

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Ψηφιακή Επεξεργασία Σημάτων

5-η Εργαστηριακή Άσκηση

Στοχαστικές Διαδικασίες

Διδάσκων: Εμμανουήλ Ψαράκης

Επικουρικό Έργο:

Γεωργαντόπουλος Παναγιώτης

Μπίφης Αριστείδης

Σαρτίνας Ευάγγελος

Πάτρα, Μάιος, 2020

Άσκηση 1: Ταυτοποίηση Μιγαδικού Εκθετικού Σήματος

Στο αρχείο *Noisy_expro.mat* υπάρχει μία υλοποίηση $y(n, \theta_0)$, διάρκειας $M = 10000$ δειγμάτων, της αιτιατής στοχαστικής διαδικασίας διακριτού χρόνου $y(n, \theta)$, η οποία έχει προκύψει από την δειγματοληψία (με $f_s = 32\text{KHz}$) της υπέρθεσης ενός ντετερμινιστικού μιγαδικού εκθετικού σήματος πλάτους A , συχνότητας Ω_0 και λευκού γκαουσιανού θορύβου ισχύος σ^2 .

1. Χρησιμοποιήστε τις συναρτήσεις **plot()**, **abs()** και **angle()** για να σχεδιάσετε το μέτρο και τη φάση της διατεθείσας υλοποίησης του στοχαστικού σήματος, χρησιμοποιώντας τα $M = 100$ πρώτα δείγματα του σήματος. Καταγράψτε τις παρατηρήσεις σας.
2. Εκτελέστε την εντολή **plot**($y(n, \theta_0)$) και προσπαθήστε να κατανοήσετε αυτό που βλέπετε. Καταγράψτε τις παρατηρήσεις σας.
3. Εκτελέστε την εντολή **stem**(**angle**($y(n, \theta_0)$)) και προσπαθήστε να κατανοήσετε αυτό που βλέπετε. Καταγράψτε τις παρατηρήσεις σας.
4. Υποθέστε ότι υπολογίζουμε τον $\text{DTFT}_Y(e^{j\omega}, \theta)$ της στοχαστικής διαδικασίας. Είναι προφανές ότι και ο DTFT είναι μία στοχαστική διαδικασία στο χώρο της συχνότητας. Σχολιάστε, την ακόλουθη διαδικασία η οποία ονομάζεται **Περιοδόγραμμα**:

$$P_M(e^{j\omega}, \theta) = \frac{1}{M} |Y(e^{j\omega}, \theta)|^2.$$

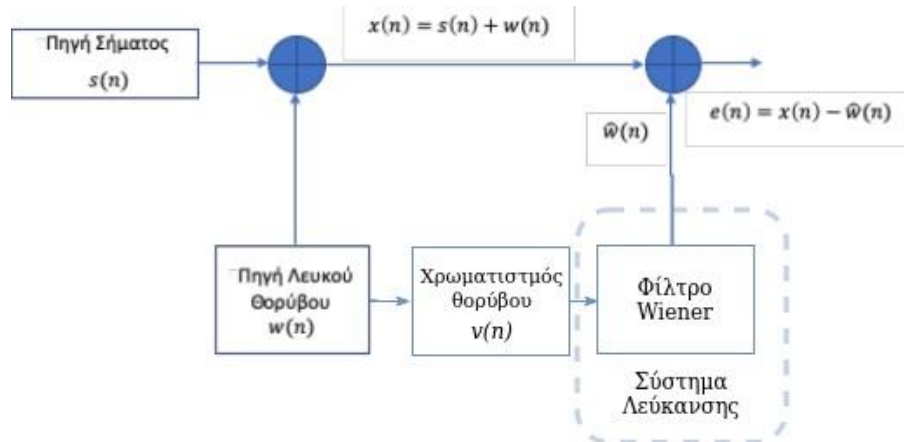
Σε ποιά ντετερμινιστική συνάρτηση τείνει η αναμενόμενη τιμή του περιοδογράμματος $P_M(e^{j\omega}, \theta)$ όταν το M τείνει στο ∞ ;

