος του φίλτρου Wiener **y(n)**, είναι το καθαρό σήμα **v(n)** ενώ το **e(n)** είναι η περιοδική παρεμβολή **x(n)**.

b) Ο υπολογισμός του πίνακα αυτοσυσχέτισης **R**, του διάνυσματος ετεροσυσχέτισης της εισόδου και του επιθυμητού σήματος **p** και των συντελεστών του **Wiener** φίλτρου **wo** με 100 συντελεστές δίνεται στην συνέχεια:

```
%Wiener Filter
corr = var(d)*autocorr(d,M-1);
R = toeplitz(corr);
P(1) = 0.34;
P(2:M) = 0;
w0 = R\P';
y = filter(w0,1,u(delta+1:size(u,2)));
semilogy((y-v).^2)
hold on
```

c) Ο υπολογισμός των συντελεστών πρόβλεψης **am**, των παραμέτρων ανάκλασης **Γm** και των συντελεστών **γ** έγινε με το παρακάτω κομμάτι κώδικα και με χρήση των συναρτήσεων **LevinsonDurbin.m** και **LevinsonDurbin_iterative.m** που βρίσκονται στο **e-thmmy**:

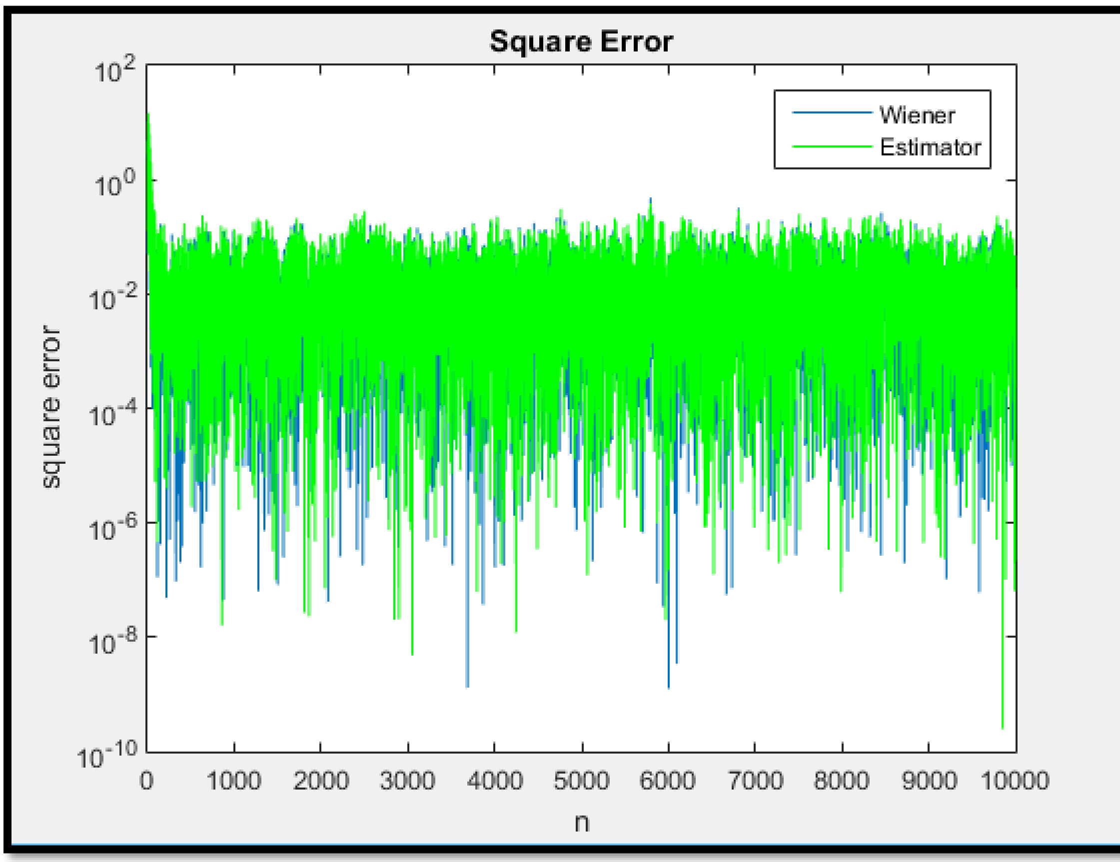
```
%Levinson - Durbin

corr = var(d)*autocorr(d,M-1);
[a,fpp,p] = LevinsonDurbin(M-1,corr'); % forpredpower is the forward prediction power
[a_iter,~,L,Dp]= LevinsonDurbin_iterative(M-1, corr'); % iterative version of LD algorithm
e(1:M-1) = 0;
for j = 0:M-1
    [al,e(j+1)] = levinson(corr',j); % MATLAB's LD function
end
al=al';
```

