



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**«ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΤΗ**  
**ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ»**

**Οδηγός Σπουδών του ΔΠΜΣ**  
**για το ακαδημαϊκό έτος 2023-24**

**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**«ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΤΗ**  
**ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ»**

**ΟΔΗΓΟΣ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ ΕΤΟΥΣ 2023-24**

Εγκρίθηκε και λειτουργεί σύμφωνα με την από 11 – 7 - 2003 Απόφαση της Συγκλήτου Ε.Σ. του ΕΜΠ (11.07.03 Συνεδρίαση / Θέμα 26ο) και την Υπουργική Απόφαση (ΦΕΚ 1737 / 26-11-03, Τεύχος Β)

**Επισπεύδουσα Σχολή:**

ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**Συνεργασία με**

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ – ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

## **A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει αναπτυχθεί, διεθνώς, αλλά και στην Ελλάδα, μια έντονη ερευνητική δραστηριότητα μελέτης τόσο των φυσικών διαδικασιών, όσο και των τεχνολογικών, οικονομικών και κοινωνικών προβλημάτων με τη χρήση των εργαλείων της σύγχρονης Μαθηματικής Επιστήμης.

Η ολοένα αυξανόμενη πολυπλοκότητα, τόσο των τεχνολογικών διαδικασιών, όσο και των βιομηχανικών και επιχειρηματικών δραστηριοτήτων, απαιτεί την ουσιαστική συνεισφορά των εφαρμοσμένων μαθηματικών και ειδικότερα των λεγομένων βιομηχανικών μαθηματικών, κατά κύριο λόγο με τη μορφή της μαθηματικής προτυποποίησης και των υπολογιστικών μαθηματικών. Η μαθηματική ανάλυση - ντετερμινιστική ή στοχαστική - και η αριθμητική προσομοίωση καθώς και η εκμάθηση μαθηματικών υποδειγμάτων από δεδομένα μπορούν, σε αρκετές περιπτώσεις, να υποκαταστήσουν μακροχρόνια πειράματα για το σχεδιασμό νέων υλικών, διατάξεων και πολύπλοκων συστημάτων. Συμβάλλουν έτσι ουσιαστικά στην ανάπτυξη και υλοποίηση διαδικασιών, που παρέχουν τη δυνατότητα μεγαλύτερης ευελιξίας επιλογών, οικονομίας αλλά και ασφάλειας στην εκτέλεση των πειραματικών ελέγχων, καθώς και στην κατανόηση της δυναμικής συμπεριφοράς στο διαρκώς διευρυνόμενο φάσμα των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων καθώς και να καταστεί δυνατή μια νέας μορφής συνεργασίας και αλληλεπίδρασης του ανθρώπου και των συστημάτων.

Σήμερα είναι πλέον κοινή η αντίληψη ότι, πρωτοποριακό ρόλο σε όλα τα παραπάνω, μπορούν να παίξουν οι σύγχρονες θεωρήσεις των γραμμικών και μη-γραμμικών συστημάτων, των ντετερμινιστικών και στοχαστικών προσεγγίσεων, των διακριτών τεχνικών, καθώς τέλος και των μαθηματικών εργαλείων του συνεχούς καθώς και εξελιγμένων στατιστικών μεθοδολογιών ικανών να αξιοποιήσουν την διαθέσιμη πληθώρα δεδομένων κάθε μορφής. Για την αξιοποίησή τους, όμως, απαιτείται συστηματική ανάπτυξη της βασικής έρευνας και εκτεταμένη εμπειρία (και ανάδραση) από την εφαρμογή των θεωρητικών αποτελεσμάτων στα αντίστοιχα προβλήματα.

Η μαθηματική προτυποποίηση αποτελεί σημαντικότατο κλάδο των θετικών, τεχνολογικών και των οικονομικών επιστημών για διάφορους λόγους:

- Συχνά οδηγεί στην ανακάλυψη ιδιαίτερα σημαντικών νέων φαινομένων, που προκύπτουν λόγω της πολυπλοκότητας των συστημάτων και του μη τοπικού χαρακτήρα των αλληλεπιδράσεων, που λαμβάνουν χώρα σε αυτά.
- Απαιτείται συνδυασμός γνώσεων από διαφορετικούς κλάδους των μαθηματικών και η εναρμόνισή τους με την κατανόηση σε φυσικό, τεχνολογικό, βιολογικό, κοινωνικό και οικονομικό (ανάλογα με την περίπτωση) επίπεδο των διεργασιών, που λαμβάνουν χώρα στο υπό μελέτη σύστημα.
- Τα μαθηματικά πρότυπα επιτρέπουν την αδάπανη και συστηματική διερεύνηση της συμπεριφοράς των συστημάτων και διεργασιών, που προτυποποιούν, μεταβάλλοντας μια σειρά ελευθέρων παραμέτρων ελέγχου, καθώς και την εύρεση βέλτιστων τιμών και συμπεριφορών μέσω αριθμητικών προσομοιώσεων ή/και αναλυτικών παρατηρήσεων.

## **B. ΓΝΩΣΤΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ**

**1. Αντικείμενο** του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΔΠΜΣ) «Μαθηματική Προτυποποίηση σε Σύγχρονες Τεχνολογίες και τη Χρηματοοικονομική» (Μ.Π.Σ.Τ.Χ.) είναι η μετάδοση στις/ους φοιτητριες/ές της υπάρχουσας γνώσης σε διεθνές επίπεδο στο επιστημονικό πεδίο των Μαθηματικών και των εφαρμογών τους, της Οικονομίας και της Χρηματοοικονομικής καθώς επίσης της Επιστήμης των Δεδομένων και της Επιστήμης των Υλικών. Γνώσεις οι οποίες με την πάροδο του χρόνου, ολοένα και περισσότερο, αποδεικνύεται ότι αποτελούν πλέον κοινό τόπο συνάντησης των τεχνικών Μαθηματικής Προτυποποίησης τόσο των διαδικασιών, που λαμβάνουν χώρα σε φυσικά φαινόμενα και τεχνολογικά συστήματα, όσο και στα βασικά φαινόμενα εξέλιξης των κοινωνικών και οικονομικών συστημάτων.

Το ΔΠΜΣ είναι διαρθρωμένο σε τρεις (3) κατευθύνσεις σπουδών:

- A) Τεχνολογίες Αιχμής,
- B) Μαθηματικά της Επιστήμης Δεδομένων,
- Γ) Χρηματοοικονομική Τεχνολογία.

Οι αντίστοιχοι τίτλοι των Κατευθύνσεων στα αγγλικά είναι:

- A) Modern Technologies,
- B) Mathematics of Data Science,
- Γ) Financial Engineering.

**2. Ο σκοπός** του προγράμματος είναι να παράσχει στους σπουδαστές υψηλού επιπέδου εφόδια από το χώρο της Μαθηματικής Επιστήμης και ειδικότερα από τις περιοχές της Μαθηματικής Ανάλυσης (Ντετερμινιστικής και Στοχαστικής), των Διαφορικών Εξισώσεων και Δυναμικών Συστημάτων, της Αριθμητικής Ανάλυσης και της Στατιστικής αλλά και της Οικονομίας και της Χρηματοοικονομικής καθώς επίσης της Επιστήμης των Δεδομένων και της Επιστήμης των Υλικών. Συγχρόνως γίνεται σοβαρή προσπάθεια να μνηθούν οι φοιτητές/τριες -ειδικά μέσω της εκπόνησης της Μεταπτυχιακής Εργασίας- στα μυστικά της επιστημονικής και τεχνολογικής έρευνας και να καθοδηγηθούν στην παραγωγή νέας γνώσης.

Σε συμφωνία με τους επιμέρους στόχους του ΕΜΠ το ΔΠΜΣ επιδιώκει:

- Την διατήρηση και ενίσχυση της ποιότητας της επαγγελματικής κατάρτισης.
- Τον έλεγχο και αντικειμενική αξιολόγηση όλων των μεταπτυχιακών μαθημάτων έτσι ώστε να διασφαλίζεται το αδιαφιλονίκητο του μεταπτυχιακού επιπέδου.
- Την ανταπόκριση στις τρέχουσες και μελλοντικές αναπτυξιακές ανάγκες.
- Την ελκυστικότητα για τους σπουδαστές άλλων ισότιμων πανεπιστημίων.

Μετά από επιτυχή περάτωση του σχετικού κύκλου σπουδών σε μία από τις τρεις κατευθύνσεις, το ΔΠΜΣ Μ.Π.Σ.Τ.Χ. απονέμει **Δίπλωμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΔΜΣ)**, ισοδύναμο με **Master of Science (MSc)**, με τίτλο:

**«Μαθηματική Προτυποποίηση σε Σύγχρονες Τεχνολογίες και τη Χρηματοοικονομική»**

Η μετάφραση του τίτλου του ΔΠΜΣ Μ.Π.Σ.Τ.Χ. στα Αγγλικά είναι :

**3. Τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα** και προσόντα που αποκτώνται από την επιτυχή παρακολούθηση του προγράμματος είναι η δυνατότητα χρήσης ενός ευρέως φάσματος μαθηματικών θεωριών και εργαλείων στα αντικείμενα και των τριών επιμέρους κατευθύνσεων, τόσο στο επίπεδο των καθημερινών εφαρμογών στην αγορά, στις επιχειρήσεις και τη βιομηχανία, όσο και στην ανέλιξη των αποφοίτων σε μια μεγάλη ποικιλία ερευνητικών πεδίων -των αντιστοιχών ακαδημαϊκών αντικειμένων- με μια άνεση που σταθερά θα τους επιτρέπει να συνεργαστούν παραγωγικά σε κάθε εθνικό αλλά και διεθνές περιβάλλον. *Αναλυτικότερη αναφορά στα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα δίνεται ανά κατεύθυνση στη συνέχεια.*

➤ **Ειδικά για την Κατεύθυνση των Τεχνολογιών Αιχμής:**

Στόχος του ΔΠΜΣ Μ.Π.Σ.Τ.Χ. είναι να «παράγει» επιστήμονες – ερευνητές υψηλού κύρους, οι οποίοι θα εργαστούν σε ελληνικά ή ξένα Πανεπιστήμια, Ερευνητικά Κέντρα, Διεθνείς Οργανισμούς, καθώς επίσης και υψηλού επιπέδου στελέχη, που θα απασχοληθούν στη διοίκηση και την έρευνα στο χώρο της Βιομηχανίας και των Επιχειρήσεων. Πιο συγκεκριμένα, για τους φοιτητές, που ενδιαφέρονται για τη κατεύθυνση των Τεχνολογιών Αιχμής, το ΔΠΜΣ έχει ως στόχο:

- την παροχή ολοκληρωμένης γνώσης με ενιαία μεθοδολογική προσέγγιση των βασικών εργαλείων της μαθηματικής προτυποποίησης συνεχών και διακριτών συστημάτων και διαδικασιών, μικροσκοπικών και μακροσκοπικών, ντετερμινιστικών και στοχαστικών, και
- την δια παραδειγμάτων (στο Εργαστήριο αλλά και σε πραγματικό χώρο) εμπέδωση των δυνατοτήτων της προτυποποίησης σε πληθώρα συστημάτων για το σχεδιασμό προϊόντων και διεργασιών στο χώρο των βιοεπισημών (σχεδιασμός φαρμάκων, σχέσεις δομής-δράσης βιολογικών μακρομορίων, βιοϊατρική μηχανική) και των υλικών (σχέσεις δομής-ιδιοτήτων-επεξεργασίας-επιδόσεων, πολυμερή, νανοδομημένα υλικά και διατάξεις για εφαρμογές στη μικροηλεκτρονική, στις τηλεπικοινωνίες, στις ενεργειακές τεχνολογίες και στην προστασία του περιβάλλοντος).

Οι φοιτητές θα ασκηθούν στη δημιουργία μαθηματικών προτύπων, βασισμένων στις φυσικές επιστήμες, για την περιγραφή της συμπεριφοράς των παραπάνω συστημάτων σε διάφορες κλίμακες μήκους και χρόνου (multiscale modelling) και στην αναλυτική ή αριθμητική επίλυση των προτύπων αυτών με μεθόδους που εξασφαλίζουν υψηλή αξιοπιστία και χαμηλό υπολογιστικό κόστος. Θα κατανοήσουν πώς διάφορα επίπεδα περιγραφής και προσομοίωσης (μοριακό – μεσοσκοπικό – μακροσκοπικό) μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους με στόχο την εις βάθος κατανόηση και ποσοτική πρόρρηση των φαινομένων και τη βελτιστοποίηση προϊόντων και διεργασιών σε συγκεκριμένες εφαρμογές.

Οι απόφοιτοι αυτής της κατεύθυνσης θα μπορούν να μετασχηματίζουν πολύπλοκα προβλήματα, που καθημερινά τίθενται στις ως άνω περιοχές σε λειτουργικά πρότυπα, των οποίων η μαθηματική διερεύνηση και αριθμητική προσομοίωση θα έχει σημαντικό αντίκτυπο στην τεχνολογική, επιστημονική και οικονομική πρόοδο της χώρας μας.

Η μεγάλη σημασία της κατεύθυνσης διεθνώς καταδεικνύεται, μεταξύ άλλων, από την απονομή του βραβείου Nobel Χημείας 2013 στους Martin Karplus, Michael Levitt και Arieh Warshel για την ανάπτυξη προτύπων πολλαπλών κλιμάκων για πολύπλοκα χημικά συστήματα. Επίσης από

μεγάλης κλίμακας ερευνητικά προγράμματα όπως το Materials Genome Initiative των ΗΠΑ, που αποσκοπεί στην ανακάλυψη, παραγωγή και αξιοποίηση προηγμένων υλικών δύο φορές γρηγορότερα, με μικρό κλάσμα του κόστους που απαιτείται σήμερα.

Η δομή του μεταπτυχιακού προγράμματος στηρίζεται στις τρεις βασικές κατηγοριοποιήσεις των συστημάτων-προτύπων εν γένει: μακροσκοπικά-μικροσκοπικά, ντετερμινιστικά-στοχαστικά και συνεχή-διακριτά. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται και στη σημασία-αναγκαιότητα της μη γραμμικής θεώρησης.

Γίνεται προσπάθεια να αποτυπωθούν και οι τρεις βασικές προτεραιότητες, τουλάχιστον σε ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο, ήτοι των τεχνολογιών περιβάλλοντος - ζωής - ποιότητας, υλικών και πληροφορικής-επικοινωνιών με την ευρύτερή τους έννοια.

➤ **Ειδικά για την Κατεύθυνση των Μαθηματικών της Επιστήμης Δεδομένων:**

Στόχος του ΔΠΜΣ Μ.Π.Σ.Τ.Χ. είναι να «παράγει» επιστήμονες – ερευνητές υψηλού κύρους, οι οποίοι θα εργαστούν σε ελληνικά ή ξένα Πανεπιστήμια, Ερευνητικά Κέντρα, Διεθνείς Οργανισμούς, καθώς επίσης και υψηλού επιπέδου στελέχη, που θα απασχοληθούν στη διοίκηση και την έρευνα στο χώρο της Βιομηχανίας και των Επιχειρήσεων. Πιο συγκεκριμένα, για τους φοιτητές, που ενδιαφέρονται για τη κατεύθυνση της επιστήμης των Δεδομένων, το ΔΠΜΣ έχει ως στόχο:

- i. την παροχή ολοκληρωμένης γνώσης με ενιαία μεθοδολογική προσέγγιση των υπό ραγδαία δυναμική εξέλιξη εργαλείων της μαθηματικής προτυποποίησης βασισμένα στον ευρύτερο κλάδο της στατιστικής που αντικείμενό τους είναι η εκμάθηση μοντέλων από τα δεδομένα, ή «ανάλυση δεδομένων», τα οποία να έχουν την δυνατότητα να ανταποκρίνονται σε ενδεχόμενη συνεχή διαφοροποίηση αλλά και κλιμάκωση σε μεγάλους όγκους.
- ii. την *δια παραδειγμάτων* (στο Εργαστήριο υπολογιστικών συστημάτων) *εμπέδωση των δυνατοτήτων της προτυποποίησης* σε πληθώρα συστημάτων, που καλύπτουν το ευρύτατο φάσμα των τεχνολογιών της ζωής (περιβάλλον, ποιότητα ζωής και υπηρεσιών, βιολογία, βιοτεχνολογία και βιοϊατρική), της κοινωνίας της πληροφορίας (πληροφορική, επεξεργασία χωροχρονικών σημάτων, επικοινωνίες) και των υλικών.

Οι απόφοιτοι αυτού του προγράμματος θα μπορούν να μετουσιώνουν πολύπλοκα προβλήματα, που καθημερινά τίθενται στις ως άνω περιοχές σε λειτουργικά πρότυπα, τα οποία θα έχουν διαμορφωθεί από την μεγάλη διαθεσιμότητα δεδομένων κάθε μορφής, αποτυπώνοντας την εξωτερική υφέρπουσα πραγματικότητα με τρόπο που εκτιμάται ότι θα έχει σημαντικό αντίκτυπο στην τεχνολογική, επιστημονική και οικονομική πρόοδο της χώρας μας.

Στο πλαίσιο της εν λόγω κατεύθυνσης θα παρουσιαστούν οι πλέον σύγχρονες τάσεις στην ανάπτυξη εργαλείων, τα οποία θα μπορούν να αναλύσουν επαρκώς δεδομένα κάθε μορφής και μεγέθους καταλήγοντας σε αντιπροσωπευτικά πρότυπα και ευφυή συστήματα.

Σύμφωνα με τις προτροπές, τόσο παλαιότερες όσο και πρόσφατες, διεθνούς απήχησης επιστημόνων των Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και ιδίως της Στατιστικής (όπως οι John Tukey, John Chambers, Jeff Wu, Leo Breiman), η διεθνής ακαδημαϊκή κοινότητα των εφαρμοσμένων μαθηματικών επεκτείνει τα όριά της πέραν των υφιστάμενων τομέων της, αποσκοπώντας να δοθεί έμφαση στην προετοιμασία και την παρουσίαση των δεδομένων, σε μαθηματικά μοντέλα με βελτιωμένες δυνατότητες πρόβλεψης αλλά και παροχής συμπερασματολογίας,

ενσωματώνοντας τα εργαλεία αυτά σε ένα υπό σύσταση επιστημονικό παράδειγμα με τον τίτλο “Επιστήμη των Δεδομένων”.

Αντλώντας συμπεράσματα από την μεθοδολογία ανακάλυψης επιστημονικών ευρημάτων σε διαφορετικά πεδία, διαφαίνεται ότι το συντριπτικό μέρος της επιστήμης ήδη γίνεται και θα συνεχίσει να γίνεται στο διαφαινόμενο μέλλον, εκκινώντας από δεδομένα, τα οποία μπορούν να εξορύσσονται με κάθε τρόπο καθώς και την εφαρμογή εργαλείων για την κατάλληλη ανάλυσή και προτυποποίησή τους.

