

Ψηφιακή Επεξεργασία Σημάτων

3-η Εργαστηριακή Άσκηση

Διδάσκοντες: Εμμανουήλ Ψαράκης, Δημήτριος Κοσμόπουλος

Επικουρικό έργο:
Στέλιος Αυλακιώτης, Παναγιώτης Κάτσος, Αλέξανδρος-
Οδυσσέας Φαρμάκης

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.mathworks.com/downloads/>.

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

Άσκηση 1: Εφαρμογές Γραμμικών και Μη Γραμμικών Φίλτρων

Θεωρήστε το σύστημα διακριτού χρόνου με την ακόλουθη κρουστική απόκριση

$$h(n) = \begin{cases} 1, & n = 0 \\ -1, & n = 1 \end{cases}$$

(α) Υπολογίστε την απόκριση συχνότητας του συστήματος:

- θεωρητικά και
- χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση **freqz()** και σχεδιάστε την

απόκριση μέτρου και φάσης. Χαρακτηρίστε την λειτουργία του.

(β) Χρησιμοποιώντας την συνάρτηση **filter()** της Matlab, δείτε και σχολιάστε την επίδραση του παραπάνω συστήματος στο παρακάτω σήμα διακριτού χρόνου

$$x(n) = \cos(\omega_0 n), \quad n = 0, 1, \dots, 1000$$

και $\omega_0 = \pi/32$. Αιτιολογήστε το αποτέλεσμα της παραπάνω επεξεργασίας.

(γ) Χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση **imread()** της MATLAB φορτώστε την εικόνα **photo.jpg** (Εικόνα (α) του σχήματος) στην μεταβλητή $I(x,y)$ και εμφανίστε την με χρήση της **imshow**.



(α) Η αρχική εικόνα



(β) Η υποβαθμισμένη εικόνα

(δ) Χρησιμοποιώντας κατάλληλα τη συνάρτηση **filter2()** και την παραπάνω κρουστική απόκριση δημιουργήστε μια συνάρτηση που θα υπολογίζει (προσεγγιστικά) και θα επιδεικνύει τις ακόλουθες ποσότητες

$$\frac{\partial I(x,y)}{\partial x}, \quad \frac{\partial I(x,y)}{\partial y}, \quad \frac{\partial^2 I(x,y)}{\partial x^2}, \quad \frac{\partial^2 I(x,y)}{\partial y^2}, \quad \frac{\partial^2 I(x,y)}{\partial x \partial y}, \quad \frac{\partial^2 I(x,y)}{\partial y \partial x}$$

Ποιά η φυσική σημασία των παραπάνω ποσοτήτων; Ορίστε νέες ποσότητες, βασιζόμενες σε αυτές, που θα μπορούσαν να χαρακτηρίσουν περιοχές (ή μεμονωμένα σημεία της εικόνας).

(ε) Χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση **filter2()** της MATLAB δείτε και χαρακτηρίστε την επίδραση του δισδιάστατου ΓΧΑ συστήματος με κρουστική απόκριση:

$$h(n_1, n_2) = \begin{cases} (2N+1)^{-2}, & 0 \leq n_1 \leq 2N, \quad 0 \leq n_2 \leq 2N \\ 0, & \text{αλλού} \end{cases}$$

στην εικόνα. Δοκιμάστε διάφορες τιμές του N . Αιτιολογήστε τα αποτελέσματά σας.

(στ) Επαναλάβετε τα του προηγούμενου ερωτήματος στην εικόνα **photo-deg.jpg** (Εικόνα (β) του σχήματος) η οποία έχει υποβαθμιστεί από κρουστικό θόρυβο (γνωστός ως *salt and pepper*

noise). Καταγράψτε τα σχόλιά σας.

(ζ) Χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση **medfilt2**(·)¹ της MATLAB, δείτε και χαρακτηρίστε την επίδραση, στην παραπάνω εικόνα, του ακόλουθου δισδιάστατου συστήματος²

$$I(n_1, n_2) = \text{median}(I(n, m)), \quad n_1 - N \leq n \leq n_1 + N, \quad n_2 - N \leq m \leq n_2 + N$$

Δοκιμάστε έξι (6) διαφορετικές τιμές του $N = 1, 2, 3, 4, 5, 6$. Δικαιολογήστε τα αποτελέσματά σας.

Άσκηση 2: Εξαγωγή Μουσικής Νότας από Ακολουθία Εικόνων

Στο αρχείο *500fps.avi*, που σας δίνεται, υπάρχει ένα βίντεο που έχει καταγραφεί με συχνότητα δειγματοληψίας $fs = 500\text{Hz}$, στο οποίο εμφανίζεται η ταλάντωση μιας χορδής της κιθάρας.

(α) Χρησιμοποιήστε τις συναρτήσεις **VideoReader**(·) και **readFrame**(·) της MATLAB, για να φορτώσετε το βίντεο σειριακά σε μορφή ακολουθίας εικόνων.

(β) Καταγράφοντας την τιμή της φωτεινότητας κάποιων εικονοστοιχείων που θα επιλέξετε κατάλληλα, εντοπίστε την θεμελιώδη συχνότητα ταλάντωσης της χορδής. Πόσο ακριβείς είναι οι υπολογισμοί σας; Μπορείτε να εντοπίσετε τις αρμονικές συχνότητες;

(γ) Σχεδιάστε, με την βοήθεια των συναρτήσεων **plot**(·), **fftshift**(·), **fft**(·) και **abs**(·), την κυματομορφή της φωτεινότητας του προηγούμενου ερωτήματος και το συχνοτικό του περιεχόμενο, που σας οδήγησαν στην απάντησή σας.

(δ) Επαναλάβετε την παραπάνω διαδικασία για το αρχείο *500fps_noisy.avi*, στο οποίο έχει προστεθεί κρουστικός θόρυβος. Χρησιμοποιήστε κατάλληλα τα φίλτρα της προηγούμενης άσκησης ώστε να ανακτήσετε τα επιθυμητά αποτελέσματα.

¹ Το σύστημα που υλοποιείται στη συνάρτηση αυτή ονομάζεται φίλτρο ενδιάμεσης τιμής (median filter) και έχει την δυνατότητα να αποκόπτει τον κρουστικό θόρυβο και να διατηρεί τις απότομες αλλαγές του σήματος. Ανήκει σε μια μεγάλη κατηγορία μη γραμμικών συστημάτων (αποδείξτε το) που είναι γνωστά ως φίλτρα ταξινομημένων δειγμάτων (order statistics)

² Η ενδιάμεση τιμή (median) ενός καταλόγου M αριθμών υπολογίζεται ως εξής. Πρώτα ταξινομούμε τον κατάλογο και στη συνέχεια επιλέγουμε τον μεσαίο (αν το M είναι περιττός) ή την αριθμητική μέση τιμή των δύο μεσαίων αριθμών (αν το M είναι άρτιος) του ταξινομημένου καταλόγου.