

Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας

-Εργασία 2-

Φίλτρα Wiener και ανακατασκευή παραμορφωμένων εικόνων

A. Ντελόπουλος

Άνοιξη 2016

Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία ασχολείται με την αντιστροφή της ανεπιθύμητης παραμόρφωσης που εισάγει στις εικόνες, $x(n_1, n_2)$ ένας μηχανισμός, h , που μοντελοποιείται ως ΓρΧωρΑν:

$$y(n_1, n_2) = [h * x](n_1, n_2) \quad (1)$$

$$= \sum_{k_1, k_2} h(k_1, k_2) x(n_1 - k_1, n_2 - k_2), \quad (n_1, n_2) \in Z^2 \quad (2)$$

Αρχικά, εξετάζεται η απλή χρήση του αντίστροφου φίλτρου

$$G(\omega_1, \omega_2) = H^{-1}(\omega_1, \omega_2) \quad (3)$$

όπου $H(\omega_1, \omega_2)$ η συνάρτηση μεταφοράς του μηχανισμού παραμόρφωσης (δηλαδή ο DFT της κρουστικής απόκρισης $h(n_1, n_2)$).

Στη συνέχεια επιδιώκεται η αντιμετώπιση του προβλήματος στην (πολύ συνηθισμένη) περίπτωση όπου στην παραμορφωμένη εικόνα έχει προστεθεί και τυχαίος θόρυβος, δηλαδή αντί της $y(n_1, n_2)$, είναι διαθέσιμη η,

$$z(n_1, n_2) = [h * x](n_1, n_2) + v(n_1, n_2) \quad (4)$$

Σε αυτή την περίπτωση εξετάζεται η χρήση του φίλτρου Wiener,

$$G(\omega_1, \omega_2) = \frac{H^*(\omega_1, \omega_2)}{\|H(\omega_1, \omega_2)\|^2 + \frac{S_v(\omega_1, \omega_2)}{S_x(\omega_1, \omega_2)}} \quad (5)$$

$$\approx \frac{H^*(\omega_1, \omega_2)}{\|H(\omega_1, \omega_2)\|^2 + 1/K} \quad (6)$$

Σημαντική συνιστώσα της εργασίας είναι η εκτίμηση της κρουστικής απόκρισης (ή της συνάρτησης μεταφοράς) του μηχανισμού παραμόρφωσης $h(k_1, k_2)$ (ή $H(\omega_1, \omega_2)$). Το σενάριο που διερευνάται στην παρούσα εργασία θεωρεί ότι ένας μηχανισμός παραμόρφωσης επιδρά σε ένα σύνολο εικόνων. Γνωρίζοντας την παραμορφωμένη αλλά και την αρχική εκδοχή μίας (ή μερικών) από τις εικόνες επιδιώκεται η αποκατάσταση (αναίρεση

της παραμόρφωσης) όλων των εικόνων. Εξετάζονται χωριστά οι περιπτώσεις όπου οι παραμορφωμένες εικόνες είναι διαθέσιμες χωρίς ή με θόρυβο.

Επισημαίνεται ότι επειδή τα δεδομένα είναι εικόνες υπό μορφή πινάκων, δηλαδή σήματα πεπερασμένων διαστάσεων, οι χρησιμοποιούμενοι μετασχηματισμοί Fourier είναι της μορφής DFT και όχι DSFT. Συνεπώς απαιτείται προσεκτικός χειρισμός στην αντιστοίχιση μεταξύ της χωρικής συνέλιξης και του πολλαπλασιασμού στο πεδίο της συχνότητας.

1 Εκτίμηση του Μηχανισμού Παραμόρφωσης

Στην ενότητα αυτή θα υποθέσουμε ότι γνωρίζουμε την αρχική εικόνα x και την παραμορφωμένη εκδοχή της $y = h * x$ και επιθυμούμε να ανακαλύψουμε (εκτιμήσουμε) το μηχανισμό παραμόρφωσης h .

1.1 Παραμετρική εκτίμηση του μηχανισμού παραμόρφωσης στο πεδίο του χώρου (1 μονάδα)

Για το πλαίσιο της εργασίας, θεωρούμε ότι ο μηχανισμός παραμόρφωσης προέρχεται από κίνηση της κάμερας την ώρα της έκθεσης. Το αποτέλεσμα αυτό προσομοιώνεται στο Matlab με τη χρήση φίλτρου `motion blur`, το οποίο παράγεται αυτόματα από την `fspecial`. Κατασκευάστε τη συνάρτηση

$$h = \text{estMask}(x, y)$$

που υπολογίζει την h , κάνοντας αναζήτηση των παραμέτρων `len` και `ang` της συνάρτησης `fspecial('motion', len, ang)` που προσδιορίζουν την μάσκα του φίλτρου. Οι εικόνες x και y πρέπει να είναι μεταξύ τους ευθυγραμμισμένες. Για τα πειράματά σας χρησιμοποιήστε το ζεύγος εικόνων `x1` και `y1` του αρχείου `images.mat` που σας δίνεται.