Τα σφάλματα των διανυσμάτων συντελεστών καθώς και η διαφορά των **forward** και **backward prediction power errors** από αυτά που υπολογίζονται με τις συναρτήσεις του **MATLAB** δίνονται στην συνέχεια:

```
>> Wiener_Levinson
MATLABs Levinson (recursive) VS Ours  1.810796e-14
MATLABs Levinson (iterative) VS Ours 1.810796e-14
Difference between gama coefficients and Wiener 4.013501e-01
Difference of Matlab backward errors and Ours 4.755851e-15
```

Το διάγραμμα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος της εξόδου του φίλτρου και του επιθυμητού σήματος για τους βέλτιστους συντελεστές **Wiener** και τον **estimator** δίνεται στην συνέχεια:

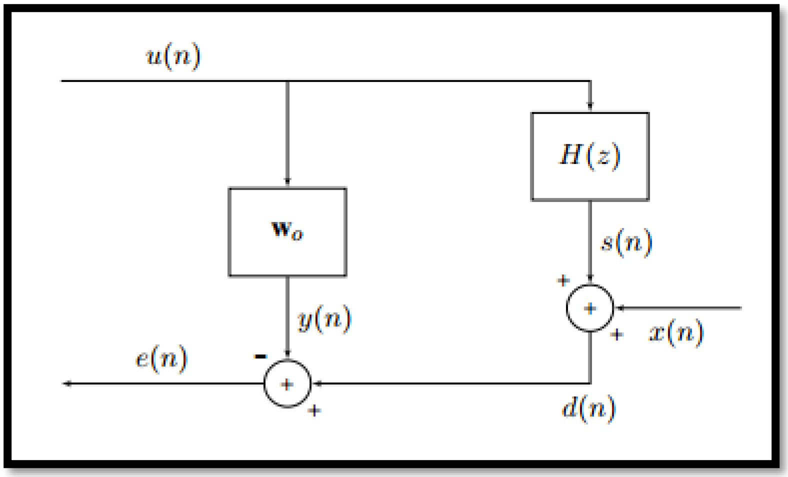


Ο κώδικας για τα ερωτήματα (β) και (γ) βρίσκεται στο script **Wiener_Levinson.m**.

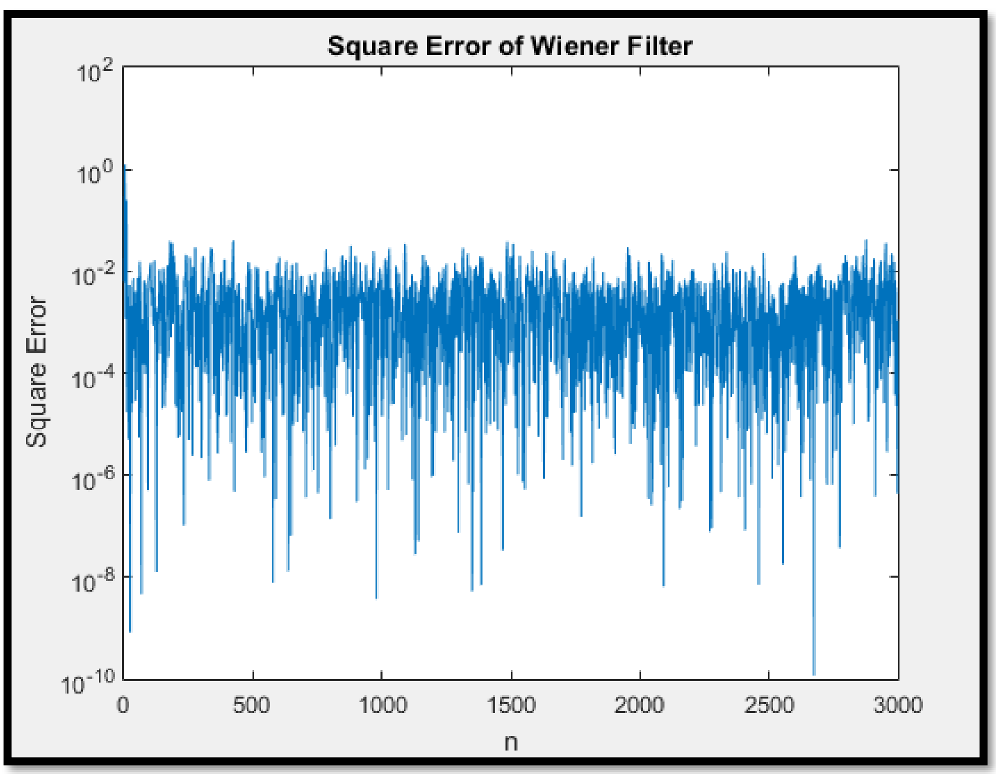
d) Ο νέος joint process estimator για την απομάκρυνση των παρεμβολών από το μουσικό κομμάτι βρίσκεται στο script **Clear_Music.m**. Το μουσικό κομμάτι που «κρύβεται» πίσω από τον θόρυβο είναι το **Begin the Beguine** του **Artie Shaw**.