Επιπλέον κρίνεται διεθνώς ως ύψιστης σημασίας η απόδοση εύρωστου μαθηματικού υποβάθρου σε πρότυπα που επίσης έχουν την δυνατότητα εκμάθησης από δεδομένα, τα οποία όμως έχουν προέλθει από άλλους επιστημονικούς κλάδους όπως η επιστήμη των υπολογιστών. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η στείρα και πέραν των ορίων χρήση τους με την λογική “μαύρου κουτιού”, η οποία μπορεί εύκολα να οδηγήσει σε λανθασμένη χρησιμοποίησή τους. Το υπόψη επιχείρημα ενισχύει την υιοθέτηση τέτοιας κατεύθυνσης από ακαδημαϊκές σχολές με αμιγώς αντικείμενό τους τα μαθηματικά

Συναφώς με τις διεθνείς εξελίξεις στην ακαδημία, ιδιαίτερη αναφορά θα πρέπει να δοθεί σε αντίστοιχες πρωτοβουλίες που λαμβάνονται από διακεκριμένα ιδρύματα. Συγκεκριμένα ένα πρόσφατο και διαρκώς διευρυνόμενο φαινόμενο είναι η εμφάνιση προγραμμάτων «επιστήμης των δεδομένων» σε μεγάλα πανεπιστήμια, μεταξύ των οποίων το UC Berkeley, το NYU, το MIT και το Πανεπιστήμιο του Michigan, το οποίο, τον Σεπτέμβριο του 2015, ανακοίνωσε μια πρωτοβουλία με το όνομα Data Science Initiative επενδύοντας σημαντικά σκοπεύοντας να προσλάβει αρκετούς νέους πανεπιστημιακούς καθηγητές. Αντίστοιχες πρωτοβουλίες ανακοινώθηκαν πρόσφατα από διακεκριμένα πανεπιστήμια της Ευρώπης. Η διδασκαλία σε αυτά τα νέα προγράμματα έχει σημαντικές αλληλοεπικαλύψεις στο θέμα των προγραμμάτων σπουδών με τα παραδοσιακά μαθήματα στατιστικής. Παρότι πολλοί ακαδημαϊκοί στατιστικολόγοι αντιλαμβάνονται τα νέα προγράμματα ως ενδεχόμενη «πολιτισμική ιδιοκατοίκηση», καταβάλουν παρόλα αυτά σημαντικές προσπάθειες για κατασκευή νέων μεθόδων, οι οποίες είναι κατάλληλες για εφαρμογή σε δεδομένα μεγάλων διαστάσεων καθώς και εκτέλεση από σύγχρονα υπολογιστικά συστήματα. Έτσι σύμφωνα με τη διεθνή πρακτική, γίνεται προσπάθεια εκμετάλλευσης των προηγμένων υπολογιστικών τεχνικών σε στατιστικές μεθόδους συλλογής, επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων, όπως για παράδειγμα η παρακολούθηση της σωστής λειτουργίας μιας διεργασίας (process monitoring). Ενδεικτικό είναι και το γεγονός της έκδοσης ενός νέου περιοδικού με έναρξη υποβολής εργασιών από τις 25 Απριλίου 2018 με την ονομασία *SIAM Journal on Mathematics of Data Science* ([SIMODS](https://www.siam.org/journals/simods.php?utm_source=mbr_blurb&utm_medium=email_pre&utm_campaign=SIMODS_2018))

[https://www.siam.org/journals/simods.php?utm\\_source=mbr\\_blurb&utm\\_medium=email\\_pre&utm\\_campaign=SIMODS\\_2018](https://www.siam.org/journals/simods.php?utm_source=mbr_blurb&utm_medium=email_pre&utm_campaign=SIMODS_2018), που καλύπτει περιοχές όπως numerical algorithms, statistical inference, optimization and control, machine learning, theoretical computer science, signal processing and information theory, applied probability, functional analysis, network science.

Πέραν των προηγούμενων παραγράφων, όπου αναδύεται η αιτιολόγηση σύστασης της νέας κατεύθυνσης, όπως αυτή προέρχεται από τις σύγχρονες ακαδημαϊκές και ερευνητικές εξελίξεις, ακολούθως δεν θα μπορούσε να απουσιάσει μια περιορισμένη αλλά ενδεικτική περιγραφή των εξελίξεων στην βιομηχανία που ομοίως εγκαλεί την ίδια ανάγκη. Στην 4η βιομηχανική επανάσταση (Industry 4.0) που αποτυπώνεται η τρέχουσα τάση αυτοματισμού και ανταλλαγής δεδομένων στα κατασκευαστικά εργοστάσια, προεξέχουσα θέση έχει η ανάλυση και



μοντελοποίηση μεγάλων δεδομένων καθώς και η ανάγκη ανάπτυξης της ρομποτικής και των ευφυών συστημάτων. Επιπλέον σημειώνεται η ανάδυση νεοφυών εταιρειών με αντικείμενο την παροχή τεχνητής νοημοσύνης ως υπηρεσίας στο ευρύ κοινό καθώς και σε άλλες εταιρείες, δημιουργώντας σημαντικό αριθμό νέων θέσεων εργασίας και κινητοποιώντας σημαντικές επενδύσεις, σε πολλές χώρες συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας.

Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι ο τομέας της Επιστήμης των Δεδομένων, που προτείνεται με το παρόν ως νέα κατεύθυνση στο ΔΜΠΣ, είναι ένα υπερσύγχρονο πεδίο της μαθηματικής προτυποποίησης, το οποίο διακρίνεται από την ενσωμάτωση καινούργιων τεχνολογιών που παρέχουν την δυνατότητα εκμάθησής των μοντέλων από δεδομένα, τα οποία δύναται να "κλιμακωθούν" σε "μεγάλα δεδομένα – [big data]".

### ➤ Ειδικά για την Κατεύθυνση της Χρηματοοικονομικής Τεχνολογίας:

Για τους φοιτητές, που ενδιαφέρονται για τη κατεύθυνση των Χρηματοοικονομικών Τεχνολογιών, το ΔΠΜΣ Μ.Π.Σ.Τ.Χ. έχει ως στόχο να προσφέρει προχωρημένες γνώσεις, κυρίως, στα αναλυτικά και στοχαστικά μαθηματικά, καθώς και στα βασικά χρηματοοικονομικά εργαλεία, παράλληλα με την οικονομική θεωρία, που αναφέρεται στον τομέα.

Στόχος του ΔΠΜΣ είναι να «παράγει» επιστήμονες – ερευνητές υψηλού κύρους, οι οποίοι θα εργαστούν σε ελληνικά ή ξένα Πανεπιστήμια, Ερευνητικά Κέντρα, Διεθνείς Οργανισμούς, καθώς επίσης και υψηλού επιπέδου στελέχη, που θα απασχοληθούν σε εταιρείες χρηματοοικονομικών συμβούλων, χρηματοπιστωτικά ιδρύματα ή στα χρηματοοικονομικά τμήματα μεγάλων εταιρειών. Θα αναπτυχθεί ιδιαίτερα η προτυποποίηση χρηματοοικονομικών τίτλων με την εφαρμογή στοχαστικών διαδικασιών, καθώς και η αποτίμηση των χρηματοοικονομικών προϊόντων, στα πλαίσια της πλήρους και μη πλήρους αγοράς.

Οι σύγχρονες ανακατατάξεις οδήγησαν τα οικονομικά συστήματα ή στην απελευθέρωση των αγορών τους, ή στην ένταξή τους σε υπερεθνικούς σχηματισμούς. Το πλαίσιο αυτό είχε ως αποτέλεσμα την όξυνση του διεθνή ανταγωνισμού και τη δημιουργία ενός περιβάλλοντος, που χαρακτηρίζεται από έντονες προκλήσεις αλλά και υψηλά επίπεδα αβεβαιότητας. Τα υψηλά επίπεδα αβεβαιότητας, που λειτουργούν διεθνώς στις αγορές (εργασίας, τεχνολογίας, κεφαλαίου, κλπ.), επηρεάζουν καθοριστικά και τις επιχειρήσεις καθιστώντας την έγκαιρη και ορθή αξιολόγηση των προοπτικών τους, κρίσιμο παράγοντα για την ανάπτυξη των οικονομιών.

Η ανάλυση του χρηματοοικονομικού τομέα, ενός από τους κρισιμότερους πυλώνες της οικονομίας, περιλαμβάνει, εκτός των άλλων, και την αποτίμηση των χρηματοοικονομικών πράξεων των νοικοκυριών και των επιχειρήσεων. Για την υλοποίηση αυτού του στόχου χρησιμοποιούνται εργαλεία της μικροοικονομίας, της οικονομετρίας, των μαθηματικών και της θεωρίας της οργάνωσης.

Ο χρηματοοικονομικός τομέας, με τη βοήθεια των στοχαστικών μαθηματικών, ανέπτυξε πολύ προχωρημένου επιπέδου υποδείγματα, τα οποία εφαρμόζονται για την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας και του κινδύνου, τόσο των επενδυτών-αποταμιευτών, όσο και των επιχειρήσεων. Η πρόοδος αυτή στα χρηματοοικονομικά, συνοδευόμενη συγχρόνως με την αντίστοιχη επιστημονική εξειδίκευση, μας οδηγεί στην καλύτερη κατανόηση των φαινομένων, που παρατηρούνται στις αγορές και στις επιχειρήσεις. Η επιστημονική ανάλυση αυτών των φαινομένων και η προσέγγισή τους κατά τον βέλτιστο τρόπο, για όλους τους παράγοντες της αγοράς, οδηγεί κατ' επέκταση και την οικονομία στις βέλτιστες κατανομές.



Επίσης, οι τεχνολογικές εξελίξεις των τελευταίων χρόνων συνδέονται με τις αντίστοιχες ανακατατάξεις στο οικονομικό πεδίο, καθιστώντας σε πολλές περιπτώσεις τον τεχνολογικό και τον οικονομικό τομέα αλληλένδετα εξαρτώμενους.

## Γ. ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΕΣ ΦΟΡΕΙΣ – ΥΠΟΔΟΜΗ

Η **Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών** (ως Επισπεύδουσα Σχολή), σε συνεργασία με τις Σχολές Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Χημικών Μηχανικών, Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών – Μηχανικών Γεωπληροφορικής και Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών του ΕΜΠ, οργανώνουν το παρόν πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών *Μ.Π.Σ.Τ.Χ.* Επίσης, συμμετέχουν ως ανεξάρτητοι διδάσκοντες καθηγητές και ερευνητές από το Τμήμα Οικονομικών Επιστημών του ΕΚΠΑ, το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, το Πανεπιστήμιο Αιγαίου, το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο, το ΙΤΕ, το ΕΚΕΦΕ "Δημόκριτος", το Χρηματιστήριο Αθηνών, Πανεπιστήμια του Εξωτερικού και διακεκριμένοι επιστήμονες στελέχη συναφών Ελληνικών Επιχειρήσεων.

### Συμμετέχουσες Σχολές

Η συνοπτική περιγραφή των συνεργαζόμενων φορέων του ΔΠΜΣ έχει ως εξής:

Η **Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών**, ΣΕΜΦΕ, λειτούργησε για πρώτη φορά το ακαδημαϊκό έτος 1999-2000, ως η ένατη Σχολή του ΕΜΠ και έως σήμερα παραμένει η μοναδική Σχολή στον ελλαδικό χώρο για εκπαίδευση επιστημόνων-μηχανικών εφαρμοσμένων μαθηματικών και φυσικών επιστημών. Σήμερα η ΣΕΜΦΕ, περιλαμβάνει τους Τομείς: Μαθηματικών, Φυσικής, Μηχανικής, Ανθρωπιστικών, Κοινωνικών Επιστημών και Δικαίου (ΑΚΕΔ). Το πρόγραμμα σπουδών προσφέρει δύο κατευθύνσεις: του Μαθηματικού Εφαρμογών και του Φυσικού Εφαρμογών. Η διάρθρωση της Σχολής στους παραπάνω Τομείς αντανακλά ακριβώς και τα χαρακτηριστικά που διαμορφώνουν το προφίλ της Σχολής. Και οι τέσσερις Τομείς εξασφαλίζουν στέρεο υπόβαθρο βασικών γνώσεων ανά Κατεύθυνση σπουδών, για το προφίλ του επιστήμονα εφαρμογών, το οποίο εμπλουτίζεται από μαθήματα ανθρωπιστικής παιδείας. Η αποστολή της ΣΕΜΦΕ, με βάση τον ιδρυτικό της νόμο (ως Τμήμα ΕΜΦΕ, τότε), είναι:

- (α) Να καλλιεργεί και να προάγει, με την διδασκαλία, την έρευνα και τις εφαρμογές, τα γνωστικά αντικείμενα που εμπίπτουν στις επιστήμες των Μαθηματικών, της Φυσικής, της Μηχανικής και των Ανθρωπιστικών Σπουδών και να διδάσκει τα μαθήματα που ανήκουν στις επιστημονικές αυτές περιοχές, στα λοιπά Τμήματα του ΕΜΠ και
- (β) Να παρέχει στους πτυχιούχους τις απαραίτητες γνώσεις και τα εφόδια για την εφαρμογή νέων τεχνολογιών και την επιστημονική προσέγγιση θεμάτων που απασχολούν τον ιδιωτικό και δημόσιο τομέα, την οργάνωση της παραγωγής και την λήψη αποφάσεων με την ανάλυση των δεδομένων της αγοράς. Παράλληλα παρέχει το επιστημονικό υπόβαθρο το απαραίτητο για την απασχόλησή τους σε τμήματα έρευνας και ανάπτυξης εταιρειών, ερευνητικών κέντρων και πανεπιστημιακών ιδρυμάτων σε θέματα Μαθηματικών, Φυσικής και Μηχανικής.

Με βάση τον ιδρυτικό της νόμο, μπορεί να λεχθεί συνοπτικώς ότι η ΣΕΜΦΕ αποβλέπει στην εκπαίδευση μιας νέας κατηγορίας μηχανικών του μέλλοντος, οι οποίοι θα αποτελούν τη *διεπιπλά-*

νεια μεταξύ των βασικών επιστημών και της εφαρμοσμένης τεχνολογίας και θα δρουν ως ιμάντες μεταφοράς της γνώσης, που παράγεται από την έρευνα στις βασικές επιστήμες σε τεχνολογικές εφαρμογές.

Οι ιδρυτικοί στόχοι της ΣΕΜΦΕ αντανακλούν/αποτυπώνονται και στο Προεδρικό Διάταγμα 199, το οποίο δημοσιεύθηκε στο ΦΕΚ 226/14-09-2007/199 και με βάση το οποίο κατοχυρώθηκαν επαγγελματικώς οι διπλωματούχοι της Σχολής και περιγράφονται αναλυτικά οι τομείς στους οποίους δύνανται αυτοί να δραστηριοποιούνται.

Ιδιαίτερα πρέπει να τονιστεί ότι κατά την 20/ετή λειτουργία της Σχολής και έπειτα από συστηματική συζήτηση κάθε φορά, έχουν αποφασισθεί και υλοποιηθεί σημαντικές βελτιώσεις του Προγράμματος Σπουδών που, αφενός, αποσαφήνισαν τη φυσιογνωμία των διπλωματούχων μας προσαρμόζοντάς την σε σύγχρονες ανάγκες και παράλληλα ενίσχυσαν το χαρακτήρα της Σχολής ως ενός *“Engineering Sciences Department”*, συμβάλλοντας στην περαιτέρω επαγγελματική κατοχύρωση των αποφοίτων της (ένταξη στο ΤΕΕ, κατοχύρωση Παιδαγωγικής και Διδακτικής επάρκειας).

Η Σχολή έχει την ευθύνη υλοποίησης ενός προγράμματος προπτυχιακών σπουδών καθώς και προγραμμάτων μεταπτυχιακών σπουδών, τα οποία διακρίνονται σε δύο μεταπτυχιακά επίπεδα: σε σπουδές που οδηγούν σε Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης (ΜΔΕ) και σε σπουδές που οδηγούν στην απονομή του τίτλου του Διδάκτορα. Στο επίπεδο του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης (ΜΔΕ), λειτουργούν 5 Διατμηματικά - Διδρυματικά Προγράμματα Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΔΠΜΣ), τα οποία συντονίζονται αντίστοιχα από τους Τομείς:

- Μαθηματικών (ΔΠΜΣ *«Εφαρμοσμένες Μαθηματικές Επιστήμες»*, ΔΠΜΣ *«Μαθηματική Προτυποποίηση στις Σύγχρονες Τεχνολογίες και τη Χρηματοοικονομική»*).
- Φυσικής (ΔΠΜΣ *«Φυσική και Τεχνολογικές Εφαρμογές»*, ΔΠΜΣ *«Μικροσυστήματα και Νανοδιατάξεις»*).
- Μηχανικής (ΔΠΜΣ *«Εφαρμοσμένη Μηχανική»*).

Η **Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών** είναι η τρίτη, κατά σειρά αρχαιότητας, Σχολή του ΕΜΠ, και η Σχολή με την υψηλότερη βάση εισαγωγής, μεταξύ των Σχολών Μηχανικών για πολλά ακαδημαϊκά έτη.

Το πρόγραμμα σπουδών προσφέρει τέσσερις κατευθύνσεις που είναι οι εξής:

1. Ηλεκτρονικής και Συστημάτων
2. Πληροφορικής
3. Επικοινωνιών
4. Ενέργειας

Στο πλαίσιο των ανωτέρω Κατευθύνσεων προσφέρονται οκτώ Ροές μαθημάτων με μεγαλύτερη η μικρότερη συμμετοχή σε κάθε Κατεύθυνση.

Η Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών (ΗΜΜΥ) του ΕΜΠ υπήρξε πρωτοπόρα στην εγκαθίδρυση μεταπτυχιακών σπουδών στην Ελλάδα ήδη από τα μέσα της δεκαετίας 1970.

Η Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών (ΗΜΜΥ) προσφέρει ένα μεγάλο αριθμό διατμηματικών Προγραμμάτων Μεταπτυχιακών Σπουδών σε συνεργασία με άλλα

Πανεπιστήμια της ημεδαπής που οδηγούν στην απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης (ΜΔΕ) σε γνωστικές περιοχές τεχνολογικών και θετικών επιστημών, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα στους αποφοίτους που τα επιλέγουν να προαγάγουν την επιστήμη και να ανταποκριθούν με επιτυχία σε ποικίλες ανάγκες της αγοράς εργασίας. Κάθε πρόγραμμα σπουδών έχει διαφορετικές προϋποθέσεις εισαγωγής και κανονισμούς που αναγράφονται στους επιμέρους Οδηγούς Σπουδών.

Συντονιζόμενα από τη Σχολή ΗΜΜΥ: (1) [Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας](#), (2) [Τεχνο-Οικονομικά Συστήματα](#), (3) [Επιστήμη Δεδομένων και Μηχανική Μάθηση](#), και (4) [Μεταφραστική Βιοϊατρική Μηχανική και Επιστήμη](#). Με τη συμμετοχή της Σχολής ΗΜΜΥ υπάρχουν 13 διατμηματικά προγράμματα ένα εκ των οποίων είναι και το παρόν πρόγραμμα της ΣΕΜΦΕ.

Στη Σχολή ΗΜΜΥ λειτουργεί για πολλά χρόνια αυτόνομο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών (Διδακτορικών) Σπουδών (ΠΜΣ). Σκοπός του ΠΜΣ είναι η ανάδειξη Ερευνητών Μηχανικών και Ερευνητών Επιστημόνων που μπορούν να αναλάβουν ηγετικό ρόλο στην Έρευνα και την Ανάπτυξη σε διεθνές επίπεδο, αλλά κυρίως για την αντιμετώπιση των εξαιρετικά σημαντικών και ζωτικών ζητημάτων της χώρας μας. Το δεδομένο ότι η πραγματική γνώση της τεχνολογίας μπορεί να δημιουργήσει ουσιαστική πρόοδο και ανάπτυξη, έχει αποτελέσει την αφετηρία των προσπαθειών της Σχολής μας, η οποία έχει προχωρήσει στην αναβάθμιση των Μεταπτυχιακών - Διδακτορικών Σπουδών σε συνδυασμό με την εκτέλεση σημαντικών ερευνητικών έργων στο πλαίσιο τους. Ως αποτέλεσμα, η Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών είναι η πρώτη Σχολή του ΕΜΠ που έχει από το 1999 θεσμοθετημένο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών το οποίο χορηγεί τον τίτλο του Διδάκτορα Μηχανικού του ΕΜΠ ή του Διδάκτορα του ΕΜΠ. Σήμερα, ο συνολικός αριθμός των υποψηφίων διδασκτόρων του Τμήματος ΗΜΜΥ ανέρχεται σε 600 περίπου, ενώ ο αριθμός των αναγορευμένων ετησίως διδασκτόρων σε 60 περίπου.

Η **Σχολή Χημικών Μηχανικών** του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου αποτελείται από τέσσερις Τομείς: Χημικών Επιστημών, Ανάλυσης, Σχεδιασμού και Ανάπτυξης Διεργασιών και Συστημάτων, Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών, Σύνθεσης και Ανάπτυξης Βιομηχανικών Διαδικασιών. Η έρευνα για την παραγωγή νέας γνώσης σε όλους τους τομείς προχωρεί με τις διδακτορικές διατριβές, που εκπονούν οι μεταπτυχιακοί σπουδαστές. Επίσης, χρηματοδοτούμενα ερευνητικά προγράμματα τόσο ευρωπαϊκά όσο και εθνικά, προωθούν τη βασική και εφαρμοσμένη έρευνα και αναπτύσσουν τη συνεργασία της Σχολής με Πανεπιστήμια του εσωτερικού και του εξωτερικού και με τον ιδιωτικό τομέα, εγχώριο ή ξένο. Η έρευνα - ανάπτυξη - βελτίωση προϊόντων, μεθόδων και εγκαταστάσεων, η μελέτη - κατασκευή - λειτουργία - τεχνική εξυπηρέτηση χημικών εγκαταστάσεων, και ο σχεδιασμός - παραγωγή - έλεγχος - διάθεση -εφαρμογές των παραγόμενων προϊόντων και υλικών αποτελούν όχι μόνο πεδία γνώσης, αλλά και πεδία έρευνας της Σχολής. Αποτέλεσμα της όλης ερευνητικής δραστηριότητας σε επίπεδο διπλωματικών εργασιών, διδακτορικών διατριβών και ερευνητικών προγραμμάτων, είναι οι πολυάριθμες επιστημονικές δημοσιεύσεις στον ελληνικό και διεθνή χώρο και τα βραβεία, που έχουν καταξιώσει το επιστημονικό διδακτικό προσωπικό και τη Σχολή γενικότερα.

