

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΗΥ-570: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΩΝ

Πρόταση Σχεδιαγράμματος Διδασκαλίας Μαθήματος

Διδάσκων:	Δρ. Γρηγόριος Τσαγκατάκης e-mail: greg@ics.forth.gr www: http://users.ics.forth.gr/~greg/
Βοηθοί Διδασκαλίας:	Κωνσταντίνα Φωτιάδου kfot@csd.uoc.gr Μιχάλης Γιαννόπουλος mgiannopoulos@csd.uoc.gr
Προαπαιτούμενα:	ΗΥ-370 Ψηφιακή Επεξεργασία Σημάτων, ΗΥ-217 Θεωρία Πιθανοτήτων, ΗΥ-215 Εφαρμοσμένα Μαθηματικά για Μηχανικούς.
Προτεινόμενα Συγγράμματα:	<ol style="list-style-type: none">1. Sparse and Redundant Representations: From Theory to Applications in Signal and Image Processing, Michael Elad, 20102. Compressed Sensing: Theory and Applications, Yonina C. Eldar, Gitta Kutyniok, 20123. Nonnegative Matrix and Tensor Factorizations: Applications to Exploratory Multi-way Data Analysis and Blind Source Separation, Andrzej Cichocki, Rafal Zdunek, Anh Huy Phan, 20094. Statistical Signal Processing: Modelling and Estimation, T. Chonavel, 2012
Ώρες Μαθημάτων:	2 δίωρες διαλέξεις ανά εβδομάδα
Ώρες Γραφείου:	1 ώρα πριν την κάθε διάλεξη
Αντικείμενο Μαθήματος:	Το μάθημα θα επικεντρώνεται στη μελέτη προχωρημένων θεμάτων στατιστικής επεξεργασίας σήματος. Συγκεκριμένα, στα πλαίσια του μαθήματος, οι φοιτητές θα αποκτήσουν θεωρητική και πρακτική κατάρτιση στις πλέον σύγχρονες τεχνικές δειγματοληψίας και ανακατασκευής σημάτων, τεχνικές βελτίωσης ποιότητας και ανάκτησης μετρήσεων, κωδικοποίησης σημάτων υψηλών διαστάσεων, και ανάλυσης χρονοσειρών. Επίσης, θα αναλυθούν πρακτικές εφαρμογές αυτών των τεχνικών σε προβλήματα επεξεργασίας εικόνων και τηλεπικοινωνιών. Η εξοικείωση των φοιτητών με αυτά τα ζητήματα θα ενισχυθεί μέσω της προγραμματιστικής υλοποίησης εδραιωμένων μεθόδων στα πλαίσια ασκήσεων, καθώς και την εκπόνηση εργασίας (project) που θα στοχεύει στην εξοικείωση και την παρουσίαση τεχνικών κειμένων και πειραματικής ανάλυσης.
Μαθησιακοί Στόχοι:	Στόχος του μαθήματος είναι να προσφέρει (i) την εξοικείωση με τεχνικές στατιστικής επεξεργασίας σημάτων, (ii) το αναγκαίο υπόβαθρο για την μαθηματική ανάλυση των τεχνικών, (iii) την κατανόηση της πρακτική εφαρμογής των τεχνικών σε πραγματικά συστήματα.
Ύλη:	Στην αρχή του εξαμήνου (εβδομάδες 1-3), θα γίνει μια ανασκόπηση και εμβάθυνση σε βασικές μαθηματικές έννοιες από τη γραμμική άλγεβρα, τη θεωρία πιθανοτήτων και τη θεωρία βελτιστοποίησης. Στη συνέχεια (εβδομάδες 4-8), το μάθημα θα εστιάσει στην εφαρμογή αυτών των μεθόδων σε θεμελιώδη προβλήματα επεξεργασίας σήματος. Το επόμενο διάστημα (εβδομάδες 9-12), θα παρουσιαστούν προχωρημένα θέματα στον τομέα επεξεργασίας σήματος. Στο τελευταίο μέρος του μαθήματος

(εβδομάδες 12-13), θα παρουσιαστούν εφαρμογές των τεχνικών σε προβλήματα από την επεξεργασία εικόνας και τις τηλεπικοινωνίες.

Σχέση με άλλα μαθήματα

Το συγκεκριμένο μάθημα, έρχεται να προστεθεί στα διαθέσιμα μεταπτυχιακά μαθήματα του τομέα Δικτύων Υπολογιστών και Τηλεπικοινωνιών, ενώ θα προσφέρει και συμπληρωματικές γνώσεις στον τομέα της Υπολογιστικής και Γνωσιακής Όρασης και Ρομποτικής.