Β' Μέρος

Στο δεύτερο μέρος της εργασίας είχαμε να ελαχιστοποιήσουμε την επίδραση του σήματος του πρώτου συνομιλητή σε αυτό του δεύτερου ομιλητή. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε η διάταξη που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



a) Ο υπολογισμός του πίνακα αυτοσυσχέτισης **R**, του διανύσματος ετεροσυσχέτισης της εισόδου και του επιθυμητού σήματος **p** και των συντελεστών του **Wiener** φίλτρου **wo** δεν δίνεται στην αναφορά διότι είναι αντίστοιχος με τον υπολογισμό του Α' Μέρους. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται το μέσο τετραγωνικό σφάλμα της εξόδου του φίλτρου **Wiener** και του σήματος που ακολουθεί η έξοδος του φίλτρου. Αξίζει να παρατηρήσουμε το πολύ μικρό μέσο τετραγωνικό σφάλμα του φίλτρου **Wiener**.

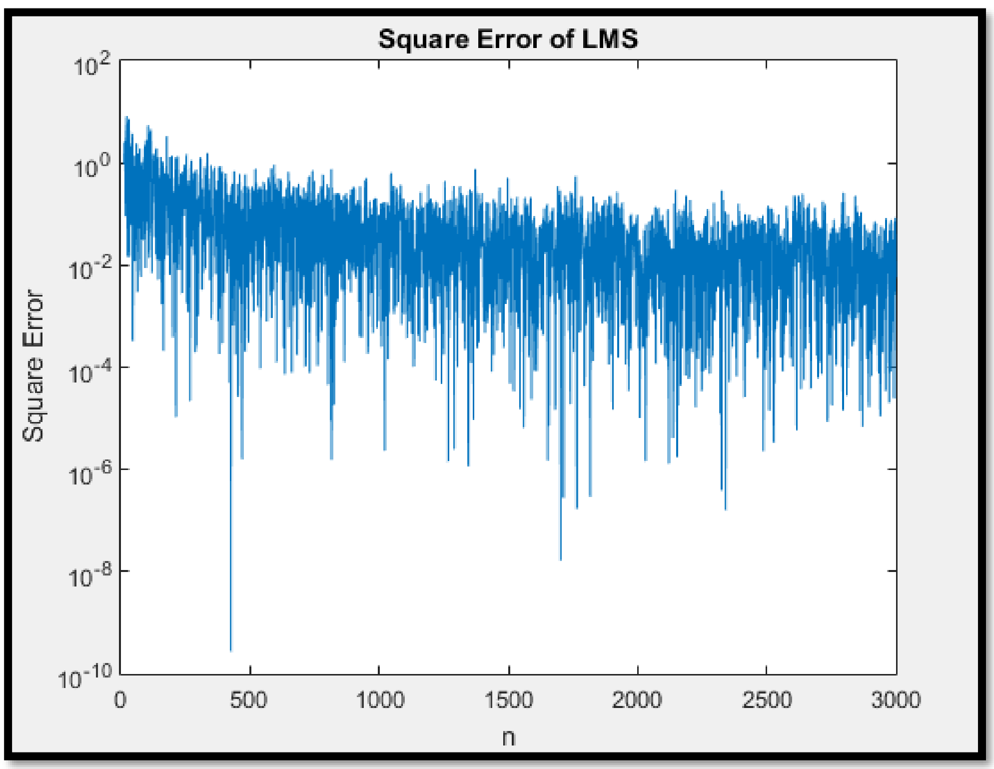


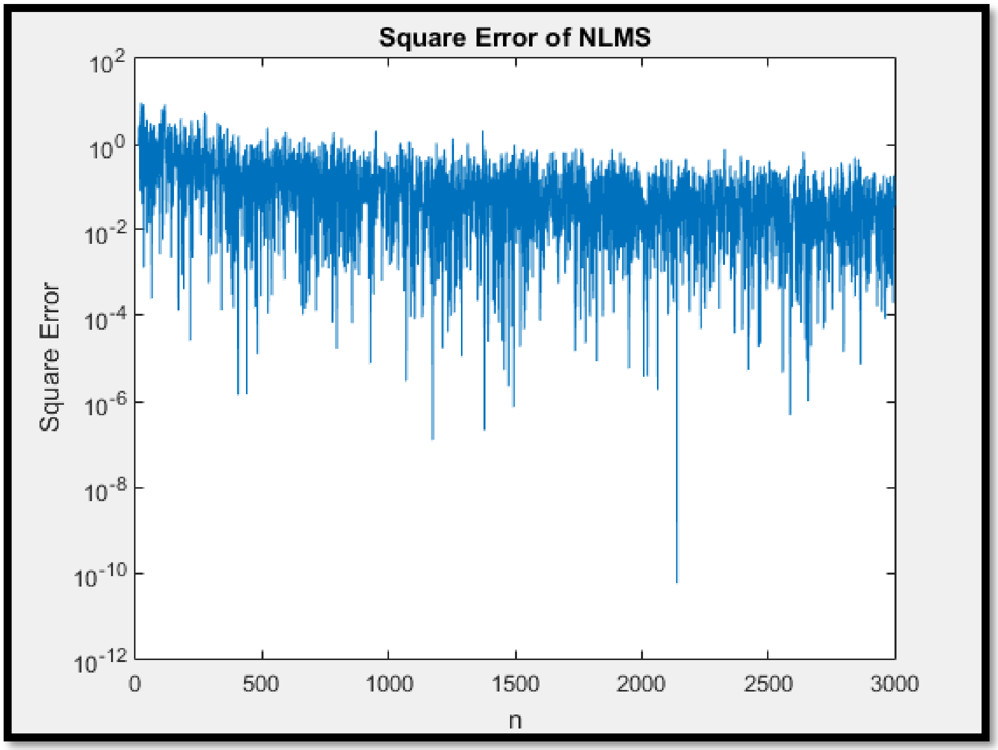
b) Στην συνέχεια φαίνονται τα διαγράμματα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος της εξόδου του φίλτρου και του σήματος που ακολουθεί η έξοδος του φίλτρου, προσεγγίζοντας τους βέλτιστους συντελεστές **Wiener** με χρήση των αλγορίθμων προσαρμογής **LMS**, **normalized LMS** & **RLS**. Στο τέλος δίνεται και ένα συγκριτικό διάγραμμα για τους 4 διαφορετικούς αλγορίθμους που υλοποιήθηκαν.