Η **Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών – Μηχανικών Γεωπληροφορικής** μετονομάστηκε έτσι τον Ιούλιο 2020 από τη Σύγκλητο του ΕΜΠ, ύστερα από εμπεριστατωμένη εισήγηση της Σχολής, από «Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών», ώστε ο τίτλος να αντικατοπτρίζει

πλήρως το σύγχρονο περιεχόμενο των γνωστικών αντικειμένων της.

Στην εποχή όπου οι τεχνολογίες παρατήρησης της Γης και του χώρου παράγουν απίστευτο όγκο δεδομένων με γεωαναφορά, που δεν αφορούν μόνο στον φυσικό χώρο και τα χαρακτηριστικά του, αλλά και σε κάθε μορφής κοινωνικοοικονομική δραστηριότητα, ενώ οι

πάσης φύσης τεχνολογίες καταγράφουν και εμβαθύνουν στις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες, η ανάπτυξη και σημασία των γεωϋπηρεσιών και της γεωοικονομίας είναι πλέον γεγονός.

Στο νέο αυτό πλαίσιο, ο ρόλος του Αγρονόμου και Τοπογράφου Μηχανικού δεν είναι δεδομένος, ενώ ταυτόχρονα αντιμετωπίζει νέες προκλήσεις.

Η συμμετοχή της ΣΑΤΜ στην ανάπτυξη και λειτουργία Προγραμμάτων Μεταπτυχιακών Διπλωμάτων Ειδίκευσης είναι απολύτως απαραίτητη, καθώς:

- (α) τροφοδοτεί την ερευνητική και επιστημονική κοινότητα με ικανά μέλη,
- (β) καλύπτει μια πραγματική ανάγκη ατόμων, φορέων και βιομηχανίας (industry),
- (γ) ωθεί στη διεπιστημονικότητα και στη συνεργασία μεταξύ φοιτητών, μεταξύ επιστημόνων, και μεταξύ Σχολών, ενώ
- (δ) συνδέει τις βασικές με τις διδακτορικές σπουδές.

### **Η Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών**

Η Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών (ΣΝΜΜ) άρχισε να λειτουργεί από το ακαδημαϊκό έτος 1969-70 και ήταν αποτέλεσμα της απόδοσης της ναυπηγικής βιομηχανίας στην Ελλάδα από τη δεκαετία του '50 καθώς και της αύξησης των αναγκών των ναυτιλιακών και άλλων τεχνικών εταιριών του ναυτιλιακού κλάδου (μελετητικών γραφείων, κατασκευαστικών και επισκευαστικών μονάδων) για υψηλού επιπέδου τεχνικό προσωπικό. Η Σχολή προήλθε από τον κύκλο σπουδών Ναυτικού Μηχανολόγου Μηχανικού, που υπήρχε στην Ανωτάτη Σχολή Μηχανολόγων - Ηλεκτρολόγων και απετέλεσε αρχικά Τμήμα αυτής της Σχολής. Το πρόγραμμα σπουδών σχεδιάστηκε ώστε να παρέχει ισχυρό ακαδημαϊκό υπόβαθρο στα αντικείμενα του ναυπηγού (naval architect) και του ναυτικού μηχανολόγου (marine engineer) και προς τούτο ιδρύθηκαν οι εξής τρεις έδρες:

- i. Θεωρίας Πλοίου,
- ii. Μελέτης και Κατασκευής Πλοίου, και
- iii. Ναυτικής Μηχανολογίας

Από την αρχή, το Τμήμα Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών είχε δικό του αριθμό εισακτέων, οι οποίοι κατά το πρώτο έτος λειτουργίας της ήταν δέκα (10), ενώ οι πρώτοι Διπλωματούχοι Ναυπηγοί Μηχανολόγοι Μηχανικοί απεφοίτησαν το 1974. Από το ακαδημαϊκό έτος 1975-76, η Ανωτάτη Σχολή Μηχανολόγων Ηλεκτρολόγων χωρίστηκε στη Σχολή Μηχανολόγων και στη Σχολή Ηλεκτρολόγων, και το αντικείμενο της Ναυπηγικής/Ναυτικής Μηχανολογίας υπήχθη στην πρώτη. Το 1982, δημιουργήθηκε, εντός του ΕΜΠ, ανεξάρτητο Τμήμα Ναυπηγών Μηχανολόγων, αλλά αυτό ακόμα διέθετε μικρό αριθμό διδασκόντων (τρεις καθηγητές και δύο λέκτορες) ενώ και οι εργαστηριακές υποδομές του δεν είχαν ακόμα αναπτυχθεί επαρκώς, με εξαίρεση τη νεοσύστατη τότε Πειραματική Δεξαμενή μήκους 100 μ. Σήμερα, ο αριθμός των μελών ΔΕΠ είναι 23 ενώ και οι

εργαστηριακές υποδομές είναι από τις αρτιότερες διεθνώς. Έχει επίσης ανανεωθεί σε σημαντικό βαθμό το προσφερόμενο εκπαιδευτικό πρόγραμμα, σε προπτυχιακό και μεταπτυχιακό επίπεδο, τόσο από την άποψη του περιεχομένου των μαθημάτων όσο και από την άποψη των διδασκομένων γνωστικών αντικειμένων, με την προσθήκη νέων μαθημάτων. Από το 2013 τα Τμήματα του ΕΜΠ αναβαθμίστηκαν επισήμως σε Σχολές. Η σχολή συντονίζει το ΔΠΜΣ Ναυτική και Θαλάσσια Τεχνολογία το οποίο παρέχεται σε συνεργασία με το ΕΚΠΑ και το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών. Παράλληλα, μέλη της συμβάλλουν σε μεγάλο αριθμό μεταπτυχιακών προγραμμάτων του ΕΜΠ.

Στη Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών αναπτύσσεται έντονη και πολύπλευρη ερευνητική δραστηριότητα και μέλη της έχουν τιμηθεί με ανώτατες διεθνείς διακρίσεις για την ερευνητική τους συνεισφορά. Επίσης, η Σχολή είναι από τις πλέον δραστήριες στο ΕΜΠ και στην Ελλάδα σε επιχορηγούμενα ερευνητικά προγράμματα χρηματοδοτούμενα από Δημόσιους και Ιδιωτικούς Φορείς και την Ευρωπαϊκή Ένωση. Στη Σχολή ευρίσκονται σε λειτουργία τα παρακάτω έξι θεσμοθετημένα εργαστήρια:

- i. Ναυτικής και Θαλάσσιας Υδροδυναμικής
- ii. Ναυτικής Μηχανολογίας
- iii. Μελέτης Πλοίου
- iv. Ναυπηγικής Τεχνολογίας
- v. Πλωτών Κατασκευών & Συστημάτων Αγκύρωσης
- vi. Θαλασσιών Μεταφορών

Επίσης, λειτουργούν άτυπες εργαστηριακές μονάδες. Στη Σχολή λειτουργούν οι ακόλουθοι τέσσερις (4) Τομείς:

- i. Τομέας Μελέτης Πλοίου και Θαλασσιών Μεταφορών
- ii. Τομέας Ναυτικής και Θαλάσσιας Υδροδυναμικής
- iii. Τομέας Ναυτικής Μηχανολογίας
- iv. Τομέας Θαλασσιών Κατασκευών.

Στη Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών φοιτούν σήμερα 957 προπτυχιακοί φοιτητές και 124 μεταπτυχιακοί εκ των οποίων οι 84 είναι υποψήφιοι διδάκτορες.

## **Δ. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ**

### **1. ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

Το ΔΠΜΣ “*Μαθηματική Προτυποποίηση σε Σύγχρονες Τεχνολογίες και Χρηματοοικονομική*” λειτούργησε για πρώτη φορά το 2003 (ΦΕΚ 1737, 26/11/2003, Αρ. Υπ. Απ. 95133/Β7, 29/10/2003) με χρηματοδότηση από την Ευρωπαϊκή Ένωση και το ΥΠΕΠΘ στο πλαίσιο του ΕΠΕΑΕΚ.

Σύμφωνα με το ισχύον πλαίσιο λειτουργίας των μεταπτυχιακών προγραμμάτων, το **Δίπλωμα Μεταπτυχιακών Σπουδών** (ΔΜΣ) αποκτάται μετά από επιτυχείς σπουδές **ελάχιστης διάρκειας τριών (3) ακαδημαϊκών εξαμήνων**. Η **μέγιστη διάρκεια** φοίτησης στο ΔΠΜΣ δεν μπορεί να υπερβαίνει τα **δύο (2) χρόνια**, υπολογιζόμενη από την ημερομηνία πρώτης εγγραφής στο ΔΠΜΣ.

Το ΔΜΣ είναι τίτλος ειδίκευσης, ισοδυναμεί με **90 πιστωτικές μονάδες**, είναι ισότιμο προς πτυχίο **Master of Science** και αποτελεί δεύτερο μεταπτυχιακό τίτλο για τους διπλωματούχους ενιαίων αδιάσπαστων 5ετών σπουδών, όπως οι μηχανικοί.

**Γλώσσα λειτουργίας** και εκπαίδευσης θα είναι η **αγγλική** μόλις ολοκληρωθεί η μετάβαση του ΔΠΜΣ σε αγγλόφωνο μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών.

Τη **διοικητική υποστήριξη** του προγράμματος αναλαμβάνει η Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών του ΕΜΠ. Η απαραίτητη **υλικοτεχνική υποδομή** (αίθουσες διδασκαλίας, εργαστήρια, βιβλιοθήκες, υπολογιστές) θα διατίθενται από της συνεργαζόμενες Σχολές.

Αναλυτικές πληροφορίες σχετικά με την δομή του ΔΜΠΣ, τα μαθήματα, δραστηριότητες, αποφοίτους, κλπ μπορούν να αναζητηθούν στην ιστοσελίδα του ΔΠΜΣ: <https://mathtechfin.math.ntua.gr/>

#### **α. Η καθημερινή λειτουργία του ΔΠΜΣ**

Η καθημερινή λειτουργία του ΔΠΜΣ υποστηρίζεται από τη διοικητική υποστήριξη που παρέχει η Γραμματεία του. Οι φοιτητές/τριες ενημερώνονται και επικοινωνούν με όλα τα σύγχρονα μέσα, σε συλλογικό ή ατομικό επίπεδο κατά περίπτωση, για όλα τα τρέχοντα θέματα του ΔΠΜΣ, όπως, ενδεικτικά:

- Η παροχή πληροφοριών και στοιχείων σχετικά με το ΔΠΜΣ.
- Η συγκέντρωση των δικαιολογητικών των υποψηφίων μεταπτυχιακών φοιτητών.
- Οι εγγραφές των μεταπτυχιακών φοιτητών στην αρχή κάθε εκπαιδευτικής περιόδου.
- Η σύνταξη καταλόγου φοιτητών ανά μάθημα.
- Η τήρηση καρτέλας για κάθε εγγεγραμμένο φοιτητή και ενημέρωσή της κατά τη διάρκεια των σπουδών.
- Η έκδοση δελτίων βαθμολογίας.
- Η σύνταξη των Ωρολογίων Προγραμμάτων Μαθημάτων και των Προγραμμάτων Εξετάσεων.
- Η έκδοση πιστοποιητικών και βεβαιώσεων, που χορηγούνται μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου.
- Οι διαδικασίες απονομής τίτλων.

#### **β. Προκήρυξη θέσεων - επιλογή υποψηφίων**

Στο ΔΠΜΣ Μ.Π.Σ.Τ.Χ. γίνονται δεκτοί από την Επιτροπή Προγράμματος Σπουδών (ΕΠΣ), μετά από ανοικτή προκήρυξη, προεπιλογή και συνέντευξη πτυχιούχοι ΑΕΙ της ημεδαπής ή ομοταγών αναγνωρισμένων ιδρυμάτων της αλλοδαπής και ειδικότερα οι ακόλουθοι: απόφοιτοι Μαθηματικών Τμημάτων και λοιπών Τμημάτων Θετικών Επιστημών, Πολυτεχνείων και Πολυτεχνικών Σχολών, Τμημάτων Οικονομικών Επιστημών καθώς και των Στρατιωτικών Πανεπιστημίων της χώρας, για τους οποίους η απόκτηση ΔΜΣ δεν συνεπάγεται και την απόκτηση του βασικού διπλώματος του ΕΜΠ. Με τον ίδιο ως άνω περιορισμό, γίνονται κατ' αρχήν δεκτές προς εξέταση και αιτήσεις υποψηφιότητας κατόχων τίτλων σπουδών λοιπών Σχολών, σύμφωνα



με τα προβλεπόμενα στις ισχύουσες διατάξεις. Υποψήφιοι τελειόφοιτοι των παραπάνω κατηγοριών οι οποίοι έχουν γίνει δεκτοί στο ΔΠΜΣ, οφείλουν να καταθέσουν αποδεικτικά στοιχεία για την απόκτηση του διπλώματος/πτυχίου προκειμένου να εγγραφούν. Μέχρις ότου αρθεί η εκκρεμότητα αυτή δεν θα εκδίδεται κανένα πιστοποιητικό στον ενδιαφερόμενο.

Οι υποψήφιοι οφείλουν να καταθέσουν αίτηση υποψηφιότητας στο πρόγραμμα τις ημερομηνίες που ορίζει η προκήρυξη.

Τα αποδεικτικά γνώσης του παραπάνω υπόβαθρου καλύπτονται είτε με τα αναλυτικά περιεχόμενα των προηγούμενων σπουδών και υπόμνημα σταδιοδρομίας του μεταπτυχιακού φοιτητή είτε με την προεγγραφή του για παρακολούθηση και την επιτυχή εξέταση στα μαθήματα των σπουδών του ΕΜΠ που καθορίζει η ΕΠΣ. Ειδικότερα, κατά την επιλογή των υποψηφίων συνεκτιμώνται από την ΕΠΣ, μετά από εισήγηση Επιτροπής Επιλογής των μεταπτυχιακών φοιτητών, η οποία ορίζεται από την ΕΠΣ, και τα παρακάτω κριτήρια, καθορίζονται δε ενδεχομένως και τα ποσοστά των εγγραφόμενων από κάθε χώρο προέλευσης.

Η επιλογή των μεταπτυχιακών φοιτητών/τριών θα γίνει με συνεκτίμηση κυρίως των εξής κριτηρίων:

- γενικός βαθμός του διπλώματος/πτυχίου,
- σειρά κατάταξης του βαθμού του διπλώματος/πτυχίου σε σχέση με τους βαθμούς των υπολοίπων αποφοίτων στην ίδια Σχολή / Τμήμα στο έτος αποφοίτησης,
- βαθμολογία στα προπτυχιακά μαθήματα που είναι σχετικά με το πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών,
- επίδοση στη διπλωματική εργασία, όπου αυτή προβλέπεται στο προπτυχιακό επίπεδο,
- άλλοι τυχόν μεταπτυχιακοί τίτλοι σπουδών που σχετίζονται με το αντικείμενο του ΔΠΜΣ,
- ερευνητική, επαγγελματική ή και τεχνολογική δραστηριότητα του υποψηφίου,
- οι γνώσεις ξένων γλωσσών και τουλάχιστον της αγγλικής, για δε τους αλλοδαπούς και η γνώση της ελληνικής γλώσσας,
- οι γνώσεις πληροφορικής,
- συστατικές επιστολές,
- προσωπική συνέντευξη και
- εφόσον ο/η υποψήφιος/α είναι υπάλληλος, οι ανάγκες του φορέα από τον οποίο προέρχεται και οι προοπτικές του/της υποψηφίου.

Η συνέντευξη προγραμματίζεται από την Επιτροπή Προγράμματος Σπουδών (ΕΠΣ) και διεξάγεται από τριμελή Επιτροπή Επιλογής που ορίζεται από την ΕΠΣ και απαρτίζεται από μέλη ΔΕΠ, διδάσκοντες στο ΔΠΜΣ, εκ των οποίων ο ένας είναι μέλος της ΕΠΣ.

Ο πίνακας επιτυχόντων, μετά από εισήγηση της Επιτροπής Επιλογής, εγκρίνεται από την ΕΠΣ και επικυρώνεται από τη ΓΣ της επισπεύδουσας Σχολής. Ο ανώτατος αριθμός εισακτέων μεταπτυχιακών φοιτητών στο ΔΠΜΣ Μ.Π.Σ.Τ.Χ. ορίζεται σε **πενήντα (50)**. Σε κάθε ΔΠΜΣ, επιπλέον του αριθμού εισακτέων, είναι δυνατό να γίνεται δεκτός ένας υπότροφος του Ιδρύματος Κρατικών Υποτροφιών (ΙΚΥ) που πέτυχε στο σχετικό διαγωνισμό μεταπτυχιακών σπουδών εσωτερικού του γνωστικού αντικείμενου του ΔΠΜΣ και ένας αλλοδαπός υπότροφος του Ελληνικού Κράτους. Με απόφαση της ΕΠΣ, ο αριθμός των υποτρόφων μπορεί να



αυξάνεται. Τα μέλη των κατηγοριών ΕΕΠ, ΕΔΙΠ και ΕΤΕΠ που πληρούν τις προϋποθέσεις μπορούν μετά από αίτησή τους, να εγγραφούν ως υπεράριθμοι και μόνο ένας κατ' έτος σε ΔΠΜΣ της Σχολής στην οποία υπηρετούν και εφόσον υπάρχει συνάφεια του γνωστικού αντικειμένου με το έργο το οποίο επιτελούν. Ο συνολικός αριθμός εισακτέων μεταπτυχιακών φοιτητών κάθε έτος στο ΔΠΜΣ προσδιορίζεται από την ΕΠΣ σύμφωνα με τον αριθμό των διδασκόντων του ΔΠΜΣ και την αναλογία φοιτητών-διδασκόντων, την υλικοτεχνική υποδομή και τις αίθουσες διδασκαλίας.

Σε περίπτωση ΔΠΜΣ που διεξάγονται αποκλειστικά στην αγγλική γλώσσα, θα πρέπει να προσδιορίζεται ο αριθμός των μεταπτυχιακών φοιτητών, ώστε τουλάχιστον το ήμισυ να καλύπτεται από Έλληνες φοιτητές, εφόσον φυσικά υπάρχει ικανοποιητικός αριθμός αιτήσεων. Ανάλογα, θα επανακαθορίζεται ο συνολικός αριθμός των μεταπτυχιακών φοιτητών.

Όσον αφορά στους υποψηφίους από ΑΤΕΙ, ΑΣΠΑΙΤΕ ή ισότιμων σχολών, εφόσον επιλεγούν, υποχρεούνται βάσει σχετικής απόφασης της ΓΣ της οικείας Σχολής να παρακολουθήσουν επιτυχώς τα καθορισμένα κατά περίπτωση προπτυχιακά μαθήματα στον προβλεπόμενο χρόνο παρακολούθησης του ΔΠΜΣ, προκειμένου να τους απονεμηθεί το ΔΜΣ με την επιτυχή παρακολούθηση του πλήρους προγράμματος του ΔΠΜΣ.

Η ΕΠΣ του ΔΠΜΣ δύναται να ορίζει κατά περίπτωση, την παρακολούθηση προαπαιτούμενων προπτυχιακών μαθημάτων σε φοιτητές για τους οποίους κρίνει ότι πρέπει να συμπληρωθεί το υπόβαθρο ακαδημαϊκών και κυρίως μαθηματικών γνώσεων κατά την εισαγωγή τους στο ΔΠΜΣ. Το πλήθος των μαθημάτων αυτών μπορεί να είναι το πολύ μέχρι τέσσερα (4) εξαμηνιαία μαθήματα ανά φοιτητή και δύνανται να προέρχονται από τους Προπτυχιακούς Κύκλους Σπουδών των συμμετεχουσών στο ΔΠΜΣ Σχολών. Εφόσον τα προαπαιτούμενα μαθήματα είναι λιγότερα των τριών (3), η ΕΠΣ αποφασίζει για την ενδεχόμενη παράλληλη παρακολούθησή τους από το μεταπτυχιακό φοιτητή, υπό την προϋπόθεση ότι η επιτυχής εξέταση σε αυτά θα γίνει πριν από την έναρξη των μεταπτυχιακών μαθημάτων, για τα οποία είναι προαπαιτούμενα και οπωσδήποτε πριν από την έναρξη εκπόνησης της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας.