2 Αντίστροφο φίλτρο

2.1 Αντιστροφή φίλτρου όταν είναι γνωστή η αρχική και η παραμορφωμένη εικόνα (2 μονάδες)

Στην ενότητα αυτή υποθέτουμε ότι διαθέτουμε ένα ζεύγος αρχικής και παραμορφωμένης εικόνας, `x1` και `y1` αντίστοιχα, καθώς επίσης και μία παραμορφωμένη εικόνα `y2` η οποία έχει προκύψει από την εικόνα `x2` (την οποία όμως δεν διαθέτουμε). Επιπλέον, υποθέτουμε ότι ο μηχανισμός παραμόρφωσης είναι ο ίδιος και για τις δύο περιπτώσεις, και αντιστοιχεί σε ένα σύστημα ΓραΧωρΑν όπως αυτό της εξίσωσης 1, και είναι το ίδιο με αυτό της ενότητας 1.1. Να κατασκευάσετε τη συνάρτηση

$$x2_{\text{hat}} = \text{invfilter}(y2, h, \text{isMask})$$

η οποία υπολογίζει την εκτίμηση \hat{x}_2 της x_2 . Αν η boolean μεταβλητή `isMask` είναι `true` τότε η h είναι η εκτίμηση της μάσκας παραμόρφωσης, ενώ αν είναι η `isMask` είναι `false` η μεταβλητή h είναι η συνάρτηση μεταφοράς της μάσκας, και θα πρέπει να είναι ίδιων διαστάσεων με την `y2` (στην ενότητα αυτή θα χρησιμοποιήσετε την συνάρτηση με `isMask==true`). Σε κάθε περίπτωση η h έχει προκύψει από το ζεύγος `x1` και `y1`. Χρησιμοποιήστε την εικόνα `x2` μόνο για να συγκρίνετε το αποτέλεσμα σας με την αρχική εικόνα. Οι εικόνες βρίσκονται στο αρχείο `images.mat`.

2.2 Αντιστροφή φίλτρου και θόρυβος (2 μονάδες)

Επεκτείνοντας το προηγούμενο σενάριο, προσθέτουμε λευκό θόρυβο στην εικόνα y_2 , και προκύπτει η εικόνα y_{2n} . Για τα πλαίσια της εργασίας, χρησιμοποιήστε τη σχέση

$$y_{2n} = y_2 + a * \text{randn}(\text{size}(y_2));$$

όπου η παράμετρος a καθορίζει το πλάτος του σήματος θορύβου. Επαναλάβετε το πείραμα της προηγούμενης ενότητας για τιμές της παραμέτρου a ίσες με 10^i , $i = -7, -6, -5, -4$, και παρουσιάστε τα συμπεράσματά σας.

3 Φίλτρο Wiener

3.1 Φίλτρο Wiener: Αναίρεση της παραμόρφωσης παρουσία θορύβου (3 μονάδες)

Στην ενότητα αυτή, αντί να χρησιμοποιήσετε το αντίστροφο φίλτρο το οποίο εκτιμήσατε στα προηγούμενα ερωτήματα, θα χρησιμοποιήσετε το φίλτρο Wiener.

Κατασκευάστε τη συνάρτηση

$$G = \text{wienerfilter}(H, K)$$

η οποία υπολογίζει ένα φίλτρο Wiener. Συγκεκριμένα, επιστρέφει την κατάλληλη δειγματοληπτημένη (στη συχνότητα) συνάρτηση μεταφοράς G , με διαστάσεις ίδιες προς τον πίνακα H , όπου H είναι η συνάρτηση μεταφοράς του ΓραΧωρΑν μετασχηματισμού που έχει παραμορφώσει τις αρχικές εικόνες, και K η παράμετρος του φίλτρου.

Στη συνέχεια, θα επαναλάβετε τα πειράματα της ενότητας 2. Χρησιμοποιήστε τις εικόνες x_1 και y_1 για να κατασκευάσετε το κατάλληλο φίλτρο Wiener, και την `invfilter` για να ανακατασκευάσετε την x_{2hat} από την y_2 .