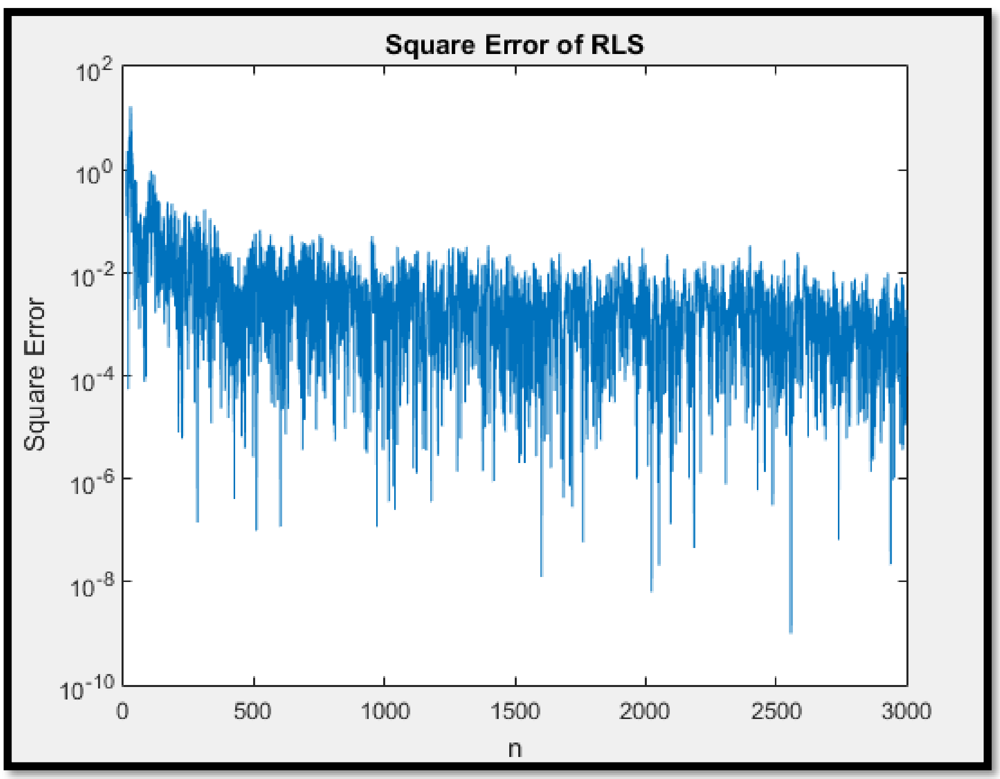
Αξίζει να σημειωθεί ότι το ελάχιστο μέσο τετραγωνικό σφάλμα προκύπτει από το φίλτρο **Wiener**. Αυτό δεν σημαίνει όμως ότι το φίλτρο αυτό είναι το καλύτερο διότι για να μπορέσουμε να υπολογίσουμε τους συντελεστές **Wiener** θα πρέπει να γνωρίζουμε τον πίνακα **R** και το διάνυσμα **p**, κάτι που δεν είναι εφικτό στην πράξη. Για αυτό τον λόγο χρησιμοποιούμε και τους αλγορίθμους προσέγγισης των βέλτιστων συντελεστών **Wiener**.

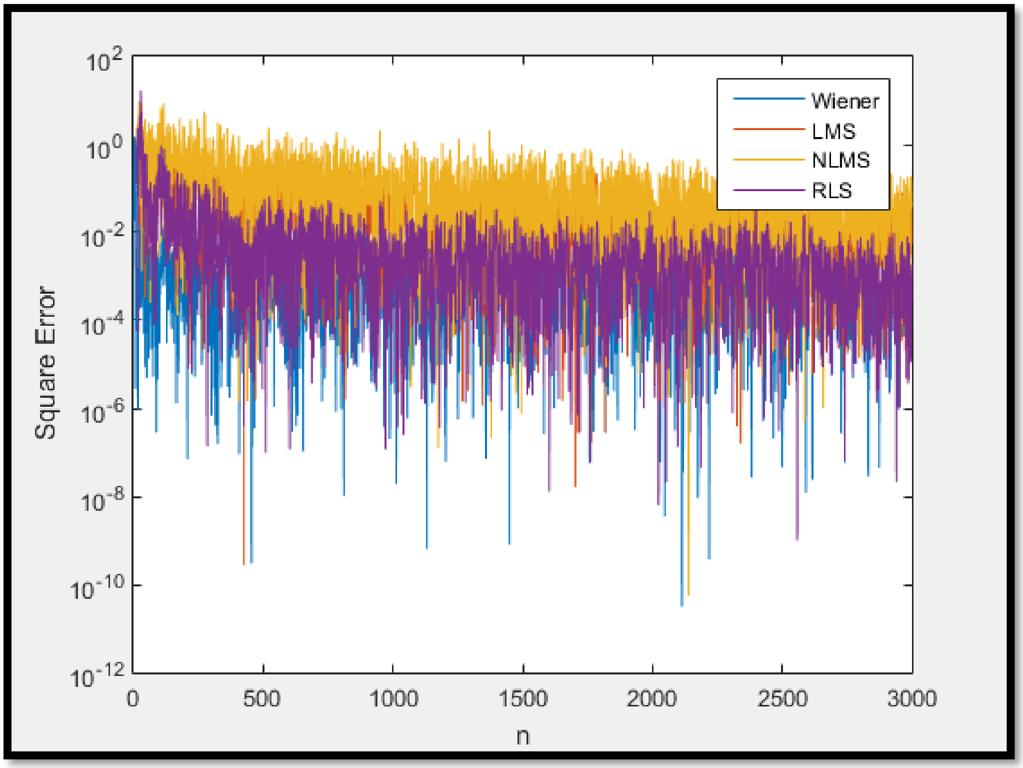
Από τους **LMS**, **NLMS**, **RLS** παρατηρούμε ότι ο **RLS** παρέχει το ελάχιστο μέσο τετραγωνικό σφάλμα. Βέβαια σημαντικό ρόλο παίζουν και οι παράμετροι που δίνουμε στους διαφορετικούς αλγορίθμους. Για αυτό το λόγο θα ήταν εύλογο να χρησιμοποιήσουμε τις βέλτιστες παραμέτρους, κάτι που δεν ζητήθηκε για αυτή την εργασία.