Για την προσέλκυση υποψηφίων υψηλών προσόντων προβλέπεται η διοργάνωση ημερίδας για την προβολή του Προγράμματος στους ενδιαφερόμενους (κάθε άνοιξη) και την ενημέρωσή τους σχετικά με τις διάφορες πτυχές του ΔΠΜΣ. Ειδικότερα για την προσέλκυση σπουδαστών από την Αλλοδαπή, θα αποστέλλεται διαφημιστικό υλικό σε επιλεγμένες χώρες, Ιδρύματα, Οργανισμούς και άλλους Φορείς της Αλλοδαπής, ώστε να γίνουν γνωστά τα πλεονεκτήματα του Προγράμματος, όπως το υψηλό επίπεδο και ο πρωτοποριακός χαρακτήρας των σπουδών, το επίπεδο των υποδομών της ΣΕΜΦΕ και του ΕΜΠ, η διασύνδεση με διακεκριμένα Ιδρύματα της Αλλοδαπής, κ.α.

## **2. ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ**

Τη διοικητική υποστήριξη του προγράμματος αναλαμβάνει η Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών του ΕΜΠ. Σύμφωνα με τον Ν.4957/2022 (άρθρα 81, 82,

και άρθρο 455 “Τελικές μεταβατικές διατάξεις Κεφαλαίου Θ’), αρμόδια όργανα για το ΔΠΜΣ Μ.Π.Σ.Τ.Χ. είναι η Επιτροπή Προγράμματος Σπουδών (ΕΠΣ) του ΔΠΜΣ, η Συντονιστική Επιτροπή (ΣΕ) του ΔΠΜΣ και ο Διευθυντής Σπουδών του ΔΠΜΣ.

Η ΕΠΣ συγκροτείται με βάση το βάρος συμμετοχής των συνεργαζόμενων φορέων, ΣΕΜΦΕ, ΣΗΜΜΥ, ΣΧΜ, ΣΤΑ-ΜΓ, ΣΝΜΜ, στο πρόγραμμα των μεταπτυχιακών μαθημάτων, που καταγράφεται στο σύνδεσμο <https://mathtechfin.math.ntua.gr/> . Με βάση τα ανωτέρω στοιχεία η Επιτροπή Προγράμματος Σπουδών (ΕΠΣ) είναι 9μελής και αποτελείται από μέλη ΔΕΠ των συνεργαζόμενων Σχολών ή και Ομότιμους Καθηγητές των συνεργαζόμενων Σχολών, εφόσον παρέχουν διδακτικό έργο στο ΔΠΜΣ, με την παρακάτω κατανομή ανά σχολή:

- Τέσσερα (4) μέλη από τον Τομέα Μαθηματικών της Σχολής ΕΜΦΕ του ΕΜΠ
- Δύο (2) μέλη της Σχολής ΗΜΜΥ του ΕΜΠ
- Ένα (1) μέλος της Σχολής ΧΜ του ΕΜΠ
- Ένα (1) μέλος της Σχολής ΝΜΜ του ΕΜΠ
- Ένα (1) μέλος της Σχολής ΑΤΜ-ΜΓ του ΕΜΠ

Τα μέλη της ΕΠΣ των συνεργαζόμενων Σχολών εκλέγονται από τη Γενική Συνέλευση κάθε Σχολής.

Οι εκπρόσωποι των συνεργαζόμενων φορέων στην ΕΠΣ έχουν διετή θητεία.

Η σύνθεση της ΕΠΣ για το ακαδημαϊκό έτος 2023-24 έχει ως εξής:

1. Σχολή ΕΜΦΕ: Σ. Λαμπροπούλου, Καθηγήτρια – **Διευθύντρια του ΔΠΜΣ**, Π. Στεφανέας, Αναπλ. Καθηγητής, Φ. Βόντα, Καθηγήτρια, Ν. Σταυρακάκης, Ομότιμος Καθηγητής.
2. Σχολή ΧΜ: Θ. Θεοδώρου, Καθηγητής, Μ. Καβουσανάκης, Επικ. Καθηγητής (αναπλ. μέλος).
3. Σχολή ΑΤΜ-ΜΓ: Κ. Καράντζαλος, Αναπλ. Καθηγητής.
4. Σχολή ΝΜΜ: Κ. Μπελιμπασάκης Καθηγητής, Κ. Σπύρου, Καθηγητής (αναπλ. μέλος).
5. Σχολή ΗΜΜΥ: Η. Γλύτσης, Καθηγητής, Γ. Γκούμας, Αναπλ. Καθηγητής.

Η ΕΠΣ καθορίζει, λαμβάνοντας υπόψη τον Κανονισμό Λειτουργίας του ΔΠΜΣ, τόσο τα μαθήματα των πενταετούς διάρκειας σπουδών του ΕΜΠ, που καλύπτουν το απαραίτητο για την εγγραφή στο ΔΠΜΣ γνωστικό υπόβαθρο, όσο και τα μαθήματα εμβάθυνσης και όλες τις άλλες απαιτήσεις ενός καλά οργανωμένου ΠΜΣ. Ειδικότερα, με απόφαση της ΕΠΣ, λαμβάνοντας υπόψη και τα πορίσματα των διαδικασιών αξιολόγησης, πρέπει να καθορίζονται μέχρι τα μέσα Απριλίου κάθε έτους, τα εξής:

- i. οι τίτλοι και τα αναλυτικά περιεχόμενα των προαπαιτούμενων μαθημάτων των πενταετούς διάρκειας σπουδών του ΕΜΠ, όπως προκύπτουν από τις διατμηματικές απαιτήσεις για το διεπιστημονικό γνωστικό αντικείμενο κάθε ΔΠΜΣ, με τη βιβλιογραφία και τα διδακτικά βοηθήματα,
- ii. οι τίτλοι και τα αναλυτικά περιεχόμενα των μαθημάτων,
- iii. οι εβδομαδιαίες ώρες διδασκαλίας κάθε μαθήματος, όπου περιλαμβάνονται όλες οι διδακτικές δραστηριότητες,
- iv. η χρονική αλληλουχία ή αλληλεξάρτηση των μαθημάτων,
- v. τα χαρακτηριστικά του μαθήματος από πλευράς τεχνικής υποστήριξης,
- vi. οι επικαλύψεις με άλλα μαθήματα προπτυχιακού και μεταπτυχιακού επιπέδου, και

vii. το σύστημα βαθμολογίας.

Η ΕΠΣ του ΔΠΜΣ μεριμνά για το συνεχή έλεγχο ποιότητας και την αντικειμενική αξιολόγηση όλων των μαθημάτων για την απόκτηση του ΔΜΣ ως προς το μεταπτυχιακό επίπεδο και τη διατηρητικότητα και διεπιστημονικότητα της διδακτέας ύλης και των θεμάτων εξετάσεων, προς αποφυγή οποιασδήποτε σχέσης υποκατάστασης των κανονικών προγραμμάτων των πενταετούς διάρκειας σπουδών των Σχολών του Ιδρύματος.

Η ΕΠΣ του ΔΠΜΣ μπορεί, με αιτιολογημένη πρότασή της, και εφόσον δεν αλλάζει τη φυσιογνωμία του ΔΠΜΣ, να τροποποιεί (με προσθήκη, αφαίρεση, συγχώνευση) τα μαθήματα του προγράμματος και να προβαίνει σε ανακατανομή μεταξύ των μαθημάτων στις ακαδημαϊκές περιόδους (εξάμηνα), στο πλαίσιο πάντα της προβλεπόμενης διαδικασίας σύνταξης και έγκρισης του αναλυτικού προγράμματος σπουδών του ΔΠΜΣ.

Η ΣΕ δύναται να συγκροτείται με απόφαση της ΕΠΣ του ΔΠΜΣ με διετή θητεία. Απαρτίζεται από τον Διευθυντή του ΔΠΜΣ και τέσσερα από τα μέλη της Επιτροπής Προγράμματος Σπουδών. Η σύνθεση της ΣΕ για το ακαδημαϊκό έτος 2023-24 έχει ως εξής:

- Σχολή ΕΜΦΕ: Σ. Λαμπροπούλου, Καθηγήτρια, Π. Στεφανέας, Αναπλ. Καθηγητής.
- Σχολή ΑΤΜ-ΜΓ: Κ. Καράντζαλος, Αναπλ. Καθηγητής.
- Σχολή ΝΜΜ: Κ. Μπελιμπασάκης Καθηγητής,
- Σχολή ΗΜΜΥ: Γ. Γκούμας, Αναπλ. Καθηγητής.

Η ΣΕ είναι αρμόδια για την παρακολούθηση και τον συντονισμό λειτουργίας του προγράμματος, όπως:

- εγκρίνει τη χορήγηση υποτροφιών, ανταποδοτικών ή μη, σύμφωνα με όσα ορίζονται στην απόφαση ίδρυσης του ΔΠΜΣ και τον Κανονισμό μεταπτυχιακών και διδακτορικών σπουδών,
- καταρτίζει σχέδιο για την τροποποίηση του προγράμματος σπουδών, το οποίο υποβάλλει προς την ΕΠΣ,
- εισηγείται προς την ΕΠΣ την ανακατανομή των μαθημάτων μεταξύ των ακαδημαϊκών εξαμήνων, καθώς και θέματα που σχετίζονται με την ποιοτική αναβάθμιση του προγράμματος σπουδών.

Ο **Διευθυντής του ΔΠΜΣ**, προέρχεται από τα μέλη ΔΕΠ των συνεργαζομένων Σχολών και είναι κατά προτεραιότητα βαθμίδας Καθηγητή ή Αναπληρωτή Καθηγητή, είναι μέλος της ΕΠΣ και ορίζεται με απόφαση της ΕΠΣ για διετή θητεία, με δυνατότητα ανανέωσης χωρίς περιορισμό. Ο Διευθυντής του ΔΠΜΣ έχει τις ακόλουθες αρμοδιότητες:

- i. προεδρεύει της ΕΠΣ και της ΣΕ, συντάσσει την ημερήσια διάταξη και συγκαλεί τις συνεδριάσεις της,
- ii. εισηγείται τα θέματα που αφορούν στην οργάνωση και λειτουργία του ΔΠΜΣ προς την ΕΠΣ.
- iii. εισηγείται προς τη ΣΕ και τα λοιπά όργανα του ΔΠΜΣ και του ΑΕΙ θέματα σχετικά με την αποτελεσματική λειτουργία του ΔΠΜΣ,
- iv. παρακολουθεί την υλοποίηση των αποφάσεων των οργάνων του ΔΠΜΣ και του Εσωτερικού Κανονισμού μεταπτυχιακών και διδακτορικών προγραμμάτων σπουδών.

### 3. ΣΠΟΥΔΕΣ – ΜΑΘΗΜΑΤΑ

Σύμφωνα με το ισχύον πλαίσιο λειτουργίας των μεταπτυχιακών προγραμμάτων, η **ελάχιστη διάρκεια σπουδών** για την απόκτηση Διπλώματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΔΜΣ) είναι **τρία (3) ακαδημαϊκά εξάμηνα**. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις, στις οποίες ο μεταπτυχιακός φοιτητής ολοκληρώνει επιτυχώς τις υποχρεώσεις του για την απόκτηση του Διπλώματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΔΜΣ) σε χρονικό διάστημα μικρότερο της ελάχιστης προβλεπόμενης διάρκειας του ΔΠΜΣ και σε κάθε περίπτωση, σε διάστημα όχι μικρότερο του ενός (1) έτους, δύναται να λάβει το ΔΜΣ κατόπιν εισήγησης της ΕΠΣ στην ΕΜΣ και έγκρισης αυτής από τη Σύγκλητο.

Ο **μέγιστος χρόνος** παραμονής στο ΔΠΜΣ, υπολογιζόμενος από την κανονική εγγραφή στο ΔΠΜΣ, είναι **δύο (2) έτη**. Κατ' εξαίρεση, σε ειδικές περιπτώσεις, μπορεί να δοθεί μικρή παράταση μέχρι ένα (1) επιπλέον έτος, μετά από αιτιολογημένη απόφαση της ΕΠΣ. Με την ολοκλήρωση του 2ου έτους η ΕΠΣ αποφασίζει τη διακοπή της φοίτησης και χορηγεί βεβαίωση με τα μαθήματα και την αντίστοιχη βαθμολογία στα οποία αυτός έχει εξετασθεί επιτυχώς.

Οι μεταπτυχιακοί φοιτητές του ΔΠΜΣ έχουν τη δυνατότητα να διακόψουν προσωρινά τις σπουδές τους με έγγραφη αίτησή τους, για χρονικό διάστημα που δεν υπερβαίνει τα δύο (2) συνεχόμενα εξάμηνα. Τα εξάμηνα αναστολής της φοιτητικής ιδιότητας δεν προσμετρώνται στην προβλεπόμενη ανώτατη διάρκεια κανονικής φοίτησης.

Η διάρθρωση των μεταπτυχιακών μαθημάτων περιλαμβάνει υποχρεωτικά ή και κατ' επιλογήν υποχρεωτικά μαθήματα. Στον κύκλο των υποχρεωτικών μαθημάτων είναι δυνατόν να παρέχονται προαπαιτούμενα μαθήματα κορμού και ειδίκευσης. Κατά την κρίση των ΕΠΣ, τα μαθήματα μπορεί να προσφέρονται από άλλες Σχολές του ΕΜΠ ή και άλλα ΑΕΙ. Επίσης, κατά την κρίση της ΕΠΣ, τα μαθήματα μπορεί να παρέχονται ως επιλέξιμα και σε άλλα ΔΠΜΣ του ΕΜΠ. Είναι προφανές ότι πολλά από τα μαθήματα ειδίκευσης ή εμβάθυνσης των ΔΠΜΣ είναι επιλέξιμα από τα Προγράμματα Διδακτορικών Σπουδών.

Το Πρόγραμμα Σπουδών του ΔΠΜΣ περιλαμβάνει τις εξής κατηγορίες μαθημάτων:

- **κορμού,**
- **διεπιστημονικά,** και
- **κατεύθυνσης,**

καθώς και την **εκπόνηση μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας.**

Για την απόκτηση του Διπλώματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΔΜΣ) απαιτείται η παρακολούθηση και η επιτυχής εξέταση σε δέκα (10) τουλάχιστον μαθήματα του ΔΠΜΣ από αυτά που περιλαμβάνονται στον πίνακα μαθημάτων, καθώς και η εκπόνηση και επιτυχής εξέταση στην Μεταπτυχιακή Εργασία. Για κάθε ένα των μαθημάτων προβλέπονται ώρες παραδόσεων και φροντιστηριακών ή/και εργαστηριακών ασκήσεων. Κατά τη διάρκεια των σπουδών τους, οι μεταπτυχιακοί φοιτητές/τριες υποχρεούνται σε παρακολούθηση των μεταπτυχιακών μαθημάτων και συμμετοχή τους σε ασκήσεις.

Όλοι οι μεταπτυχιακοί φοιτητές/τριες, για την ολοκλήρωση των σπουδών τους, υποχρεούνται να περάσουν επιτυχώς **τέσσερα (4) τουλάχιστον από τα μαθήματα κορμού.**

Οι μεταπτυχιακοί φοιτητές/τριες της κάθε Κατεύθυνσης για την ολοκλήρωση των σπουδών τους υποχρεούνται να περάσουν επιτυχώς **τέσσερα (4) από τα μαθήματα της Κατεύθυνσης**. Έχουν δε και **δύο (2) μαθήματα ελεύθερης επιλογής**.

Σε κάθε περίπτωση η Διοίκηση του ΔΠΜΣ μπορεί, αν το κρίνει ακαδημαϊκά αναγκαίο, να μεταβάλλει την παραπάνω αναλογία επιλογής των μαθημάτων στις διάφορες κατηγορίες.

Η Διοίκηση του ΔΠΜΣ έχει το δικαίωμα, ανάλογα με τον ακαδημαϊκό φάκελο του κάθε μεταπτυχιακού φοιτητή, να καθορίσει αριθμών προπτυχιακών μαθημάτων από τις Σχολές του ΕΜΠ, τα οποία θα πρέπει να παρακολουθήσουν και να ολοκληρώσουν επιτυχώς για να μπορέσουν να εξεταστούν στα αντίστοιχα μεταπτυχιακά μαθήματα. Αυτά τα μαθήματα είναι επιπλέον των 10 μεταπτυχιακών μαθημάτων, τα οποία υποχρεούται ο/η μεταπτυχιακός/ή φοιτητής/τρια κατ' ελάχιστον να ολοκληρώσει επιτυχώς.

Στο ΔΠΜΣ λειτουργεί το «Σεμινάριο Μαθηματικής Προτυποποίησης» του οποίου η παρακολούθηση από τους/τις φοιτητές/τριες είναι υποχρεωτική. Η μη παρουσία σε σημαντικό μέρος των διαλέξεων του Σεμιναρίου -το ποσοστό καθορίζεται από τη Διοίκηση του ΔΠΜΣ- συνεπάγεται τον αποκλεισμό από τις τελικές εξετάσεις.

Το σύνολο των **Πιστωτικών Μονάδων (ECTS)** που απαιτούνται για την απόκτηση του ΔΜΣ ανέρχονται κατ' ελάχιστον σε **90**. Από αυτές κατ' ελάχιστον οι **εξήντα (60) προέρχονται από τα μαθήματα και τριάντα (30) από τη Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία**.