$$\lim_{M \rightarrow \infty} E[P_M(e^{j\omega}, \theta)] =;$$

5. Για τον προσεγγιστικό υπολογισμό του περιοδογράμματος, θα χρησιμοποιήσουμε την συνάρτηση **fft()** της MATLAB με $N = 2^{17}$. Χρησιμοποιώντας τις συναρτήσεις **abs()** και **fftshift()** της MATLAB σχεδιάστε το περιοδόγραμμα του στοχαστικού σήματος, για $M = 100, 500, 1000, 10000$ και:
 1. εντοπίστε πιθανές συχνότητες στις οποίες κατανέμεται η ενέργεια του ντετερμινιστικού σήματος
 2. σχολιάστε την συμπεριφορά του περιοδογράμματος για τις διαφορετικές τιμές του M που χρησιμοποιήσατε
 3. εκτιμήστε το πλάτος A του μιγαδικού εκθετικού σήματος
 4. εκτιμήστε, αν μπορείτε, την ισχύς σ^2 του θορύβου.
6. Χρησιμοποιήστε τις εκτιμήσεις πλάτους και συχνότητας και δημιουργήστε στην MATLAB το μιγαδικό εκθετικό σήμα και επαναλάβετε τις Ερωτήσεις 2 και 3. Καταγράψτε τις παρατηρήσεις σας.

Άσκηση 2: FIR Φίλτρο Wiener

Θεωρήστε το ακόλουθο σύστημα:



Σχήμα 1: Φίλτρο Wiener

όπου:

$$s(n) = \sin(\omega_0 n + \phi), \phi \sim U[0, 2\pi) \quad (1)$$

$$v(n) = \alpha v(n-1) + w(n), \alpha = 0.6, \text{ και } w(n) \sim N(0, 1) \quad (2)$$

λευκός γκαουσιανός θόρυβος.

1. Τι είδους διαδικασία περιγράφει η Σχέση (2); Χρησιμοποιώντας $\omega_0 = 0.25$ και τη συνάρτηση **randn(.)**, δημιουργείτε μερικές υλοποιήσεις της. Υπολογίστε τα φασματικά χαρακτηριστικά του χρωματισμένου θορύβου. Συμφωνούν με τα θεωρητικά αναμενόμενα;
2. Ποιά η λειτουργία του Συστήματος Λεύκανσης; Καταγράψτε την απάντησή σας.
3. Η πηγή του σήματος της Σχέσης (1) είναι ντετερμινιστική ή στοχαστική; Δικαιολογείτε την απάντησή σας. Αν η πηγή του σήματος είναι στοχαστική, είναι ασθενώς ή ισχυρώς στάσιμη πρώτης ή δεύτερης τάξης; Χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση **rand(.)**, δημιουργείτε υλοποιήσεις της και προσπαθήστε να επιβεβαιώσετε τις απαντήσεις σας και πειραματικά. Καταγράψτε τα πειράματα που κάνατε και τα αποτελέσματά σας.
4. Εκφράστε την έξοδο του FIR φίλτρου Wiener μήκους M συναρτήσει των συντελεστών της κρουστικής του απόκρισης και του χρωματισμένου θορύβου.
5. Σχεδιάστε το βέλτιστο FIR φίλτρο Wiener μήκους 2 και υπολογίστε το μέσο τετραγωνικό σφάλμα.
6. Επαναλάβετε την Ερώτηση 5 για φίλτρα μήκους 3, 4, 5, 6, υπολογίστε τα αντίστοιχα μέσα τετραγωνικά σφάλματα. Τι παρατηρείτε;

Σημείωση: Η εκφώνηση συνοδεύεται από αρχείο κειμένου στο οποίο θα συμπληρώσετε τις απαντήσεις στα διάφορα ερωτήματα που εμφανίζονται εκεί. Κρατήστε τη δομή εκείνου του αρχείου ακέραιη. Φροντίστε όπου θα συμπληρώσετε γραφήματα να φαίνονται ευκρινώς. Αφού συμπληρώσετε όλα τα ερωτήματα θα ανεβάσετε στο eclass μόνο σε μορφή αρχείου PDF την αναφορά αυτή με όνομα αρχείου αυστηρά το εξής: ΕΠΩΝΥΜΟ_ΑΜ_ΕΤΟΣ.pdf (π.χ. “ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ_1312_3.pdf”).

Κατεβάστε την MATLAB από εδώ
<https://www.upnet.gr/software/repository/>.

Ενεργοποιήστε την με την άδεια *license.dat* που θα βρείτε εδώ
<https://mussa.upnet.gr/user/index.php?action=downloadFile&fn=matlab-license>.