Ο κώδικας για το (α) και (β) ερώτημα της άσκησης αυτής βρίσκεται στο script **Echo_Cancelation.m**.




Square Error of NLMS
Square Error
n
10^2
10^0
10^-2
10^-4
10^-6
10^-8
10^-10
10^-12
0
500
1000
1500
2000
2500
3000


Square Error of RLS
Square Error
n
10^2
10^0
10^-2
10^-4
10^-6
10^-8
10^-10
0
500
1000
1500
2000
2500
3000



c) Για την απομάκρυνση των παρεμβολών από το σήμα του δεύτερου συνομιλητή χρησιμοποιήσαμε και πάλι φίλτρο **Wiener** καθώς και τους αλγορίθμους από το ερώτημα(β).

Παρατηρούμε ότι το φίλτρο **Wiener** απομακρύνει αρκετά ικανοποιητικά τις παρεμβολές, πράγμα που είναι λογικό εφόσον γνωρίζουμε τα διανύσματα **R** και **p**. Επίσης, ο αλγόριθμος **LMS** φαίνεται να απομακρύνει καλύτερα τις παρεμβολές από τον **NLMS** κάτι για το οποίο μπορεί να παίζουν λόγο και οι παράμετροι που χρησιμοποιήσαμε. Τέλος, ο **RLS** παρόλο που είναι ο πιο αποδοτικός είναι και ο πιο χρονοβόρος. Για να μπορέσουμε να έχουμε αποτέλεσμα κόψαμε τους πίνακες για να έχουμε μικρότερο ήχο καθώς και ορίσαμε την τάξη του φίλτρου σε **500** σε αντίθεση με τον αριθμό **6600** που ήταν ο ιδανικός. Δεδομένου ότι χρησιμοποιήσαμε μόνο **500 συντελεστές** και είχαμε σχεδόν αντίστοιχο αποτέλεσμα με τον **LMS**, είναι βέβαιο ότι ο **RLS** θα προσεγγίσει πολύ καλύτερα τους βέλτιστους συντελεστές **Wiener**.

Μετά την ανάλυση παρατηρούμε ότι έχει κοπεί τελείως η φωνή του κύριου **Σισμάνη** και ακούγεται πλέον μόνο η φωνή του κύριου **Πιτσιάνη**.

Ο κώδικας για αυτό το ερώτημα (γ) βρίσκεται στο αρχείο **Echo_Cancelation2.m.**

d) Αν η επιλογή του αλγορίθμου προσαρμογής στηριζόταν αποκλειστικά και μόνο στην ποιότητα του ήχου και δεν έπαιζε καθόλου ρόλο η ταχύτητα του, θα επιλέγαμε τον αλγόριθμο **RLS** για τον λόγω που εξηγήθηκε στο ερώτημα (γ).