Τα προσφερόμενα μαθήματα στο πλαίσιο του ΔΠΜΣ, με τις αντίστοιχες πιστωτικές μονάδες και το εξάμηνο διδασκαλίας έχουν ως εξής:

ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ	Π.Μ. /ECTS	ΕΞΑΜΗΝΟ
<b>ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΚΟΡΜΟΥ</b>		
Προβλήματα Βελτιστοποίησης και Μεταβολικές Αρχές της Μαθηματικής Φυσικής	6	1
Δυναμικά Συστήματα και Μαθηματική Θεωρία Χάους	8	1
Θεωρία Πιθανοτήτων	8	1
Αριθμητική Ανάλυση	8	1
Συναρτησιακή Ανάλυση	8	1
Στατιστικά Πρότυπα	7	1
<b>ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ</b>		
Αριθμητική Γραμμική Άλγεβρα	8	1
Απεικόνιση Γραφημάτων	8	1
Θεωρία Μέτρου	8	1
Χρηματοοικονομική Διοίκηση	6	1
<b>ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ Ι: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΙΧΜΗΣ</b>		
Υπολογιστικές Μέθοδοι στη Μηχανική	6	1
Φαινόμενα Κυματοδήγησης στο Θαλάσσιο Περιβάλλον και Εφαρμογές	6	1
Απεικόνιση Γραφημάτων	8	1

<b>ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ II: ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ</b>		
Στοχαστικές Διαδικασίες	8	1
Στατιστικοί Σχεδιασμοί	9	1
Αναγνώριση Προτύπων	7	1
Αριθμητική Γραμμική Άλγεβρα	8	1
Εξόρυξη Γνώσης από Δεδομένα	5	1
Προχωρημένες Τεχνικές Δειγματοληψίας	6	1
Βιοστατιστική	6	1
<b>ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ III: ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ</b>		
Χρηματοοικονομική Διοίκηση	6	1
Χρηματοοικονομική Ανάλυση	6	1
Μαθηματικά Οικονομικά - Θεωρία Ισορροπίας	6	1
ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ	Π.Μ. /ECTS	ΕΞΑΜΗΝΟ
<b>ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΚΟΡΜΟΥ</b>		
Μη Γραμμικές Μερικές Διαφορικές Εξισώσεις	8	2
<b>ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ</b>		
Μη Γραμμική Δυναμική και Εφαρμογές	6	2
Μπεϋζιανή Στατιστική και MCMC	6	2
Θεωρία Κόμβων, Τοπολογία Χαμηλών Διαστάσεων και Εφαρμογές	8	2
Στοχαστικές Μέθοδοι στην Επιχειρησιακή Έρευνα (Επιχειρησιακή Έρευνα II)	8	2
Επιχειρησιακή Έρευνα I	8	2
Μη Γραμμικά Συστήματα και Έλεγχος	8	2
Υπολογιστική Στατιστική και Στοχαστική Βελτιστοποίηση	8	2
Ψηφιακή Επεξεργασία Σημάτων	7	2
Περιγραφική Θεωρία Συνόλων	8	2
Πεπερασμένες Διαφορές και Πεπερασμένα Στοιχεία για Μερικές Διαφορικές Εξισώσεις.	8	2
Άλγεβρα	8	2
Μη- Μαρκοβιανές Στοχαστικές Συναρτήσεις. Στοχαστική Δυναμική.	6	2
Δίκτυα: Βασικές Αρχές και Εφαρμογές	6	2
Ανάλυση και Διαχείριση Επενδύσεων	6	2
<b>ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ I: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΙΧΜΗΣ</b>		
Μοριακή Προσομοίωση Υλικών	6	2
Μαθηματική Προτυποποίηση στη Νανοτεχνολογία	8	2
Όραση Υπολογιστών	7	2
Εισαγωγή στη Φυσική και Τεχνολογία της Ελεγχόμενης Θερμοπυρηνικής Σύντηξης	8	2
Μέθοδοι Τηλεπισκόπησης για την Παρατήρηση και Παρακολούθηση του Περιβάλλοντος	7	2
Αλγόριθμοι Δικτύων και Πολυπλοκότητα	8	2
Μοντέλα Υπολογισμού, Τυπικές Γλώσσες και Αυτόματα	8	2
Πεπερασμένες Διαφορές και Πεπερασμένα Στοιχεία για Μερικές Διαφορικές Εξισώσεις	8	2
Συστημική και Δικτυακή Βιολογία	8	2



<b>ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ II: ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ</b>		
Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας	9	2
Υπολογιστική Στατιστική και Στοχαστική Βελτιστοποίηση	8	2
Μπεϋζιανή Στατιστική και MCMC	6	2
Διαχείριση και Επεξεργασία Μεγάλων Δεδομένων Παρατήρησης Γης	7	2
Ανάλυση Επιβίωσης και Αξιοπιστίας	8	2
Τεχνορύθμιση και Επιστήμη των Δεδομένων	7	2
Συστημική και Δικτυακή Βιολογία	8	2
Οικονομετρία και Ανάλυση Χρονοσειρών	6	2
Βαθιά Μάθηση	4	2
Στοχαστικές Διεργασίες & Βελτιστοποίηση στη Μηχανική Μάθηση	5	2
Ειδικά Θέματα Αλγορίθμων (Αλγοριθμική Επιστήμη Δεδομένων)	6	2
Προχωρημένα Θέματα Επιστήμης και Αναλυτικής Δεδομένων	7	2
<b>ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ III: ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ</b>		
Στοχαστικές ΔΕ και Εφαρμογές στη Χρηματοοικονομική	8	2
Χρηματοοικονομικά Παράγωγα	7	2
Ανάλυση και Διαχείριση Επενδύσεων	6	2
Χρηματοοικονομική Οικονομετρία	6	2
Ανάλυση Επιβίωσης και Αξιοπιστίας	8	2
Οικονομετρία και Ανάλυση Χρονοσειρών	6	2
Στοχαστικές Διεργασίες & Βελτιστοποίηση στη Μηχανική Μάθηση	5	2
Αρχές Χρηματοοικονομικής Θεωρίας	6	2
ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ	Π.Μ. /ECTS	ΕΞΑΜΗΝΟ
<b>ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ</b>		
Προτυποποίηση και Έλεγχος Δυναμικών Συστημάτων	6	3
Ειδικά Κεφάλαια σε Πολύπλοκα Συστήματα	6	3
Μηχανική Μάθηση	8	3
Παράλληλος Δικτυακός Υπολογισμός	7	3
<b>ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ I: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΙΧΜΗΣ</b>		
Εφαρμογές της μη Γραμμικής Οπτικής στις Φωτονικές Επικοινωνίες και Διατάξεις	8	3
Ηλεκτρο-Οπτική και Εφαρμογές	6	3
<b>ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ III: ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ</b>		
Μικροοικονομική Θεωρία	6	3
Στοχαστικές Αριθμητικές Μέθοδοι και Εφαρμογές στα Χρηματοοικονομικά	8	3
Ποσοτικές Μέθοδοι Αποτίμησης Σύγχρονων Πολύπλοκων Μετοχικών Επενδυτικών Προϊόντων	8	3

Τα Περιγράμματα των Μαθημάτων του ΔΜΠΣ (περιεχόμενο μαθημάτων, προαπαιτούμενα, προτεινόμενη βιβλιογραφία, προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα, μέθοδοι αξιολόγησης της επίδοσης των φοιτητών και της εκπαιδευτικής διαδικασίας συνολικά, κλπ) μπορούν να αναζητηθούν στην ιστοσελίδα του ΔΠΜΣ: <https://mathtechfin.math.ntua.gr/>



Τροποποίηση του προγράμματος μαθημάτων και ανακατανομή μεταξύ των εξαμήνων μπορεί να επέλθει με αποφάσεις των αρμοδίων οργάνων και αναφορά στον Κανονισμό Μεταπτυχιακών Σπουδών.

Οι μεταπτυχιακοί φοιτητές που έχουν εισαχθεί στο πρόγραμμα μέχρι και το ακαδημαϊκό έτος 2022-2023 θα περατώσουν τις σπουδές τους σύμφωνα με τις διατάξεις της προηγούμενης απόφασης Συγκλήτου (συνεδρίαση 5-9-2018).

#### **4. ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΕΣ**

Το διδακτικό έργο των Προγραμμάτων Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΠΜΣ) ανατίθεται, κατόπιν απόφασης του αρμόδιου οργάνου του ΠΜΣ στις ακόλουθες κατηγορίες διδασκόντων:

- α) μέλη Διδακτικού Ερευνητικού Προσωπικού (ΔΕΠ) και Εργαστηριακού Διδακτικού Προσωπικού (ΕΔΙΠ) της Σχολής ή άλλων Σχολών του ιδίου Ανώτατου Εκπαιδευτικού Ιδρύματος (ΑΕΙ) ή Τμημάτων άλλου ΑΕΙ ή Ανώτατου Στρατιωτικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος (ΑΣΕΙ),
- β) ομότιμους Καθηγητές ή αφυπηρητήσαντα μέλη ΔΕΠ της Σχολής ή άλλων Σχολών του ιδίου ΑΕΙ ή άλλων Τμημάτων άλλου ΑΕΙ,
- γ) συνεργαζόμενους καθηγητές ή ερευνητές,
- δ) εντεταλμένους διδάσκοντες,
- ε) επισκέπτες καθηγητές ή επισκέπτες ερευνητές,
- στ) ερευνητές και ειδικούς λειτουργικούς επιστήμονες ερευνητικών και τεχνολογικών φορέων του άρθρου 13<sup>Α</sup> του ν. 4310/2014 (Α' 258) ή λοιπών ερευνητικών κέντρων και ινστιτούτων της ημεδαπής ή αλλοδαπής,
- ζ) επιστήμονες αναγνωρισμένου κύρους, οι οποίοι διαθέτουν εξειδικευμένες γνώσεις και σχετική εμπειρία στο γνωστικό αντικείμενο του ΔΠΜΣ.

Η ανάθεση του διδακτικού έργου του ΠΜΣ πραγματοποιείται με απόφαση της ΓΣ της επισπεύδουσας Σχολής, κατόπιν εισήγησης της ΕΠΣ του ΔΠΜΣ. Ειδικότερες προϋποθέσεις σχετικά με την ανάθεση του διδακτικού έργου δύναται να ορίζονται στην απόφαση ίδρυσης του ΠΜΣ.

Δικαίωμα επίβλεψης μεταπτυχιακών διπλωματικών εργασιών έχουν οι διδάσκοντες των περ. α) έως στ) υπό την προϋπόθεση ότι είναι κάτοχοι διδακτορικού διπλώματος.

Με απόφαση της ΕΠΣ του ΔΠΜΣ δύναται να ανατίθεται η επίβλεψη διπλωματικών εργασιών και σε μέλη ΔΕΠ των συνεργαζόμενων Σχολών που δεν έχουν αναλάβει διδακτικό έργο στο ΔΠΜΣ.

Με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος δύναται να ανατίθεται επικουρικό διδακτικό έργο στους υποψήφιους διδάκτορες του Τμήματος ή της Σχολής, υπό την επίβλεψη διδάσκοντος του ΔΠΜΣ.

## 5. ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΗΜΕΡΟΛΟΓΙΟ

Σύμφωνα με τον υφιστάμενο τρόπο οργάνωσης των μεταπτυχιακών σπουδών στο ΕΜΠ, το Ακαδημαϊκό έτος περιλαμβάνει τρία διδακτικά εξάμηνα. Το Ακαδημαϊκό Ημερολόγιο κάθε ακ. έτους καθορίζεται από την Σύγκλητο του ΕΜΠ.

Συγκεκριμένα, το πρώτο και το τρίτο εξάμηνο αρχίζουν την πρώτη Δευτέρα του Οκτωβρίου και τελειώνουν την τελευταία Παρασκευή του Ιανουαρίου. Περιλαμβάνουν κατ' ελάχιστο 13 διδακτικές εβδομάδες, δύο εβδομάδες για διακοπές Χριστουγέννων και δύο εβδομάδες για ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες και εξετάσεις. Το δεύτερο εξάμηνο αρχίζει στα μέσα του Φεβρουαρίου και ολοκληρώνεται στα μέσα του Ιουνίου. Περιλαμβάνει κατ' ελάχιστο 13 διδακτικές εβδομάδες, δύο εβδομάδες ειδικών εκπαιδευτικών αναγκών και εξετάσεων και δύο εβδομάδες διακοπών του Πάσχα. Όλα τα εξάμηνα έχουν δεκαήμερη ανοχή στην ολοκλήρωση του εξεταστικού αντικειμένου τους. Στην διάρκεια του τρίτου εξαμήνου ολοκληρώνεται και η εκπόνηση και εξέταση της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας.

## 6. ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ - ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ - ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ

Η εκπαιδευτική διαδικασία του ΔΠΜΣ ΜΠΣΤΧ πραγματοποιείται κυρίως δια ζώσης ή και με μεθόδους σύγχρονης ή και ασύγχρονης εξ αποστάσεως εκπαίδευσης, εν όλω ή εν μέρει. Η απαραίτητη υλικοτεχνική υποδομή (αίθουσες διδασκαλίας, εργαστήρια, βιβλιοθήκες, υπολογιστές) θα διατίθενται από της συνεργαζόμενες Σχολές. Η οργάνωση μαθημάτων και λοιπών εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων με τη χρήση μεθόδων σύγχρονης εξ αποστάσεως εκπαίδευσης αφορά σε μαθήματα και εκπαιδευτικές δραστηριότητες που από τη φύση τους δύναται να υποστηριχθούν με τη χρήση μεθόδων εξ αποστάσεως εκπαίδευσης και δεν εμπεριέχουν πρακτική ή εργαστηριακή εξάσκηση των φοιτητών, που για τη διεξαγωγή τους απαιτείται η συμμετοχή τους με φυσική παρουσία. Η οργάνωση μαθημάτων και λοιπών εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων με τη χρήση μεθόδων ασύγχρονης εξ αποστάσεως εκπαίδευσης αφορά σε μαθήματα και εκπαιδευτικές δραστηριότητες για την υποστήριξη ατόμων με αναπηρία, ή στο πλαίσιο της διεθνοποίησης του ιδρύματος. Το εκπαιδευτικό υλικό ασύγχρονης εκπαίδευσης δύναται να περιλαμβάνει σημειώσεις, παρουσιάσεις, ασκήσεις, ενδεικτικές λύσεις αυτών, καθώς και βιντεοσκοπημένες διαλέξεις, εφόσον τηρείται η κείμενη νομοθεσία περί προστασίας προσωπικών δεδομένων. Το πάσης φύσεως εκπαιδευτικό υλικό παρέχεται αποκλειστικά για εκπαιδευτική χρήση των εγγεγραμμένων φοιτητών. Η διαχείριση της εξ αποστάσεως εκπαιδευτικής διαδικασίας των ΔΠΜΣ πραγματοποιείται από την διαδικτυακή πλατφόρμα διαχείρισης μαθημάτων Helios του ΕΜΠ, υπεύθυνοι για την υποστήριξη της οποίας είναι από κοινού το Κέντρο Η/Υ και το Κέντρο Δικτύων του ΕΜΠ.

Η παρακολούθηση των μαθημάτων και η συμμετοχή στις εκπαιδευτικές δραστηριότητες και εργασίες είναι υποχρεωτική. Σε περίπτωση που συντρέχουν εξαιρετικά σοβαροί και τεκμηριωμένοι λόγοι αδυναμίας παρουσίας του μεταπτυχιακού φοιτητή, η ΕΠΣ μπορεί να δικαιολογήσει ορισμένες απουσίες, ο μέγιστος αριθμός των οποίων δεν μπορεί να υπερβεί το 1/3 των διαλέξεων. Σε μια τέτοια περίπτωση ο φοιτητής θα πρέπει να ενημερώσει έγκαιρα την

γραμματεία ή τον υπεύθυνο του μαθήματος. Όποιος μεταπτυχιακός φοιτητής/φοιτήτρια δεν έχει συμπληρώσει τον απαραίτητο αριθμό παρουσιών σε κάθε μάθημα επαναλαμβάνει το μάθημα στην επόμενη και τελευταία διδακτική περίοδο.

Αν ο μεταπτυχιακός φοιτητής έχει παρακολουθήσει μαθήματα άλλου αναγνωρισμένου μεταπτυχιακού κύκλου σπουδών και έχει εξεταστεί επιτυχώς σε αυτά, μπορεί να απαλλαγεί από το πολύ δύο (2) αντίστοιχα μαθήματα του ΔΠΜΣ μετά από αίτησή του, εισήγηση των αντίστοιχων διδασκόντων και απόφαση της ΕΠΣ.

Η τελική εξέταση διεξάγεται μετά το τέλος διδασκαλίας της εκπαιδευτικής περιόδου, σε εξεταστική περίοδο διάρκειας δύο εβδομάδων, σύμφωνα με το Ενιαίο Ακαδημαϊκό Ημερολόγιο των Μεταπτυχιακών Σπουδών του Ιδρύματος και τις ειδικότερες αποφάσεις της ΕΠΣ. Μαθήματα που δεν έγιναν θα πρέπει να αναπληρωθούν έτσι ώστε να συμπληρωθεί ο αριθμός των 13 εκπαιδευτικών εβδομάδων για όλα τα μαθήματα. Η αναπλήρωση αποφασίζεται και ανακοινώνεται από την ΕΠΣ του ΔΠΜΣ φροντίζοντας την τήρηση του ακαδημαϊκού ημερολογίου, όσο αυτό είναι δυνατό.

Πριν τις εξετάσεις ο υπεύθυνος του εκάστοτε μαθήματος, συμβουλευόμενος τις καταστάσεις παρουσιών, καλεί τους/τις φοιτητές/τριες που έχουν απουσιάσει αδικαιολόγητα σε περισσότερες του 1/3 των διαλέξεων και τους ζητάει να υποβάλουν στη Γραμματεία του ΔΠΜΣ τα απαραίτητα δικαιολογητικά. Μετά την συγκέντρωση των δικαιολογητικών η ΕΠΣ διατυπώνει τις υποχρεώσεις, που προκύπτουν για κάθε φοιτητή/τρια ονομαστικά ή αποφασίζει την διαγραφή του/της φοιτητή/τριας από το ΔΠΜΣ.

Η βαθμολογία στα μαθήματα γίνεται στην κλίμακα 0-10, χωρίς κλασματικό μέρος, με βάση επιτυχίας το 5. Ο βαθμός του μαθήματος μπορεί να προκύπτει όχι μόνο από την Τελική Εξέταση αλλά και από τις Προόδους, τις Εργασίες και λοιπές δραστηριότητες, που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια του μαθήματος, με σχετική βαρύτητα, που καθορίζεται σε κάθε μάθημα από τον αρμόδιο διδάσκοντα και δεν μπορεί να υπολείπεται του 30% του συνολικού βαθμού του μαθήματος. Οι λεπτομέρειες υλοποίησης του διδακτικού έργου όπως και της αξιολόγησης της επίδοσης των φοιτητών αναφέρονται ρητά στην ιστοσελίδα του κάθε μαθήματος. Διευκρινίζεται παράλληλα ότι μόνο η βαθμολογία της Μεταπτυχιακής Εργασίας, που δίνεται από τους επιμέρους εξεταστές και ως μέσος όρος, μπορεί να περιλαμβάνει μισή κλασματική μονάδα.

Τα αποτελέσματα εκδίδονται από τους διδάσκοντες εντός δύο εβδομάδων από τη διεξαγωγή της τελικής εξέτασης.

Δεν προβλέπεται επαναληπτική εξέταση. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις, η ΕΠΣ μπορεί, με τεκμηριωμένη απόφασή της, να αποδεχθεί έκτακτη επιπλέον εξέταση σε δύο (2) το πολύ μαθήματα ανά φοιτητή ανά ακαδημαϊκό έτος, εφόσον ο μεταπτυχιακός φοιτητής δεν μπόρεσε να εξεταστεί για λόγους ανώτερης βίας. Η ΕΠΣ μπορεί επίσης, σε εξαιρετικές περιπτώσεις, να ορίσει επαναληπτικές εξετάσεις.

Οι αποτυχόντες σε μαθήματα μπορούν να επανεγγραφούν τον επόμενο χρόνο στα ίδια (ή και διαφορετικά αν πρόκειται για επιλογής) μαθήματα. Σε περιπτώσεις διετών προγραμμάτων κατά

τις οποίες δεν είναι δυνατή η επανεγγραφή στον επόμενο χρόνο, επιτρέπεται κατ' εξαίρεση μία και μόνον πρόσθετη εξεταστική περίοδος, προσδιοριζόμενη σε κατάλληλο χρόνο από την ΕΠΣ.

Αν ο μεταπτυχιακός φοιτητής αποτύχει στην εξέταση μέχρι δύο μαθημάτων, ούτως ώστε σύμφωνα με όσα ορίζονται στον παρόντα Κανονισμό θεωρείται ότι δεν έχει ολοκληρώσει επιτυχώς το πρόγραμμα, δύναται να εξετασθεί κατόπιν τεκμηριωμένης απόφασης της ΕΠΣ, ύστερα από αίτησή του, από τριμελή επιτροπή μελών ΔΕΠ της Σχολής, οι οποίοι έχουν το ίδιο ή συναφές γνωστικό αντικείμενο με το εξεταζόμενο μάθημα και ορίζονται από την ΕΠΣ του ΔΠΜΣ. Από την επιτροπή εξαιρούνται οι διδάσκοντες του μαθήματος.

## **7. ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Η ανάληψη Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας (ΜΔΕ) γίνεται με την κατάθεση του σχετικού εντύπου στη Γραμματεία του ΔΠΜΣ, μετά το πέρας του 2ου εξαμήνου, με την προϋπόθεση ότι ο μεταπτυχιακός φοιτητής έχει εξεταστεί επιτυχώς σε τουλάχιστον έξι (6) μαθήματα του 1<sup>ου</sup> και 2<sup>ου</sup> εξαμήνου σπουδών.

Αν η μεταπτυχιακή εργασία δεν ολοκληρωθεί επιτυχώς εντός του 3ου τετραμήνου, μπορεί να συνεχιστεί κατά το επόμενο εξάμηνο σπουδών. Πρέπει όμως να τονιστεί ότι η μέγιστη διάρκεια φοίτησης για το ΔΠΜΣ δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 2 χρόνια, υπολογιζόμενη από την ημερομηνία πρώτης εγγραφής στο ΔΠΜΣ.

Το κείμενο της μεταπτυχιακής εργασίας γράφεται με ηλεκτρονικό κειμενογράφο και υποβάλλεται σε ψηφιακή μορφή. Θα πρέπει να περιλαμβάνει οπωσδήποτε πίνακα περιεχομένων, βιβλιογραφικές αναφορές και περίληψη 300 έως 500 λέξεων.

Η χρήση των πηγών από τη Βιβλιογραφία είναι πολύ σημαντική για την τεκμηρίωση της εργασίας και τη συσχέτισή της με την υπάρχουσα επιστημονική δραστηριότητα στο συγκεκριμένο αντικείμενο. Πληροφορίες, ιδέες και στοιχεία που προέρχονται από άλλες πηγές (συμβατικές ή internet) είναι απαραίτητο να αναφέρονται με μνεία της προέλευσής τους. Τούτο ισχύει τόσο για στοιχεία που εντάσσονται στο κείμενο, όσο και ιδιαίτερα για σχήματα, διαγράμματα, φωτογραφίες και πίνακες από άλλες εργασίες, στη λεζάντα των οποίων πρέπει να αναφέρεται η πηγή προέλευσης.

