

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής

**ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ**

**ΑΝΑΦΟΡΑ ΒΑΣΙΣΜΕΝΗ ΣΤΗΝ**

**3Η ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ**

ΑΓΓΕΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΠΟΤΑΜΙΑΝΟΣ

Α.Μ. 1084537

up1084537@ac.upatras.gr

Πάτρα, 2025

**Εκμάθηση Λεξικού Αραιή Κωδικοποίηση**

|  |
| --- |
| **Στο πλαίσιο αυτής της άσκησης, θεωρείστε ότι το λεξικό σας είναι ήδη εκπαιδευμένο µε τις training εικόνες από την προηγούμενη άσκηση (ϑα το βρείτε στο αρχείο Dict.mat). Επίσης, σας δίνονται οι συναρτήσεις OMP και DL. Καλείστε να:**  **1. Υλοποιήσετε, στο περιβάλλον Matlab (και Python(bonus)), τον αλγόριθµο αποϑορυβοποίησης/ενδοσυµπλήρωσης όπως αυτός παρουσιάστηκε παραπάνω.**  **2. (Denoising) Παρουσιάστε την αρχική, την ενθόρυβη και την τελική αποθορυβοποιηµένη έκδοση κάθε testing εικόνας, σε κοινό διάγραµµα.**  **3. (Denoising) ∆ώστε σε πίνακα ή διάγραµµα το συνολικό µέσο τετραγωνικό σφάλµα ανακατασκευής κάθε εικόνας για SNR: 0dB, 20dB, 50dB και 100dB. Εξηγείστε τα αποτελέσµατά σας.**  **4. (Inpainting) Παρουσιάστε την αρχική, την εικόνα µε την εκλείπουσα πληροφορία και την τελική ανακτηµένη έκδοση κάθε testing εικόνας, σε κοινό διάγραµµα.**  **5. (Inpainting) ∆ώστε σε πίνακα ή διάγραµµα το συνολικό µέσο τετραγωνικό σφάλµα ανάκτησης κάθε εικόνας για SNR: 0dB, 20dB, 50dB και 100dB. Εξηγείστε τα αποτελέσµατά σας.** |

**Για την άσκηση χρησιμοποιήθηκε το δικό μου D.mat που παρήχθη από την εκτέλεση των epochs=100 - T0=5 - K=512 και epochs=200 - T0=5 - K=128**

**Σχολιασμός αποτελεσμάτων αποθορυβοποίησης εικόνων**

Η αποθορυβοποίηση εικόνων που πραγματοποιήθηκε βασίζεται στη χρήση ενός λεξικού με αραιές αναπαραστάσεις, το οποίο προέκυψε από προηγούμενη εκπαίδευση. Στη διαδικασία της αποθορυβοποίησης, η ανακατασκευή της εικόνας πραγματοποιήθηκε με την εφαρμογή του αλγορίθμου Orthogonal Matching Pursuit (OMP) σε διακριτά τμήματα (blocks) μεγέθους , με επίπεδο αραίωσης .

|  |
| --- |
| epochs=200 - T0=5 - K=128 |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

|  |
| --- |
| epochs=100 - T0=5 - K=512 |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

**Παρατηρήσεις ανά εικόνα (Denoising):**

1. **Εικόνα γάτας (cat\_known.jpg & cat\_unknown.jpg)**:
   * Σε πολύ χαμηλό SNR (0 dB), η εικόνα εμφανίζει έντονο θόρυβο που επικαλύπτει σχεδόν πλήρως τη λεπτομέρεια, με το σήμα να είναι μόλις ορατό.
   * Η εφαρμογή του αλγορίθμου επιφέρει σημαντική βελτίωση, αναδεικνύοντας τα βασικά χαρακτηριστικά και το περίγραμμα της εικόνας, με εμφανή όμως υπολειπόμενα στοιχεία θορύβου.
   * Για υψηλότερες τιμές SNR (20, 50 και 100 dB), οι εικόνες θορύβου είναι πολύ κοντά στην αρχική εικόνα και η ανακατασκευή αποδίδει εξαιρετικά αποτελέσματα, με τις λεπτομέρειες του προσώπου της γάτας να είναι πολύ σαφείς και η ποιότητα της εικόνας ιδιαίτερα υψηλή.
2. **Εικόνα πεδίου (field.jpg)**:
   * Το τοπίο εμφανίζει μεγαλύτερη ευαισθησία στον θόρυβο σε χαμηλές τιμές SNR λόγω των λεπτομερειών και της ομοιομορφίας περιοχών όπως το νερό και ο ουρανός.
   * Παρότι η αποθορυβοποίηση είναι αποτελεσματική στη διατήρηση της γενικής δομής, μικρές λεπτομέρειες του ουρανού και της αντανάκλασης στο νερό χάνονται ή αλλοιώνονται, ιδιαίτερα στο επίπεδο των 0 dB.
   * Σε μεγαλύτερες τιμές SNR, η εικόνα ανακτάται με εξαιρετικά υψηλή ποιότητα.
3. **Εικόνα παραθαλάσσιου τοπίου (floathouse.jpg)**:
   * Και εδώ διαπιστώνεται υψηλή επίδοση της αποθορυβοποίησης στα μεγαλύτερα επίπεδα SNR, με εμφανή προβλήματα όμως σε χαμηλά επίπεδα (0 dB).
   * Η απουσία έντονων περιγραμμάτων δυσκολεύει περαιτέρω τη διαδικασία αποθορυβοποίησης, η οποία αποδίδει καλύτερα σε δομές με σαφή όρια.

