

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

# ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

---

## ΑΠΟΘΡΥΒΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΕΝΔΟΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΕΙΚΟΝΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΛΕΞΙΚΟΥ

Διδάσκων: Αναπλ. Καθηγητής Εμμανουήλ Ζ. Ψαράκης  
Επικουρικό έργο: Ευάγγελος Σαρτίνας, Παναγιώτης Γεωργαντόπουλος

Πάτρα Οκτώβριος 2021



## ΕΝΘΟΥΡΥΒΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Όπως είδαμε στην προηγούμενη άσκηση, οποιαδήποτε δεδομένα  $Y \in \mathbb{R}^{n \times N}$  με τη χρήση ενός λεξικού  $D \in \mathbb{R}^{n \times K}$  ενέχουν μία προσεγγιστική αραιή κωδικοποίηση  $X \in \mathbb{R}^{K \times N}$ , τέτοια ώστε:

$$Y \approx DX = \sum_{k=1}^K \sigma_k \mathbf{d}_k \mathbf{x}_k^t.$$

Εξετάζοντας περεταίρω τη προσέγγιση που επιχειρεί η  $KSVD$  [1], ώστε να αντικαταστήσει τα τάξης-1 μητρώα  $\mathbf{d}_k \mathbf{x}_k^t$  με την ανάλυση  $SVD$  του  $E_k$ , βλέπουμε ότι αυτά τα μητρώα σταθμίζονται από τις ιδιάζουσες τιμές του μητρώου  $E_k$ .

Στη συνέχεια θα δούμε πώς μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το λεξικό, το οποίο θεωρούμε ότι είναι διαθέσιμο, σε δύο (2) πολύ γνωστές εφαρμογές της επεξεργασίας σημάτων και συγκεκριμένα την *αποθορυβοποίηση* (*denoising*) [2] και την *ενδοσυμπλήρωση* (*inpainting*) [3].

## ΑΠΟΘΟΥΡΥΒΟΠΟΙΗΣΗ

Μέχρι τώρα είναι ξεκάθαρο πως ένα λεξικό εκπαιδεύεται βάσει των δεδομένων που χρησιμοποιούμε. Εάν τα δεδομένα αυτά θεωρούμε ότι είναι αντιπροσωπευτικές υλοποιήσεις κάποιας τυχαίας διαδικασίας, τότε το λεξικό μπορεί να αναπαραστήσει με πολύ μικρό σφάλμα αυτές τις υλοποιήσεις και οποιαδήποτε άλλη υλοποίηση αυτής. Ωστόσο, εάν προσπαθήσουμε να αναπαραστήσουμε ενθόρυβες υλοποιήσεις της, τότε το λεξικό θα μπορεί να αναπαραστήσει μόνο ό,τι αφορά την αρχική πληροφορία χωρίς τον θόρυβο. Σε αυτό ακριβώς μπορούμε να βασιστούμε για την αποθορυβοποίηση με χρήση λεξικού.

## ΕΝΔΟΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ

Σε πολλές περιπτώσεις για πολλούς και διαφορετικούς λόγους, τα δεδομένα είναι ελλιπή και τίθεται το θέμα πώς μπορούμε να εκτιμήσουμε τις τιμές των ελλειπόντων δεδομένων. Για παράδειγμα πολλές φορές, η φωτεινότητα των εικονοστοιχείων (*pixel*) είναι άγνωστες και θεωρούμε ότι έχουν την τιμή 0. Η τυχαιότητα των θέσεων αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην επιτυχή λύση του προβλήματος. Αν λείπουν οι τιμές διαδοχικών εικονοστοιχείων η συμπλήρωση των τιμών τους, που γίνεται βάση των τιμών των γειτονικών τους θα γίνεται όλο και πιο αναξιόπιστη.

---

### Algorithm Denoising/Inpainting with DL

---

*Input* :  $D \in \mathbb{R}^{n \times K}, Y \in \mathbb{R}^{n \times N}, \epsilon, T_0 \in \mathbb{R}$

*Output* :  $Y^* \in \mathbb{R}^{n \times N}$

**for**  $i = 1 : N$  **do**

$X(:, i) \leftarrow OMP(D, y, T_0, \epsilon)$

$Y^* \leftarrow DX$

**return**  $Y^*$

---

## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

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*) Δώστε σε πίνακα ή διάγραμμα το συνολικό μέσο τετραγωνικό σφάλμα ανακατασκευής κάθε εικόνας για *SNR*: *0dB*, *20dB*, *50dB* και *100dB*. Εξηγήστε 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*) Δώστε σε πίνακα ή διάγραμμα το συνολικό μέσο τετραγωνικό σφάλμα ανάκτησης κάθε εικόνας για *SNR*: *0dB*, *20dB*, *50dB* και *100dB*. Εξηγήστε τα αποτελέσματά σας.

Για δική σας διευκόλυνση και για να βεβαιωθείτε ότι υλοποιήσατε σωστά τους αλγόριθμους της Άσκησης 1, σας δίνονται οι κώδικες των *OMP*, *DL*, *KSVD* στα αντίστοιχα *.m* αρχεία. Επίσης σας δίνονται έτοιμα τα αρχεία, *Y\_train.mat*, *Y\_test.mat*, *D.mat* και *X.mat*, για τα αντίστοιχα μητρώα, όπως αυτά περιγράφηκαν στη πρώτη άσκηση, καθώς και το αρχείο *dispD.m* για την οπτικοποίηση του εκπαιδευμένου λεξικού.

1. Για την επιλογή των εκλειπόντων εικονοστοιχείων στις *testing* εικόνες επιλέξτε ομοιόμορφη χωρική κατανομή.
1. Για την δημιουργία ενθόρυβων *testing* εικόνων χρησιμοποιήστε κανονική κατανομή.

# Βιβλιογραφία

- [1] Michal Aharon, Michael Elad, and Alfred Bruckstein. K-svd: An algorithm for designing overcomplete dictionaries for sparse representation. *IEEE Transactions on signal processing*, 54(11):4311–4322, 2006.
- [2] Michael Elad and Michal Aharon. Image denoising via sparse and redundant representations over learned dictionaries. *IEEE Transactions on Image processing*, 15(12):3736–3745, 2006.
- [3] Min-Sung Koh and Esteban Rodriguez-Marek. Turbo inpainting: Iterative k-svd with a new dictionary. In *2009 IEEE International Workshop on Multimedia Signal Processing*, pages 1–6. IEEE, 2009.