Γλώσσα συγγραφής της ΜΔΕ είναι η ελληνική ή η αγγλική και ορίζεται με απόφαση της ΕΠΣ. Η ΜΔΕ πρέπει να περιλαμβάνει εκτεταμένη περίληψη στην ελληνική και την αγγλική γλώσσα. Όσον αφορά στα ξενόγλωσσα ΔΠΜΣ, γλώσσα διδασκαλίας και συγγραφής της ΜΔΕ είναι η αγγλική.

Η εξέταση και βαθμολόγηση της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας γίνεται, μετά την επιτυχή ολοκλήρωση των δέκα (10) απαιτούμενων για το δίπλωμα μαθημάτων, κατά τις εξεταστικές περιόδους Φεβρουαρίου, Ιουνίου και Σεπτεμβρίου, από τριμελή επιτροπή που περιλαμβάνει τον επιβλέποντα και ορίζεται από την Ε.Π.Σ. Ο ελάχιστος προαγωγικός βαθμός για τη μεταπτυχιακή εργασία είναι το 5,5.

Περισσότερες λεπτομέρειες για την ΜΔΕ μπορούν να αναζητηθούν στο Περίγραμμα της ΜΔΕ, στα Περιγράμματα των Μαθημάτων του ΔΜΠΣ, στην ιστοσελίδα του ΔΠΜΣ: <https://mathtechfin.math.ntua.gr/>

## 8. ΑΠΟΝΟΜΗ - ΒΑΘΜΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ

Για την απονομή του Δ.Μ.Σ. απαιτούνται ο προαγωγικός βαθμός στα μεταπτυχιακά μαθήματα και στη μεταπτυχιακή εργασία. Αν τούτο δεν επιτευχθεί εντός της διετίας, ο μεταπτυχιακός φοιτητής παίρνει απλό πιστοποιητικό παρακολούθησης για τα μαθήματα, στα οποία έχει λάβει προβιβάσιμο βαθμό και αποχωρεί.

Ο γενικός βαθμός του Δ.Μ.Σ. προκύπτει ως ο σταθμισμένος μέσος όρος των βαθμών των μεταπτυχιακών μαθημάτων και της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας, όπου η τελευταία θεωρείται ότι αντιστοιχεί σε διδακτικές μονάδες ενός (1) εξαμήνου μαθημάτων.

$$\text{Δηλαδή Βαθμός Δ.Μ.Σ.} = \frac{\sum (\text{Βαθμός Μαθήματος} \times \text{ΠΜ Μαθήματος}) + 30 \times \text{Βαθμός ΜΕ}}{30 + \sum (\text{ΠΜ Μαθημάτων})}$$

Όπου:

ΠΜ: Πιστωτικές Μονάδες

ΜΕ: Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Η βαθμολογική κλίμακα με την οποία υπολογίζονται οι βαθμοί επίδοσης είναι δεκαβάθμια (0-10).

Άριστα: 9,00 - 10,00      Λίαν Καλώς: 7,00 - 8,99      Καλώς: 5,00 - 6,99

Στον πρωτότυπο τίτλο του Μ.Δ.Ε. δεν θα αναγράφεται ο βαθμός διπλώματος αριθμητικά, αλλά μόνο η κλίμακα "Καλώς", "Λίαν Καλώς" ή "Άριστα", που θα εξάγεται ανάλογα με τον τελικό βαθμό που έχει προκύψει, σύμφωνα με τους κανονισμούς του ΕΜΠ.

## 9. ΠΑΡΟΧΕΣ ΠΡΟΣ ΤΟΥΣ ΦΟΙΤΗΤΕΣ

### α. Ο Σύμβουλος των Μεταπτυχιακών Σπουδών

Αμέσως μετά την ολοκλήρωση των εγγραφών των μεταπτυχιακών φοιτητών/τριών η ΕΠΣ ορίζει για κάθε μεταπτυχιακό/ή φοιτητή/τρια ένα Ακαδημαϊκό Σύμβουλο (ΑΣ). Ο σύμβουλος δεν ταυτίζεται κατ' ανάγκη με τον επιβλέποντα της μεταπτυχιακής εργασίας. Ως σύμβουλοι μπορούν να οριστούν κατ' αρχάς όλα τα μέλη ΔΕΠ που διδάσκουν στο ΔΠΜΣ.

Κατά τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών:

Οι ΑΣ συμβουλεύουν και υποστηρίζουν τους μεταπτυχιακούς φοιτητές με σκοπό να διευκολυνθεί η μετάβαση από τη πρώτη στο δεύτερο κύκλο σπουδών. Επίσης, συμβουλεύουν και καθοδηγούν τους μεταπτυχιακούς φοιτητές, κατά την εξέλιξη των σπουδών τους.

Οι ΑΣ ενημερώνουν, πληροφορούν και συμβουλεύουν τους/τις μεταπτυχιακούς/ές φοιτητές/τριες σε όλα τα θέματα των σπουδών τους και σε γενικά θέματα προσανατολισμού είτε αυτός αφορά σε θέματα προσανατολισμού σε μαθήματα επιλογής, είτε κάλυψης των προαπαιτήσεων, όπου χρειάζεται, είτε στο ενδεχόμενο συνέχισης μεταπτυχιακών σπουδών προς τον τρίτο κύκλο σπουδών και εισηγούνται προς την ΕΠΣ σχετικά.

Εκτός από τις περιπτώσεις, κατά τις οποίες οι ΑΣ συμβουλεύουν και υποστηρίζουν, τους/τις φοιτητές/τριες πάνω σε ακαδημαϊκά θέματα, μπορούν να τους υποστηρίξουν επίσης σε ζητήματα προσωπικών, διαπροσωπικών, οικογενειακών δυσκολιών, που πιθανώς να αντιμετωπίζουν ορισμένοι/ες φοιτητές/τριες και επηρεάζουν την ακαδημαϊκή τους πορεία. Σε ανάλογες περιπτώσεις, οι ΑΣ παραπέμπουν τους φοιτητές/τριες (πάντα με τη σύμφωνη γνώμη τους) στην κατάλληλη Δομή του Ιδρύματος, προκειμένου να λάβουν υποστηρικτική φροντίδα.

#### **β. Πρόσβαση στη βιβλιοθήκη, σύνδεση με το διαδίκτυο**

Οι μεταπτυχιακοί/ές φοιτητές/τριες του ΔΠΜΣ έχουν πλήρη πρόσβαση στην Κεντρική Βιβλιοθήκη του ΕΜΠ. Το νέο κτήριο της Κεντρικής Βιβλιοθήκης Ζωγράφου έχει επιφάνεια 7.000 τ.μ. και περιλαμβάνει αναγνωστήριο 500 θέσεων, περί τις 50 θέσεις εργασίας για Η/Υ και 3 φωτοαντιγραφικά μηχανήματα, που λειτουργούν με μετρητά ή μαγνητικές κάρτες. Η Βιβλιοθήκη είναι δανειστική, με ωράριο από Δευτέρα έως Παρασκευή 8:30 - 20:00.

Η υπηρεσία δικτύου (Κέντρο Δικτύου) παρέχει σε όλα τα μέλη της πολυτεχνειακής κοινότητας (ΔΕΠ, προπτυχιακούς και μεταπτυχιακούς σπουδαστές, επιστημονικούς συνεργάτες, διοικητικό προσωπικό) την δυνατότητα πρόσβασης στα υπολογιστικά συστήματα του ΕΜΠ και το INTERNET.

#### **γ. Διαδικασία διαχείρισης παραπόνων και ενστάσεων φοιτητών**

Το ΔΠΜΣ διαθέτει Μηχανισμό Διαχείρισης Παραπόνων με σκοπό την διαχείριση των παραπόνων που διατυπώνονται από μεταπτυχιακούς φοιτητές του και αφορούν σε κάθε μορφή παραπόνου ή ένστασης που σχετίζονται με την ποιότητα των παρεχόμενων εκπαιδευτικών, διοικητικών και λοιπών υπηρεσιών. Η διαδικασία αφορά συνήθως την έγγραφη διατύπωση παραπόνου από μεταπτυχιακό φοιτητή για θέμα που αφορά τις σπουδές του και εν γένει τη καθημερινότητα κατά τη λειτουργία του ΔΠΜΣ και το οποίο δεν κατέστη δυνατόν να διευθετηθεί σε πρώτο επίπεδο από το διευθυντή του ΔΠΜΣ. Στην ιστοσελίδα του ΔΠΜΣ είναι αναρτημένος ο **Κανονισμός Λειτουργίας Μηχανισμού Διαχείρισης Παραπόνων και Ενστάσεων Φοιτητών** του ΔΠΜΣ.

#### **δ. Υποτροφίες**

Το ΔΠΜΣ δεν έχει την δυνατότητα παροχής υποτροφιών σε μεταπτυχιακούς φοιτητές, διότι προς το παρόν δεν έχει τέλη φοίτησης.

## 10. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

### α. Αξιολόγηση της διδασκαλίας

Στα πλαίσια της υλοποίησης του στόχου του ΔΠΜΣ για «Εκπαίδευση υψηλού επιπέδου σε σύγχρονα επιστημονικά και τεχνολογικά θέματα» προβλέπεται η ανασκόπηση της άποψης των φοιτητών για το εκπαιδευτικό έργο. Με τη λήξη των μαθημάτων κάθε εξαμήνου συμπληρώνονται ερωτηματολόγια από τους φοιτητές που αφορούν:

- το περιεχόμενο των μαθημάτων,
- την ποιότητα των βοηθημάτων και
- την αλληλεπίδραση με τους διδάσκοντες

Τα ερωτηματολόγια είναι ανώνυμα και επιστρέφονται στον κάθε διδάσκοντα προσωπικά, με σκοπό να του παρέχουν πληροφόρηση που θα τον βοηθήσει να αξιολογήσει τα αποτελέσματα των εκπαιδευτικών πρωτοβουλιών που έλαβε και ενδεχομένως να μεταβάλει κάποιες από αυτές.

### β. Συνολική Αξιολόγηση του ΔΠΜΣ

Σε τακτά διαστήματα γίνεται αξιολόγηση κάθε ΔΠΜΣ ακολουθώντας την παρακάτω διαδικασία:

- i. Αξιολόγηση από εσωτερικό αξιολογητή (που δεν ανήκει στην ΕΠΣ ή τη ΓΣΕΣ και στους διδάσκοντες του ΔΠΜΣ).
- ii. Αξιολόγηση από εξωτερικό αξιολογητή (που δεν είναι μέλος ΔΕΠ του ΕΜΠ).
- iii. Απολογισμός από τον Διευθυντή του ΔΠΜΣ.
- iv. Κεντρική αξιολόγηση από τη ΕΣΠ, λαμβάνοντας υπόψη τις προηγούμενες αξιολογήσεις, η οποία ακολούθως υποβάλλεται προς έγκριση στη Σύγκλητο Ε.Σ.

Στα πλαίσια αυτών των διαδικασιών καλούνται οι φοιτητές να διατυπώσουν την γνώμη τους συνολικά για το Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών. Οι πληροφορίες που συλλέγονται τίθενται στην διάθεση της ΕΠΣ για την ανάληψη περαιτέρω πρωτοβουλιών βελτίωσης της ποιότητας των παρεχομένων μεταπτυχιακών σπουδών.

### Πηγές χρηματοδότησης

Η χρηματοδότηση του ΔΠΜΣ Μ.Π.Σ.Τ.Χ. μπορεί να προέρχεται από:

- Προϋπολογισμό ΕΜΠ
- Προϋπολογισμό Υπουργείο Παιδείας, Θρησκευμάτων και Αθλητισμού
- Δωρεές, παροχές, κληροδοτήματα, χορηγίες
- Πόρους από ερευνητικά προγράμματα
- Πόρους από προγράμματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης ή άλλων διεθνών οργανισμών
- Έσοδα του Ειδικού Λογαριασμού Κονδυλίων Έρευνας ΕΜΠ
- Δίδακτρα από φοιτητές εκτός Ε.Ε.



**«Τύπος Διπλώματος»**

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

ΤΟ ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΜΕ ΠΡΟΤΑΣΗ

ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΤΟΥ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

"ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΤΗ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ"

ΜΕ ΕΠΙΣΠΕΥΔΟΥΣΑ ΤΗ ΣΧΟΛΗ ΤΩΝ

ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΚΑΙ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΥΣΕΣ ΤΙΣ ΣΧΟΛΕΣ

ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ, ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ,  
ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ – ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ, ΝΑΥΠΗΓΩΝ

ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΥ Ε.Μ.Π.

ΑΠΟΝΕΜΕΙ

Στον/ην ....

ο οποίος/η οποία τον (μήνα, έτος) εκπλήρωσε τις υποχρεώσεις του

ΔΙΠΛΩΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

MASTER OF SCIENCE

ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ:

" ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΤΗ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ "

ΣΤΗΝ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ <sup>(1)</sup> : ...

ΜΕ ΒΑΘΜΟ "ΚΑΛΩΣ / ΛΙΑΝ ΚΑΛΩΣ / ΑΡΙΣΤΑ."

Αθήνα, (ημερομηνία)

Ο Διευθυντής του Προγράμματος

Ο Γραμματέας της Επισπεύδουσας Σχολής

Ο Πρύτανης

---

<sup>(1)</sup> Αναφέρεται κατά την κρίση της ΕΠΣ

HELLENIC REPUBLIC  
THE NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS  
BY RECOMMENDATION  
OF THE PROGRAMME STUDIES COMMITTEE  
OF THE INTEDISCIPLINARY POSTGRADUATE PROGRAMME  
"MATHEMATICAL MODELING IN MODERN TECHNOLOGIES AND FINANCIAL ENGINEERING"  
UNDER THE COORDINATION OF THE SCHOOL OF  
APPLIED MATHEMATICAL AND PHYSICAL SCIENCES  
AND THE PARTICIPATION OF THE SCHOOLS OF  
ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING, CHEMICAL ENGINEERING, RURAL, SURVEYING AND  
GEOINFORMATICS ENGINEERING, NAVAL ARCHITECTURE AND MARINE ENGINEERING  
OF THE N.T.U.A.  
AWARDS TO  
...  
who in (month, year), fulfilled all the academic requirements  
DIPLOMA OF POSTGRADUATE STUDIES  
MASTER OF SCIENCE  
IN THE SCIENTIFIC FIELD OF  
"MATHEMATICAL MODELING IN MODERN TECHNOLOGIES AND FINANCIAL ENGINEERING"  
IN THE DIRECTION OF <sup>(1)</sup>  
"..."  
WITH THE GRADE "GOOD / VERY GOOD / EXCELLENT"

Athens, Greece, (date)

The Director of the Postgraduate Programme    The Secretary of the School of ...    The Rector

---

---

<sup>(1)</sup> Αναφέρεται κατά την κρίση της ΕΠΣ

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

## ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ

### Περιεχόμενα Μαθημάτων του ΔΜΠΣ

Τα Περιγράμματα των Μαθημάτων του ΔΜΠΣ (περιεχόμενο μαθημάτων, προαπαιτούμενα, προτεινόμενη βιβλιογραφία, προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα, μέθοδοι αξιολόγησης της επίδοσης των φοιτητών και της εκπαιδευτικής διαδικασίας συνολικά, κλπ) μπορούν να αναζητηθούν στην ιστοσελίδα του ΔΠΜΣ: <https://mathtechfin.math.ntua.gr/>

### Περιεχόμενα μαθημάτων

#### Προβλήματα Βελτιστοποίησης και Μεταβολικές Αρχές της Μαθηματικής Φυσικής

- **Εισαγωγή**  
Υπενθυμίσεις θεμάτων Ανάλυσης και Συναρτησιακής Ανάλυσης που χρειάζονται στο μάθημα: Στοιχεία της τοπολογίας Μετρικών χώρων, Χώροι Banach, Χώροι Hilbert, Χώροι συναρτησεων. Γραμμικά και μη Γραμμικά συναρτησιακά. Παραδείγματα σημαντικών συναρτησιακών από την Φυσική και την Τεχνολογία, και συσχετισμένα προβλήματα βελτιστοποίησης.
- **A Ενότητα**  
Πολυγραμμικοί και πολυωνυμικοί τελεστές. Παράγωγοι συναρτησιακών και τελεστών (Συναρτησιακές Παράγωγοι κατά Gateaux, Frechet, Hadamard, Volterra). Διαφορικός Λογισμός συναρτησιακών και τελεστών κατά Volterra και κατά Frechet.
- **B Ενότητα**  
Αναγκαίες συνθήκες ακροτατοποίησης (βελτιστοποίησης), Εξισώσεις Euler-Lagrange. Μεταβολικές εξισώσεις. Σχέση μεταβολικών εξισώσεων με εξισώσεις άλλων μορφών (διαφορικές, ολοκληρωτικές, ολοκληροδιαφορικές). Ικανές συνθήκες ακροτατοποίησης. Μεταβολικές εξισώσεις (Αρχές) στην Μηχανική και στην σύγχρονη Μαθηματική Φυσική. Εξισώσεις Lagrange πρώτου και δευτέρου είδους. Γενικευμένες ορμές και εξισώσεις Hamilton. Πρώτη και δεύτερη μορφή της Αρχής του Hamilton. Διατηρήσιμες ποσότητες, Θεώρημα Noether. Εξίσωση Hamilton-Jacobi. Εφαρμογές.
- **Γ Ενότητα**  
Μεταβολικές αρχές και Μηχανική του Συνεχούς Μέσου. Στην συνέχεια αναπτύσσεται **μια από τις ακόλουθες περιοχές**: **1) Μεταβολική Ελαστοδυναμική** (Ελαστοδυναμικές εξισώσεις και Αρχή του Hamilton. Παραγωγή θεωριών δοκών και πλακών από την Αρχή του Hamilton. Εφαρμογές). **2) Μεταβολική Υδροδυναμική** (Αστροβίλη ροή και Αρχή του Hamilton. Μεταβολικές αρχές για τα μη γραμμικά κύματα ελεύθερης επιφάνειας. Αρχή του Luke. Αρχή του Hamilton για ροές με στροβιλότητα. Εφαρμογή στα υδάτινα κύματα). **3) Μεταβολική ηλεκτροδυναμική** (Lagrangian και Hamiltonian διατύπωση των εξισώσεων Maxwell. Εφαρμογές σε συζευγμένα πεδία. Υδρο-πιεζο-ηλεκτρικά συστήματα).

## Δυναμικά Συστήματα και Μαθηματική Θεωρία Χάους

### Αναλυτική Ποιοτική Θεωρία:

Υπαρξη και Μονοσήμαντο Λύσης Διαφορικών Εξισώσεων; Επεκτασιμότητα Λύσης; Εξάρτηση από Αρχικές Συνθήκες και Παραμέτρους; Διαφορισιμότητα Λύσης; Ανίσωση Gronwall.

### Γεωμετρική Θεωρία - Ευστάθεια:

- **Εισαγωγή:** Χώρος Φάσεων, Κρίσιμα Σημεία, Περιοδικές Λύσεις, Ευστάθεια,  $\alpha$ -( $\omega$ -) οριακά σύνολα, Αναλλοίωτα Σύνολα, Ελκυστές.
- **Γραμμικά Συστήματα:** Γενική Θεωρία; Επίπεδα Αυτόνομα Συστήματα; Κανονικές Μορφές; Ποιοτική Ισοδυναμία Γραμμικών Συστημάτων; Ταξινόμηση Εικόνων Φάσεων.
- **Σχεδόν Γραμμικά Συστήματα:** Εισαγωγή; Ισοδυναμία Ροών στη 1 διάσταση; Ποιοτική Ισοδυναμία Γραμμικών Συστημάτων στο Επίπεδο (Γραμμική - Τοπολογική - Διαφορίσιμη Ισοδυναμία); Ισοδυναμία Μη Γραμμικών Ροών.
- **Γραμμικοποίηση:** Τοπική και Ολική Συμπεριφορά, Γραμμικοποίηση γύρω από Σταθερό Σημείο, Θεώρημα Γραμμικοποίησης (Hartman - Grobman).
- **Μέθοδος Lyapunov:** Συναρτησιακό Lyapunov; Θεωρήματα Ευστάθειας & Αστάθειας του Lyapunov; Πεδίο Έλξης; Αρχή του Αναλλοιώτου.