Στο επόμενο στάδιο, προσθέστε λευκό θόρυβο στην y_2 σύμφωνα με την εξίσωση της ενότητας 2.2, για τις τιμές της παραμέτρου a ίσες με 10^i , $i = -7, -6, \dots, 1$ (και θεωρούμε ότι η εικόνα y_2 δεν είναι πλέον διαθέσιμη). Για κάθε τιμή της παραμέτρου a κατασκευάστε την καμπύλη $e(K)$, όπου e είναι το μέσο τετραγωνικό σφάλμα ανακατασκευής $x_2 - x_{2hat}$, για τιμές του $K = 10^i$ με $i = -10, -9.5, -9, \dots, 9.5, 10$. Παρουσιάστε τις καμπύλες σε ένα γράφημα και σχολιάστε τα αποτελέσματα. Μπορείτε να λογαριθμήσετε τους άξονες του γραφήματος.

Σχολιάστε θεωρητικά την συμπεριφορά του φίλτρου Wiener όταν $K \rightarrow 0^+$ και όταν $K \rightarrow +\infty$.

3.2 Όταν τα πράγματα χειροτερεύουν ακόμη περισσότερο - Εκτίμηση και της παραμόρφωσης H παρουσία θορύβου (2 μονάδες)

Στο σενάριο αυτό, λευκός ομοιόμορφα κατανεμημένος θόρυβος προστίθεται όχι μόνο στην y_2 αλλά και στην y_1 , χρησιμοποιώντας και πάλι την εξίσωση 2.2. Έτσι προκύπτουν οι y_{1n} και y_{2n} , και θεωρούμε και πάλι πως οι y_1 και y_2 δεν είναι πλέον διαθέσιμες. Συνεπώς, η εκτίμηση της συνάρτησης μεταφοράς του αρχικού φίλτρου που προκαλεί την παραμόρφωση δεν θα είναι τόσο ακριβής όσο μέχρι τώρα.

Επαναλάβετε την ανάλυση της προηγούμενης ενότητας 3.1. Θεωρήστε ότι η παράμετρος a είναι κοινή και για τις δύο εικόνες y_{1n} και y_{2n} . Παρουσιάστε το ίδιο γράφημα που περιγράφεται στην ενότητα 3.1 και σχολιάστε τα αποτελέσματα. Επίσης, παρουσιάστε σύγκριση μεταξύ της εκτίμησης της αρχικής εικόνας x_1 όταν η εκτίμηση του συστήματος παραμόρφωσης γίνεται με ή χωρίς παρουσία θορύβου.

Στη συνέχεια, προσθέστε ένα στάδιο προεπεξεργασίας της εικόνας y_{1n} ώστε να μειώσετε, όσο είναι δυνατό, την επίδραση του θορύβου στην εκτιμώμενη συνάρτηση μεταφοράς H και σχολιάστε αν υπάρχει βελτίωση στο αποτέλεσμα.

Παραδοτέα

Παραδώστε μία αναφορά με τις περιγραφές και τα συμπεράσματα που σας ζητούνται στην εκφώνηση. Έμφαση θα πρέπει να δοθεί στη θεωρητική υποστήριξη των αποτελεσμάτων σας, και όχι στην προγραμματιστική. Επίσης, ο κώδικας θα πρέπει να είναι σχολιασμένος ώστε να είναι κατανοητό τι ακριβώς λειτουργία επιτελεί (σε θεωρητικό επίπεδο, όχι σε επίπεδο κλίσης συναρτήσεων).

Επίσης:

- Υποβάλετε ένα και μόνο αρχείο, τύπου zip.
- Το όνομα του αρχείου πρέπει να είναι `AEM1.zip`, όπου `AEM1` είναι το `AEM` του φοιτητή της ομάδας.
- Το προς υποβολή αρχείο πρέπει να περιέχει τα αρχεία κώδικα Matlab και το αρχείο `report.pdf` το οποίο θα είναι η αναφορά της εργασίας.
- Η αναφορά πρέπει να είναι ένα αρχείο τύπου PDF, και να έχει όνομα `report.pdf`.
- Μην υποβάλετε αρχεία που δεν χρειάζονται για την λειτουργία του κώδικά σας, ή φακέλους/αρχεία που δημιουργεί το λειτουργικό σας, πχ ```Thumbs.db```, ```.DS_Store```, ```.directory```.
- Για την ονομασία των αρχείων, φακέλων, κλπ που περιέχονται στο προς υποβολή αρχείο, χρησιμοποιείτε μόνο αγγλικούς χαρακτήρες, και όχι ελληνικούς ή άλλα σύμβολα, πχ ```#```, ```$```, ```%``` κλπ.
- Όλα τα αρχεία κώδικα πρέπει να είναι αρχεία κειμένου τύπου UTF-8.