Βαθμολογία:

Κατά τη διάρκεια του εξαμήνου θα ανατεθούν 3 σειρές ασκήσεων και 1 project το οποίο θα εκπονηθεί από ομάδες των 1-2 ατόμων. Το τέλος του εξαμήνου θα δοθεί και τελική εξέταση σε όλη την ύλη του μαθήματος. Αναλυτικότερα, ο τελικός βαθμός θα βασίζεται στα παρακάτω:

- Ασκήσεις (30%)
- Project (40%)
- Τελική Εξέταση (30%)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ (Εξάμηνο 13 εβδομάδων)

Εβδομάδα	Θέμα
1	<u>Εισαγωγή</u> Περιγραφή αντικείμενου του μαθήματος, επανάληψη στην γραμμικής άλγεβρας (τάξη πίνακα, ιδιοτιμές/ιδιοδιανύσματα, γραμμικοί μετασχηματισμοί), επανάληψη στην επεξεργασία σήματος (Θεώρημα Nyquist-Shannon, μετασχηματισμός Fourier).
2	<u>Αρχές στατιστικής ανάλυσης σημάτων</u> Τυχαίες μεταβλητές, στατιστικές κατανομές, μέθοδος Bayes, θεωρία εκτίμησης (CRLB, BLUE), αρχές maximum likelihood και maximum a posterior εκτίμησης.
3	<u>Μέθοδοι βελτιστοποίησης</u> Αρχές κυρτής βελτιστοποίησης (convex optimization) και τεχνικές gradient descent, alternating direction of multipliers method (ADMM), proximal gradient.
4	<u>Δειγματοληψία και ανακατασκευή σημάτων</u> Συμπιεσμένη δειγματοληψία (compressed sensing), αραιές αναπαραστάσεων (sparse representations), ελαχιστοποίηση l1-norm, αλγόριθμοι ανακατασκευής (LASSO, basis pursuit).
5	<u>Συμπίεση σημάτων</u> Μέθοδοι κβάντισης (uniform, optimal quantization), τεχνικές συμπίεσης σημάτων (εφαρμογή μετασχηματισμών, κωδικοποίηση εντροπίας), εκτίμηση και ανάκτηση μη-διαθέσιμων μετρήσεων (low rank matrix completion).
6	<u>Μέθοδοι μείωσης διαστάσεων</u> Γραμμικές προσεγγίσεις (PCA και ICA), μη-γραμμικές προσεγγίσεις εκμάθησης τοπολογιών χώρων (manifold learning).
7	<u>Βελτίωση ποιότητας σήματος</u> Εκμάθηση λεξικών για αραιές αναπαραστάσεις, εκμάθησης υποχώρων (subspace learning), τεχνικές αφαίρεσης θορύβου (denoising) και αποσυνέληξης (deconvolution).
8	<u>Ανάλυσης χρονοσειρών</u> στοχαστικές διαδικασίες και ιδιότητες (στασιμότητα, εργοδικότητα), φίλτρο Kalman, <u>autoregressive processes</u> , Μέθοδος Gauss–Markov διακριτού χρόνου.
9	<u>Κωδικοποίηση και επεξεργασία σημάτων υψηλών διαστάσεων</u> Εισαγωγή στις βασικές αρχές των τεσσάρων, πράξεις μεταξύ τεσσάρων (γινόμενα), ανάλυσης τεσσάρων (factorization, decompositions).

10	<u>Κατανεμημένη επεξεργασία σήματος</u> Τεχνικές consensus και gossip, κατανεμημένη ασύγχρονη βελτιστοποίηση, επεξεργασία σημάτων σε γράφους, επεξεργασία σημάτων με ασφάλεια και ιδιωτικότητα.
11	<u>Τεχνικές Μηχανικής Μάθησης για επεξεργασία σημάτων</u> Παρουσίαση βασικών αρχιτεκτονικών (βαθιάς) μηχανικής μάθησης, εκπαίδευση νευρωνικών δικτύων σε προβλήματα επεξεργασίας σήματος.
12	<u>Εφαρμογές σε θέματα επεξεργασίας εικόνων</u> Εφαρμογές στην τηλεπισκόπηση (remote sensing, space imaging) και στην βιολογική/ιατρική απεικόνιση (microscopy, MPI imaging).
13	<u>Εφαρμογές σε θέματα τηλεπικοινωνιών</u> Εφαρμογές σε ασύρματα δίκτυα αισθητήρων και στο διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet-of-things).

Προτεινόμενες Ασκήσεις

<u>Εβδομάδα</u>	<u>Σύντομη περιγραφή</u>
1,2	Άσκηση 1: Υλοποίηση τεχνικών βελτιστοποίησης για στατιστική μοντελοποίηση σημάτων.
3,4	Άσκηση 2: Υλοποίηση και σύγκριση τεχνικών δειγματοληψίας και ανάκτησης σημάτων.
5,6	Άσκηση 3: Υλοποίηση μεθόδων ανάλυσης σημάτων υψηλών διαστάσεων.
7,8	Άσκηση 4: Υλοποίηση και σύγκριση τεχνικών μεθόδων κατανεμημένης επεξεργασίας σημάτων.