### Θεωρία Διακλάδωσης και Εφαρμογές:

- **Στοιχειώδεις Διακλαδώσεις στη 1-Διάσταση** (Saddle-Node, Transcritical, Hysteresis, Pitchfork, Fold & Cusp); Τοπικές Διαταραχές κοντά σε Στάσιμα Σημεία (Υπερβολικά Στάσιμα Σημεία, Στάσιμα Σημεία με Τετραγωνικό και Κυβικό Εκφυλισμό)
- **Στοιχειώδεις Διακλαδώσεις στις 2-Διαστάσεις** (Saddle-Node, Pitchfork, Vertical, Poincaré-Andronov-Hopf, Homoclinic or Saddle-Loop),
- **Παρουσία Μηδενικής Ιδιοτιμής:** Ευστάθεια; Διακλαδώσεις; Ευσταθείς & Ασταθείς Πολλαπλότητες; Κεντρική Πολλαπλότητα.
- **Θεωρία Βαθμωτών Απεικονίσεων:** Εισαγωγικά; Ευστάθεια; Διακλαδώσεις Μονότονων Απεικονίσεων; Διακλάδωση Διπλασιασμού Περιόδου.
- **Βαθμωτές Μη-Αυτόνομες Εξισώσεις:** Θεωρία Floquet: Εισαγωγή- Βασική Θεωρία - Εξίσωση Mathieu; Εισαγωγικά για τις Μη-Αυτόνομες Εξισώσεις; Γεωμετρική Θεωρία Περιοδικών Λύσεων; Περιοδικές Εξισώσεις σ' ένα Κύλινδρο; Παραδείγματα Περιοδικών Εξισώσεων; Ευστάθεια Περιοδικών Λύσεων; Ευστάθεια & Διακλαδώσεις Περιοδικών Εξισώσεων.
- **Σύστημα Γινόμενο - Πρώτα Ολοκληρώματα - Συντηρητικά Συστήματα**
- **Παρουσία Καθαρά Φανταστικών Ιδιοτιμών:** Ευστάθεια; Διακλαδώσεις Poincaré – Andronov-Hopf.

### Θεωρία Χάους:

- **Θεωρία Αναλλοίωτων πολλαπλοτήτων. Χαμιλτονιανά Συστήματα**
- **Εισαγωγή στην Χaosική Δυναμική** Παραδείγματα Χaosικών Δυναμικών Συστημάτων. Τρόποι Μετάβασης στο Χaos: Ακολουθίες Διπλασιασμού Περιόδου, Εφάνιση παράξενου ελκυστή.
- **Ορισμός του Χάους** Αναλλοίωτα Σύνολα και Συμβολική Δυναμική. Αλογοπέταλο Smale. Ορισμός του Χάους. Θεώρημα Sharkovskii. Συνθήκες Conley-Moser. Αριθμητικές Εφαρμογές.
- **Ομοκλινικό Χaos.** Χαμιλτονιανά Συστήματα. Σύντομη αναφορά σε μεθόδους θεωρίας διαταραχών. Θεωρία Melnikov για την διατήρηση διαταραγμένων ομοκλινικών τροχιών (με γεωμετρικό και αναλυτικό τρόπο). Διάχυση μέσω Ομοκλινικών Πλεγμάτων. Εφαρμογές σε ταλαντωτές Duffing, Lorentz. Εφαρμογές στην Μηχανική. Αριθμητικές Εφαρμογές (MATLAB)

### Θεωρία Πιθανοτήτων

- Κλάσεις συνόλων: άλγεβρες,  $\sigma$ -άλγεβρες,  $\pi$ - και  $\lambda$ -συστήματα.
- Χώροι μέτρου, εξωτερικά μέτρα, μέτρο Lebesgue.
- Πλήρη μέτρα και πλήρωση ενός χώρου μέτρου, κανονικότητα μέτρου.

- Μετρήσιμες συναρτήσεις.
- Ολοκλήρωμα Lebesgue, οι βασικές του ιδιότητες, βασικά οριακά θεωρήματα.
- Ολοκλήρωμα ως προς το μέτρο Lebesgue στην ευθεία και η σχέση του με το ολοκλήρωμα Riemann.
- Τρόποι σύγκλισης ακολουθιών μετρήσιμων συναρτήσεων.
- Μέτρο γινόμενο, θεώρημα Fubini.
- Προσημασμένα μέτρα, θεώρημα Radon–Nikodym.

## Αριθμητική Ανάλυση

Ύλη μαθήματος: Εισαγωγή (Νόρμες, Φασματικό Θεώρημα, Εκτιμήσεις Ευστάθειας Γραμμικών Συστημάτων), Αριθμητική Γραμμική Άλγεβρα (Άμεσες και επαναληπτικές Μέθοδοι, Conjugate Gradient Methods, Krylov Subspace Iteration Methods, QR), Μη γραμμικά συστήματα (Fixed Points, Newton-Raphson), Προσέγγιση-Παρεμβολή (Weierstrass Theorem, Piecewise Linear Approximation, Cubic Splines, Best Approximation Theorems, Chebyshev Polynomials, Asymptotic behavior of Polynomial Interpolation, Runge Divergence Theorem), Αριθμητική Ολοκλήρωση (Orthogonal Polynomials, Gauss Quadrature).

## Συναρτησιακή Ανάλυση

### 1. Εισαγωγή στη Γενική Τοπολογία.

Ορισμός, ανοικτά και κλειστά σύνολα, εσωτερικό και κλειστότητα συνόλου. Βάση, υποβάση, βάση περιοχών σημείου. Δίκτυα και σύγκλιση. Χώροι Hausdorff και κανονικοί (regular). Συνεχείς απεικονίσεις, ομοιομορφισμοί. Συμπαγείς τοπολ. χώροι.

### 2. Τοπολογικοί γραμμικοί χώροι.

Βασικές έννοιες και ιδιότητες.

Ύπαρξη βάσης περιοχών του 0 που αποτελείται από ισορροπημένα σύνολα.

Τοπικά κυρτοί τοπολ. Γραμμ. χώροι.

Γραμμικοί τελεστές και γραμμικά συναρτησιακά. Χαρακτηρισμοί των συνεχών γραμμικών συναρτησιακών.

Τοπολ. γραμμ. χώροι πεπερασμένης διάστασης.

### 3. Γενικά για ασθενείς τοπολογίες.

Ασθενής τοπολογία  $T_{\Phi}$  που επάγεται σε γραμμικό χώρο  $X$  από κλάση  $\Phi$  γραμμικών συναρτησιακών που διαχωρίζει σημεία. Βάση περιοχών του 0 και ασθενής σύγκλιση. Τοπολογικός δυϊκός του τοπολ. γραμμ. χώρου  $(X, T_{\Phi})$ . Το αποτέλεσμα ότι στην άπειρη διάσταση, η  $T_{\Phi}$  δεν ταυτίζεται με τοπολογία νόρμας.

### 4. Θεωρήματα Hahn-Banach.

Θετικά υπογραμμικά συναρτησιακά -Συναρτησιακό Minkowski και βασικές ιδιότητες. Αναλυτική μορφή Θ. Hahn-Banach και συνέπειες. Οι δύο μορφές των Γεωμετρικών Θ. Hahn-Banach σε τοπολογικούς γραμμ. χώρους.

### 5. Βασικές συνέπειες του Θ. Baire σε χώρους Banach.

Αρχή Ομοιομόρφου Φράγματος - Θ. Ανοικτής Απεικόνισης - Θ. Κλειστού Γραφήματος κι εφαρμογές.

### 6. Ασθενής (w) τοπολογία ενός χώρου με νόρμα $(X, \|\cdot\|)$ .

--Ορισμός και βασικές ιδιότητες. Το αποτέλεσμα ότι κάθε ασθενώς συμπαγές είναι  $\|\cdot\|$ -φραγμένο.

--Χαρακτηρισμός w-σύγκλισης ακολουθιών στο χώρο  $C_0$  και σε χώρο Hilbert. Ιδιότητα Schur του χώρου  $l^1$ .

--Θ. Mazur.

--Μελέτη της μετριοποιησιμότητας των τοπολ. χώρων  $(X, w)$ ,  $(A, w)$ , όπου  $A$

$\|\cdot\|$ -φραγμένο ή ασθενώς συμπαγές υποσύνολο του  $X$ .

-- Θ. Eberlein-Smulian.

### 7. Ασθενής\* ( $w^*$ ) τοπολογία του δυϊκού $X^*$ ενός χώρου με νόρμα.

--Ορισμός και βασικές ιδιότητες.

--Ομοιότητες και διαφορές με την  $w$ -τοπολογία -παραδείγματα.

--Θεωρήματα Goldstine και Αλάογλου.

--Μελέτη της μετριοποιησιμότητας των τοπολ. χώρων  $(X^*, w^*)$ ,  $(A, w^*)$ , όπου  $A$   $\|\cdot\|$  - φραγμένο υποσύνολο του  $X^*$ .

### 8. Ανακλαστικοί χώροι Banach.

--Ορισμός

--Χαρακτηρισμός μέσω της  $w$  -συμπάγειας της μοναδιαίας μπάλας και ακολουθιακός χαρακτηρισμός.

--Ανακλαστικότητα κλειστών υπόχωρων και του δυϊκού ενός ανακλαστικού χώρου.

--Παραδείγματα ανακλαστικών και μη ανακλαστικών χώρων.

-- Ανακλαστικότητα χώρων Hilbert.

### 9. Ομοιόμορφα κυρτοί χώροι Banach.

--Ορισμός και παραδείγματα.

--Θεώρημα Milman-Pettis

--Η ιδιότητα Kadec – Klee των ομοιόμορφα κυρτών χώρων Banach.

### 10. Χώροι $L^p(0,1)$ , $1 \leq p \leq \infty$ .

--Βασικές ιδιότητες του μέτρου Lebesgue και των ολοκληρώσιμων συναρτήσεων Σχεδόν παντού σύγκλιση. Λήμμα του Fatou, Θ. Κυριαρχημένης Σύγκλισης του Lebesgue, Θ. Egorov.

--Ορισμός των χώρων  $L^p(0,1)$ ,  $1 \leq p \leq \infty$ .

-- Ανισότητες Hölder και Minkowskii.

--Πληρότητα της νόρμας και διαχωρισιμότητα για  $p < \infty$ .

--Ανισότητες Clarkson και ομοιόμορφη κυρτότητα των χώρων  $L^p(0,1)$ ,  $1 < p < \infty$ .

--Ανακλαστικότητα και δυϊκός του χώρου  $L^p(0,1)$ ,  $1 < p < \infty$ .

### 11. Εισαγωγή στους χώρους Sobolev.

--Διαφορίσιμες συναρτήσεις με συμπαγή φορέα.

--Μεταβολικό Λήμμα.

--Ασθενής παράγωγος.

--Ορισμός χώρων Sobolev και βασικές ιδιότητες (διαχωρισιμότητα, ανακλαστικότητα).

--Συναρτήσεις χώρων Sobolev που “μηδενίζονται” στο σύνορο ενός ανοικτού συνόλου, σύνδεση με προβλήματα συνοριακών τιμών.

## Στατιστικά Πρότυπα

### Γενικό γραμμικό μοντέλο

Εκτίμηση παραμέτρων, κατανομές και ιδιότητες αυτών. Έλεγχοι υποθέσεων. Επιλογή μεταβλητών, ανάπτυξη μοντέλου, κριτήρια AIC, BIC, ποινικοποιημένη εκτίμηση και η τεχνική Lasso. Διαγράμματα μερικών υπολοίπων και πρόσθετων μεταβλητών.

Διαγνωστικές μέθοδοι, έλεγχοι προϋποθέσεων μοντέλου, εξέταση των υπολοίπων.

Ψευδομεταβλητές. Πολυσυγγραμμικότητα. Μετασηματισμοί. Ετεροσκεδαστικότητα.

Σταθμισμένη παλινδρόμηση. Αυτοσυσχέτιση, έλεγχος Durbin-Watson. Επιρροή σημείων, απόσταση Cook. Αξιολόγηση μοντέλου: διασταυρωμένη επικύρωση.

### Γενικευμένα γραμμικά μοντέλα

Εκθετική οικογένεια κατανομών. Συνάρτηση σύνδεσης. Λογιστική παλινδρόμηση, παλινδρόμηση Poisson και άλλα μοντέλα. Εκτίμηση παραμέτρων, έλεγχοι υποθέσεων, επιλογή μοντέλου, διαγνωστικές μέθοδοι, εξέταση των υπολοίπων, διαγράμματα

μερικών υπολοίπων. Επιρροή, απόσταση Cook. Υπερμεταβλητότητα. Καμπύλη ROC.

### Επεκτάσεις

Μη-γραμμικά μοντέλα. Πολυωνυμική και διατακτική λογιστική παλινδρόμηση.

Γενικευμένα προσθετικά μοντέλα. Ειδικές εφαρμογές

### Αριθμητική Γραμμική Άλγεβρα

- Εισαγωγή στην αριθμητική γραμμική άλγεβρα: Πίνακες, ιδιοτιμές, νόρμες, φασματική ακτίνα, δείκτης κατάστασης, βασικές εκτιμήσεις ευστάθειας.
- Βασικές Μέθοδοι: Υπολογιστικές τεχνικές με βάση τη μέθοδο απαλοιφής Gauss, εκτιμήσεις σφαλμάτων, ευστάθεια, σφάλματα μηχανής, στρατηγικές οδήγησης, αλγοριθμική μορφοποίηση,
- παραγοντοποίηση LU, Cholesky, αλγόριθμοι Doolittle-Crout. παραγοντοποίηση LDLT,
- παραγοντοποίηση QR.
- Επαναληπτικές Μέθοδοι: Ορισμοί και βασικά θεωρήματα, μέθοδοι Jacobi, Gauss Seidel.
- Η μέθοδος της χαλάρωσης JOR, SOR,
- Γενική θεωρία μεθόδων Richardson, η μέθοδος των κλίσεων,
- Η μέθοδος των συζυγών κλίσεων
- Εισαγωγή στις μεθόδους Arnoldi, Krylov, GMRES.
- Υπολογισμοί ιδιοτιμών και ιδιοδιανυσμάτων: Εισαγωγή στις γεωμετρικές ιδιότητες των ιδιοτιμών, εισαγωγικές εκτιμήσεις ευστάθειας.
- Η μέθοδος των δυνάμεων, η μέθοδος QR, πίνακες Householder, Givens, η μέθοδος Lanczos.
- Μη γραμμικά συστήματα: Εισαγωγή στις γενικές επαναληπτικές μεθόδους, η μέθοδος Newton-Raphson, αλγοριθμική μορφοποίηση.

### Απεικόνιση Γραφημάτων

Το μάθημα περιλαμβάνει τις ακόλουθες θεματικές:

1. Εισαγωγή στην Απεικόνιση γραφημάτων (Παραδείγματα απεικονίσεων)
2. Απεικονίσεις δένδρων
  - Level-based drawings
  - HV-drawings
  - Radial drawings
3. Απεικονίσεις Series-Parallel γραφημάτων Απεικονίσεις Series-Parallel γραφημάτων
4. Απεικόνιση επιπέδων γραφημάτων (με ευθύγραμμες ακμές)
  - Canonical Ordering
  - The Shift method
  - Snyder's algorithm
  - Planar graphs in the yFiles library
5. Ορθογώνιες απεικονίσεις γραφημάτων
6. Απεικόνιση γραφημάτων βασιζόμενη σε νόμους της φυσικής
7. Ιεραρχικές/Πολυστρωματικές (hierarchical/layered) απεικονίσεις γραφημάτων
8. Ιδιότητας st-planar γραφημάτων yFiles demo

### Θεωρία Μέτρου

- Κλάσεις συνόλων: άλγεβρες, σ-άλγεβρες, π- και λ-συστήματα.
- Χώροι μέτρου, εξωτερικά μέτρα, μέτρο Lebesgue.
- Πλήρη μέτρα και πλήρωση ενός χώρου μέτρου, κανονικότητα μέτρου.
- Μετρήσιμες συναρτήσεις.
- Ολοκλήρωμα Lebesgue, οι βασικές του ιδιότητες, βασικά οριακά θεωρήματα.



- Ολοκλήρωμα ως προς το μέτρο Lebesgue στην ευθεία και η σχέση του με το ολοκλήρωμα Riemann.
- Τρόποι σύγκλισης ακολουθιών μετρήσιμων συναρτήσεων.
- Μέτρο γινόμενο, θεώρημα Fubini.
- Προσημασμένα μέτρα, θεώρημα Radon–Nikodym.

### Χρηματοοικονομική Διοίκηση

Στόχος του μαθήματος είναι να διδάξει τις πιο σημαντικές έννοιες της χρηματοοικονομικής, εστιάζοντας τόσο στην επιχείρηση όσο και στις αγορές. Συγκεκριμένα, δίδεται ιδιαίτερη έμφαση στα οικονομικά της επιχείρησης, και στην κατανόηση της διαδικασίας λήψης επιχειρηματικών - επενδυτικών αποφάσεων υπό συνθήκες βεβαιότητας και αβεβαιότητας. Παρουσιάζεται αναλυτικά ο τρόπος χρηματοδότησης των στοιχείων του ενεργητικού και άλλες βασικές και καθημερινές έννοιες που αντιμετωπίζει μία μεγάλη επιχείρηση. Επίσης, παρουσιάζονται θέματα σχετικά με τη διαχείριση των κινδύνων όπως είναι οι αγορές παραγώγων. Η ύλη του μαθήματος συνδυάζει θεωρία με πράξη, με την μελέτη πραγματικών περιπτώσεων και εφαρμογών. Η ύλη διακρίνεται στις εξής θεματικές ενότητες:

- Εισαγωγή στη Θεωρία της Επιχείρησης, Αξιολόγηση Επενδύσεων
- Χρηματοοικονομικά Υποδείγματα, Μακροπρόθεσμος Προγραμματισμός, Κίνδυνος,
- Απόδοση και Αποτίμηση Κίνδυνος,
- Απόδοση και Αποτίμηση
- Αποτελεσματικότητα της Αγοράς
- Θεωρία Κεφαλαιακής Διάρθρωσης
- Μόχλευση, Κόστος Κεφαλαίου
- Θεωρία Κεφαλαιακής Διάρθρωση
- Όρια στη χρήση χρέους
- Financial Distress, Interactions of Investment & Financing,
- Μερισματική Πολιτική
- Εξωτερική Χρηματοδότηση
- Investment Banking
- Διαχείριση Κινδύνου
- Διεθνής Χρηματοοικονομική των Επιχειρήσεων.
- Παράγωγα

### Υπολογιστικές Μέθοδοι στη Μηχανική

- Εισαγωγή
- Ρεαλιστική μοντελοποίηση φυσικο-χημικών φαινομένων. Προσεγγιστική επίλυση διαφορικών εξισώσεων με μερικές παραγώγους που διέπουν τη διατήρηση μάζας, ορμής και ενέργειας.
- Εισαγωγή στις μεθόδους διακριτοποίησης των εξισώσεων διατήρησης. Εισαγωγή στη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων. Περιγραφή της μεθόδου Galerkin πεπερασμένων στοιχείων και διατυπώσεις του προσεγγιστικού προβλήματος μέσω λογισμού μεταβολών.
- Περί γένεσης αριθμητικού πλέγματος. Συναρτήσεις βάσης πεπερασμένων στοιχείων για μονοδιάστατα και δι-διάστατα χωρία. Εκτιμήσεις σφάλματος.
- Διακριτοποίηση μονοδιάστατων γραμμικών προβλημάτων συνοριακών τιμών. Εξαγωγή του αλγεβρικού συστήματος εξισώσεων για την εύρεση αριθμητικής λύσης.
- Διακριτοποίηση διδιάστατων γραμμικών προβλημάτων συνοριακών τιμών. Εξαγωγή του γραμμικού συστήματος εξισώσεων για την εύρεση αριθμητικής λύσης. Εισαγωγή συνοριακών συνθηκών Dirichlet, Neumann και Robin.

- Περιγραφή υπολογιστικού κώδικα για την επίλυση μονοδιάστατου γραμμικού προβλήματος.
- Περιγραφή υπολογιστικού κώδικα για την επίλυση διδιάστατου γραμμικού προβλήματος.
- Ευθείς επιλύτες αλγεβρικών συστημάτων – ευθείς επιλύτες αραιών γραμμικών συστημάτων. Ενσωμάτωση κώδικα του μετωπικού επιλύτη (frontal solver).
- Διακριτοποίηση μονοδιάστατων και δι-διάστατων μη-γραμμικών προβλημάτων συνοριακών τιμών. Περιγραφή της μεθόδου Newton-Raphson.
- Μέθοδοι παραμετρικού βηματισμού. Στοιχεία ανάλυσης πολλαπλότητας και ευστάθειας λύσεων.
- Υπολογιστικό εργαστήριο: ανάπτυξη πηγαίων κωδίκων πεπερασμένων στοιχείων (FORTRAN ή MATLAB). Εισαγωγή στον εμπορικό κώδικα πεπερασμένων στοιχείων: COMSOL Multiphysics.