**Συγκεντρωτική αποτίμηση αποτελεσμάτων (Denoising):**

Το διάγραμμα μέσου τετραγωνικού σφάλματος (MSE) υποδεικνύει σαφώς ότι για όλες τις εικόνες, καθώς αυξάνεται το SNR, μειώνεται δραματικά και το σφάλμα ανακατασκευής. Το υψηλό MSE σε χαμηλά επίπεδα SNR αντανακλά την αυξημένη δυσκολία στην αξιόπιστη ανακατασκευή των λεπτομερειών λόγω ισχυρού θορύβου. Αντίθετα, σε υψηλότερα SNR, τα αποτελέσματα πλησιάζουν την τέλεια ανακατασκευή (MSE σχεδόν μηδενικό).

**Σχολιασμός αποτελεσμάτων ενδοσυμπλήρωσης (Inpainting)**

Η ενδοσυμπλήρωση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του ίδιου προεκπαιδευμένου λεξικού, καλύπτοντας ποσοστά εκλείπουσας πληροφορίας (10%, 20%, 50%, και 90%). Και εδώ χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος OMP με σταθερή αραιότητα .

**Παρατηρήσεις ανά εικόνα (Inpainting):**

1. **Εικόνα μαύρης γάτας (cat\_known.jpg)**:
   * Σε υψηλό ποσοστό έλλειψης πληροφορίας (90%), η εικόνα παρουσιάζει σοβαρή υποβάθμιση, με τη διαδικασία ανακατασκευής να αποτυγχάνει στην ανάδειξη λεπτών χαρακτηριστικών, αλλά διατηρώντας τη γενική γεωμετρία.
   * Μικρότερα ποσοστά έλλειψης (10% και 20%) οδηγούν σε σχεδόν τέλεια ανακατασκευή, με μικρές οπτικές διαφοροποιήσεις να είναι ορατές μόνο υπό προσεκτική εξέταση.
2. **Εικόνα γάτας με φόντο (cat\_unknown.jpg)**:
   * Παρουσιάζει ανάλογη συμπεριφορά, με τα υψηλότερα ποσοστά έλλειψης (50%, 90%) να επιφέρουν σημαντικές παραμορφώσεις, ιδιαίτερα σε λεπτές υφές και μικρές λεπτομέρειες (τρίχωμα, μάτια).
   * Στα χαμηλότερα επίπεδα έλλειψης (10% και 20%), η αποκατάσταση είναι εντυπωσιακή, με τη συνολική εικόνα να εμφανίζεται σχεδόν ίδια με την αρχική.
3. **Εικόνα τοπίου (field.jpg & floathouse.jpg)**:
   * Οι μεγάλες περιοχές με ομοιογενείς υφές δυσκολεύουν τη διαδικασία, ιδιαίτερα σε μεγάλα ποσοστά έλλειψης.
   * Ειδικά στην περίπτωση του 90%, η ανακατασκευή διατηρεί μόνο τη βασική δομή χωρίς λεπτομέρειες, ενώ σε χαμηλότερα ποσοστά (10%, 20%), οι εικόνες είναι εξαιρετικά κοντά στο πρωτότυπο.

**Συγκεντρωτική αποτίμηση αποτελεσμάτων (Inpainting):**

Το διάγραμμα μέσου τετραγωνικού σφάλματος ενδοσυμπλήρωσης επιβεβαιώνει την παρατηρούμενη τάση: όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό της εκλείπουσας πληροφορίας, τόσο μεγαλύτερο είναι το σφάλμα ανακατασκευής. Είναι αξιοσημείωτο πως οι εικόνες με έντονες δομές και υψηλή αντίθεση (π.χ. γάτες με έντονα μάτια) ανακατασκευάζονται καλύτερα από εικόνες με ήπιες μεταβάσεις και λιγότερο έντονα περιγράμματα (π.χ. πεδία ή ορίζοντες).

**Συμπερασματικές παρατηρήσεις:**

Η εφαρμογή των τεχνικών αποθορυβοποίησης και ενδοσυμπλήρωσης με χρήση αραιών αναπαραστάσεων και του αλγορίθμου OMP εμφανίζει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα υπό προϋποθέσεις. Τα κυριότερα ευρήματα είναι ότι:

* Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου μειώνεται σημαντικά όταν ο θόρυβος ή η έλλειψη πληροφορίας είναι πολύ υψηλή.
* Οι εικόνες που περιέχουν σαφή περιγράμματα και έντονες δομές ανακατασκευάζονται καλύτερα.
* Σε υψηλότερα επίπεδα SNR ή μικρότερα ποσοστά έλλειψης, η ακρίβεια της μεθόδου είναι σχεδόν τέλεια.

Οι παραπάνω παρατηρήσεις αναδεικνύουν τη χρησιμότητα αλλά και τους περιορισμούς της προσέγγισης αραιών αναπαραστάσεων σε πραγματικές εφαρμογές ψηφιακής επεξεργασίας εικόνων. Η γνώση αυτή μπορεί να αξιοποιηθεί ώστε να επιλεχθούν καταλληλότερες μέθοδοι ανάλογα με τις απαιτήσεις και τους περιορισμούς της εκάστοτε εφαρμογής.