### Φαινόμενα Κυματοδότησης στο Θαλάσσιο Περιβάλλον και Εφαρμογές

- Εισαγωγή. Το θαλάσσιο περιβάλλον ως φορέας φαινομένων κυματοδότησης.
- Γενικές αρχές της κυματικής. Αρχή των Ήρωνος-Fermat. Θεωρία ακτίνων. Ανάκλαση, διάθλαση και περίθλαση σε στρωματοποιημένα και σε ανομοιογενή μέσα.
- Θεωρήματα αναπαράστασης του κυματικού πεδίου σε κυματοδηγούς με μη-επίπεδα σύνορα.
- Μεταβολικές αρχές στο επίπεδο της συχνότητας και στο επίπεδο του χρόνου.
- Θεωρία συζευγμένων ιδιομορφών. Συναρτήσεις Green σε κυματοδηγούς με μη-επίπεδα σύνορα. Σκεδαστής μέσα σε κυματοδηγό.
- Αριθμητικές λύσεις προβλημάτων σκέδασης κυματοδότησης. Επισκόπηση βασικών εννοιών και εξισώσεων της Μηχανικής Ρευστών.
- Παραγωγή κυματικών εξισώσεων για κύματα ελεύθερης επιφάνειας και ακουστικά κύματα. Συνοριακές συνθήκες. Συνθήκες ακτινοβολίας. Διατύπωση του προβλήματος κυματοδότησης σε στρωματοποιημένα και σε ανομοιογενή μέσα.
- Απλές λύσεις με χωρισμό μεταβλητών (άπειρη και ημιάπειρη λωρίδα). Διαδιδόμενες και αποσβεννύμενες ιδιομορφές. Ενεργειακά θεωρήματα. Ταχύτητα ομάδας. Συναρτήσεις Green σε κυματοδηγούς απλού σχήματος.
- Τεχνολογικές και περιβαλλοντικές εφαρμογές των κυμάτων βαρύτητας (επίδραση σε κατασκευές και στο θαλάσσιο/παράκτιο περιβάλλον, κυματική ενέργεια).
- Τεχνολογικές και περιβαλλοντικές εφαρμογές των ηχητικών κυμάτων (υποθαλάσσια τηλεπικοινωνία, θαλάσσια τομογραφία, τηλεπισκόπηση θαλάσσιου περιβάλλοντος, θόρυβος ναυσιπλοίας).

### Στοχαστικές Διαδικασίες

Αλυσίδες Μάρκοβ & Μαρκοβιανή Ιδιότητα: Εισαγωγή στις Αλυσίδες Μάρκοβ και την Μαρκοβιανή ιδιότητα. Αυτό το τμήμα εστιάζει σε βασικά μοντέλα των Αλυσίδων Μάρκοβ, ιδιαίτερα στις διακριτές αλυσίδες με αριθμήσιμο χώρο καταστάσεων.

Ισοδύναμες Κλάσεις - Επαναληπτικές & Μη-Επαναληπτικές Καταστάσεις: Στη συνέχεια, εισάγουμε τις ισοδύναμες κλάσεις και αναλύουμε την δομή τους και τα χαρακτηριστικά τους. Σε αυτό το κομμάτι διακρίνουμε τις επαναληπτικές από τις μη-επαναληπτικές κλάσεις.

Θετικά Επαναληπτικές Κλάσεις & Αναλλοίωτο Μέτρο: Προχωράμε στην ανάλυση των θετικά επαναληπτικών καταστάσεων και των αναλλοίωτων κατανομών και την σύνδεση μεταξύ των. Συζητάμε επίσης την αντιστρεψιμότητα χρόνου στις Αλυσίδες Μάρκοβ.

Απεριοδικότητα & Ασυμπτωτική Συμπεριφορά: Το επόμενο τμήμα αφορά την απεριοδικότητα και την ασυμπτωτική συμπεριφορά της κατανομής μιας αλυσίδας Μάρκοβ. Βλέπουμε πως μια περιοδική αλυσίδα μπορεί να αναχθεί σε μελέτη απεριοδικών αλυσίδων.

Εργοδικά Θεωρήματα Αλυσίδων Μάρκοβ: Στη συνέχεια, εστιάζουμε στα εργοδικά θεωρήματα που σχετίζονται με τις αλυσίδες Μάρκοβ, εξερευνώντας πώς συμπεριφέρονται με την πάροδο του χρόνου.

Χρόνος Ανάμειξης: Αναφέρουμε τον χρόνο ανάμειξης, δηλαδή στο χρόνο που απαιτείται μέχρι να προσεγγίσει την κατάσταση ισορροπία της.

Θεωρία Martingle & Εφαρμογές: Εξετάζουμε τη θεωρία των Martingales και πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία υπολογισμού.

Εφαρμογές: MCMC, Αλγόριθμος Metropolis-Hastings & Χρόνοι μείξης: Το τελικό τμήμα του μαθήματος είναι αφιερωμένο σε εφαρμογές, όπως ο αλγόριθμος Metropolis-Hastings στην μέθοδο MCMC, προχωρώντας περαιτέρω στην εξέταση των χρόνων μείξης και της δειγματοληψίας.

## Στατιστικοί Σχεδιασμοί

1. Μοντέλα ανάλυσης διασποράς σταθερών, τυχαίων και μικτών επιδράσεων.
2. Ορθογώνιες αντιθέσεις.
3. Προσέγγιση με παλινδρόμηση.
4. Έλεγχοι Kruskal-Wallis και Friedman.
5. Παραγοντικοί σχεδιασμοί δύο, τριών και πολλαπλών επιπέδων.
6. Κλασματικοί παραγοντικοί σχεδιασμοί. Κριτήρια ταξινόμησης κλασματικών παραγοντικών σχεδιασμών.
7. Υπερκορεσμένοι σχεδιασμοί.
8. Κριτήρια βελτιστοποίησης και μέθοδοι κατασκευής υπερκορεσμένων σχεδιασμών.
9. Στατιστική ανάλυση υπερκορεσμένων και split-plot σχεδιασμών.
10. Δεδομένα υψηλής διάστασης.
11. Μεθοδολογία αποκριτικών επιφανειών. Μοντέλα δεύτερης τάξης.
12. Σχεδιασμοί και μοντελοποίηση για πειράματα υπολογιστών.

## Αναγνώριση Προτύπων

Εισαγωγή στην θεωρία και αλγορίθμους της στατιστικής αναγνώρισης προτύπων με εφαρμογές σε αναγνώριση ήχων, οπτικών αντικειμένων, οπτικο-ακουστικών γεγονότων, και άλλων χωρο-χρονικών αισθητηριακών ή συμβολικών δεδομένων. Bayesian θεωρία απόφασης και εκτίμησης. Τεχνικές εκμάθησης χωρίς επίβλεψη. Εκμάθηση ακολουθιών και προτύπων: Κρυφά Μαρκοβιανά μοντέλα (HMMs), Μείγματα Γκαουσιανών (GMMs), Δυναμικά Bayesian δίκτυα. Πιθανοτικά γραφικά μοντέλα. Μετασχηματισμοί και επιλογή χαρακτηριστικών στον χώρο προτύπων. Τεχνικές Deep Learning (DNNs, CNNs, RNNs, transformers). Τεχνικές εκμάθησης για μεγάλα γλωσσικά μοντέλα (prompt-tuning, instruction-tuning for LLMs). Αναλυτικές και Εργαστηριακές Ασκήσεις.

## Εξόρυξη Γνώσης από Δεδομένα

- Μοντέλο Οντοτήτων – Συσχετίσεων και το Σχεσιακό μοντέλο
- Η γλώσσα SQL
- Επεξεργασία και Βελτιστοποίηση Ερωτημάτων σε Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων
- Μέθοδοι και αλγόριθμοι προ-επεξεργασίας δεδομένων
- Ροές δεδομένων: Εισαγωγή, μέθοδοι και εφαρμογές με χρήση αλγορίθμων και δεδομένων ροών
- Αποθήκες δεδομένων και on-line αναλυτική επεξεργασία, κύβοι δεδομένων
- Εισαγωγή στα Big Data, το μοντέλο προγραμματισμού MapReduce, Hadoop, HDFS

## Προχωρημένες Τεχνικές Δειγματοληψίας

- Εισαγωγή
- Σφάλματα δειγματοληψίας, Ερωτηματολόγιο
- **Σχεδιασμός Δειγματοληπτικών σχημάτων:** Απλή τυχαία δειγματοληψία, Στρωματοποιημένη, Συστηματική, Κατά συστάδες μονοσταδιακή και δισταδιακή δειγματοληψία. Συνδυασμοί δειγματοληπτικών σχημάτων
- **Εκτίμηση παραμέτρων:** Μέσος, ολικό, ποσοστό, λόγος, διασπορά, λογοεκτιμήτριες, εκτιμήτριες παλινδρόμησης
- **Διαστήματα εμπιστοσύνης. Δειγματικό μέγεθος:** Προσδιορισμός δειγματικού μεγέθους. Βέλτιστη κατανομή δειγματικών μεγεθών  
**Άλλες τεχνικές δειγματοληψίας:** Δειγματοληψία με πιθανότητα

## Βιοστατιστική

- Εισαγωγή στην Επιδημιολογία. Επιδημιολογικοί δείκτες, Καμπύλες ROC
- Μη παραμετρικοί Ελεγχοί  $\chi^2$  και η εφαρμογή τους στη Βιοστατιστική, ακριβής και ασυμπτωτική κατανομή των ελεγχουσυναρτήσεων
- Ανάλυση Επιβίωσης, Λογοκρίμενα και Αποκομμένα δεδομένα, μέθοδοι εκτίμησης παραμέτρων. Παραμετρική και μη παραμετρική εκτίμηση της συνάρτησης επιβίωσης. Ελεγχοί για τη σύγκριση δύο ή περισσότερων συναρτήσεων επιβίωσης.
- Μοντέλο του Cox και μέθοδοι εκτίμησης

## Χρηματοοικονομική Ανάλυση

- Εισαγωγή
- Επανάληψη βασικών αρχών χρηματοοικονομικής λογιστικής.
- Κατανόηση του σκοπού της ανάλυσης λογιστικών καταστάσεων και επαφή με τις μεθόδους ανάλυσης λογιστικών καταστάσεων.
- Καταστάσεις κοινού μεγέθους, ανάλυση δεικτών τάσεως και συγκριτική ανάλυση της Επιχείρησης με τα δικά στοιχεία διαχρονικά όπως και με επιχειρήσεις του Ανταγωνισμού
- Εξέταση οικονομικών καταστάσεων επιχειρήσεων με χρήση αριθμοδεικτών για την αξιολόγηση επιχειρήσεων.
- Εξέταση της Καταστάσεως Ταμειακών Ροών με μελέτη και της άμεσης μεθόδου κατάρτισης των Ταμειακών Ροών από Λειτουργικές Δραστηριότητες.
- Ίδια Κεφάλαια και μεταβολές τους, Μορφές Αποθεματικών.

## Μαθηματικά Οικονομικά – Θεωρία Ισορροπίας

### Εισαγωγή

Δύο σημαντικά γεγονότα, η απόδειξη ύπαρξης τιμών ισορροπίας σε οικονομίες ανταλλαγής των Arrow και Debreu και η απόδειξη ύπαρξης ισορροπίας σε παίγνια μεικτής στρατηγικής του John Nash, που σχεδόν συνέπεσαν χρονικά, έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη αυτού του αντικειμένου.

Οι δύο αυτές αποδείξεις στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν τα Θεωρήματα σταθερού σημείου του Brouwer και του Kakutani για πλειοτίμες απεικονίσεις αλλά και άλλα ισχυρά εργαλεία της Μαθηματικής Ανάλυσης, έδωσαν αφενός μεν ιδιαίτερη ώθηση στην Ανάλυση και αφετέρου το κίνητρο ώστε η επιστήμη των οικονομικών να διατυπωθεί και να μελετηθεί με αυστηρά μαθηματικό τρόπο.

Το αντικείμενο που προέκυψε από αυτή τη συνεργασία-συμβολή των επιστημών είναι γνωστό με

τον τίτλο **Οικονομικά Μαθηματικά (Mathematical Economics)**.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω στο μάθημα αυτό επικεντρωνόμαστε και εμβαθύνουμε αφενός σε σημαντικές οικονομικές έννοιες της γενικής θεωρίας ισορροπίας και αφετέρου στα μαθηματικά εργαλεία της Ανάλυσης που χρησιμοποιούνται για αυτή τη μελέτη.

#### **Υλη του Μαθήματος**

Βασικές γνώσεις θεωρίας μετρικών χώρων, συνέχειας και κυρτότητας συναρτήσεων, συμπάγεια σε μετρικούς χώρους.

Σχέσεις προτίμησης, συναρτήσεις χρησιμότητας, αναπαράσταση σχέσεων προτίμησης με συναρτήσεις χρησιμότητας.

Σύνολο προϋπολογισμού, μεγιστοποίηση συναρτήσεων χρησιμότητας, συνάρτηση ζήτησης. Η έννοια της κατανομής, κατανομή άριστη και ασθενώς άριστη κατά Pareto, κατανομή ισορροπίας, θεωρήματα ευημερίας.

Διαχωριστικά θεωρήματα κυρτών συνόλων,

Στοιχεία θεωρίας πλειότιμων απεικονίσεων και θεωρήματα σταθερού σημείου.

Οικονομίες παραγωγής.

Ισορροπία σε ανταγωνιστικές οικονομίες.

**Θεωρία Παιγνίων:** Εισαγωγή στη θεωρία παιγνίων,

παίγνια καθαρής και παίγνια μεικτής στρατηγικής,

ανταγωνιστικά παίγνια,

Στοιχεία θεωρίας Γραμμικού Προγραμματισμού Προγραμματισμού και το θεώρημα mini-max.

Θεώρημα ύπαρξης ισορροπίας κατά Nash,

Ακολουθιακά παίγνια.

#### **Μη Γραμμικές Μερικές Διαφορικές Εξισώσεις**

Η μελέτη μη γραμμικών κυμάτων και σολιτονίων με αναλυτικές μεθόδους. Θα εστιάσουμε σε εντοπισμένες καταστάσεις (οδεύοντα κύματα, μέτωπα και παλμούς) σε χωρικά συστήματα. Θα μελετήσουμε σολιτονικές λύσεις για τρεις βασικές εξισώσεις με μερικές παραγώγους (Korteweg-de Vries, Nonlinear Schrodinger & sine-Gordon) με την μέθοδο αντίστροφης σκέδασης και ζευγών Lax.

Θα μάθουμε τεχνικές για την ύπαρξη και ευστάθεια εντοπισμένων καταστάσεων, συμπεριλαμβάνοντας θεωρία διακλαδώσεων, μέθοδο λογισμού μεταβολών, φασματικές μεθόδους και την συνάρτηση Evans. Θα μελετήσουμε επίσης τον φορμαλισμό εξίσωσης πλάτους και το ρόλο του ουσιώδους φάσματος. Θα δούμε εφαρμογές σε θέματα Μη Γραμμικής Οπτικής και Μαθηματικής Βιολογίας.

#### **Μη Γραμμική Δυναμική και Εφαρμογές**

Εισαγωγή, ποιοτικές διαφοροποιήσεις μεταξύ γραμμικών και μη γραμμικών συστημάτων, η ιστορική εξέλιξη της θεωρίας μη γραμμικής δυναμικής. Μόνιμη και μεταβατική συμπεριφορά, ανάλυση στον χώρο φάσεων, στάσιμα σημεία και περιοδικές τροχιές, συνύπαρξη πολλαπλών λύσεων, έλεγχος ευστάθειας. Η έννοια του ελκυστή (attractor) και του πεδίου ελκυσμού (basin of attraction). Ροές στο πεδίο φάσεων. Παραδείγματα και σύνδεση με το φυσικό κόσμο. Αριθμητική ανάλυση στάσιμων σημείων και έλεγχος ευστάθειας. Απεικονίσεις Poincaré και θεωρία Floquet για τη μελέτη ευστάθειας περιοδικών λύσεων. Αναλυτικές μέθοδοι με τη θεωρία διαταραχών. Χρησιμότητα και περιορισμοί χρήσης τους σε έντονα μη γραμμικά συστήματα. Εξέλιξη δυναμικού συστήματος λόγω μεταβολής παραμέτρων. Η έννοια της διακλάδωσης (bifurcation) τοπικού χαρακτήρα και ποιοτική περιγραφή των στοιχειωδών μορφών διακλαδώσεων. Εφαρμογές σε μηχανικά συστήματα. Οι έννοιες της συνδιάστασης και της δομικής ευστάθειας δυναμικού



συστήματος. Καθολικές διακλαδώσεις και η σημασία τους για την ασφάλεια μηχανικών συστημάτων. Αναγωγή πολύπλοκων συστημάτων σε απλούστερη μορφή. Η έννοια του χάους στη μη γραμμική δυναμική και απλά παραδείγματα. Παράξενοι ελκυστές, ευαισθησία σε αρχικές συνθήκες, απώλεια προβλεψιμότητας και συνέπειες. Τρόποι μετάβασης σε χαοτική συμπεριφορά. Κλασματική (fractal) διάσταση και το φαινόμενο της αυτο-ομοιότητας (self-similarity). Εφαρμογές και παραδείγματα.

### **Μπεϋζιανή Στατιστική και MCMC**

Το μάθημα περιλαμβάνει τα εξής αντικείμενα:

- A) Θεμελιώδεις αρχές της Μπεϋζιανής Στατιστικής. Μπεϋζιανή Στατιστική και Πιθανότητες. Πληροφοριακές και μη-πληροφοριακές πρότερες (prior) κατανομές. Στατιστική μοντελοποίηση και συμβατότητα των prior κατανομών. Εναλλαξιμότητα και επάρκεια. Συζυγείς prior κατανομές. Ύστερες (posterior) κατανομές. Μπεϋζιανή εκτίμηση παραμέτρων. Μπεϋζιανά διαστήματα εμπιστοσύνης και έλεγχοι υποθέσεων. Το Μπεϋζιανό γραμμικό μοντέλο.
- B) Στοχαστική προσομοίωση. Εισαγωγή στους αλγόριθμους MCMC. Προσομοίωση από την posterior κατανομή. Ο αλγόριθμος Metropolis-Hastings. Ο δειγματολήπτης Gibbs. Χρήση του πακέτου WinBugs. Μέθοδοι επιλογής μοντέλων.

### **Θεωρία Κόμβων, Τοπολογία Χαμηλών Διαστάσεων και Εφαρμογές**

- Εισαγωγή σε έννοιες της Τοπολογίας, ιστορικά στοιχεία της Θεωρίας Κόμβων. Οι κόμβοι και οι κρίκοι είναι εμφυτεύσεις του κύκλου στο χώρο και η μελέτη τους έχει ως κύριο στόχο την ταξινόμησή τους. Αυτό είναι ένα από τα ανοικτά προβλήματα των Μαθηματικών. Η έννοια της ισοτοπίας ως σχέση ισοδυναμίας στη Θεωρία Κόμβων και η διακριτοποίησή της μέσω του Θεωρήματος Reidemeister.
- Κλασικές αναλλοίωτες κόμβων και κρίκων, όπως η τριχρωματισσιμότητα, ο αριθμός περιέλιξης, η ορίζουσα και το πολυώνυμο Alexander.
- Βασικές έννοιες της Αλγεβρικής Τοπολογίας, η θεμελιώδης ομάδα του κύκλου, η θεμελιώδης ομάδα ενός κόμβου, η παράσταση Wirtinger.
- Η ταξινόμηση των επιφανειών κατά Euler. Οι επιφάνειες Seifert κόμβων και κρίκων και το γένος ενός κόμβου.
- Ρητές πεδικλώσεις και η ταξινόμησή τους από τους ρητούς αριθμούς. Η ταξινόμηση των ρητών κόμβων και εφαρμογές στην αναδιάταξη του DNA.
- Η δυϊκή σχέση κόμβων και επίπεδων γραφημάτων και μια εφαρμογή στα ηλεκτρικά κυκλώματα.
- Εφαρμογές της Θεωρίας Κόμβων στα εμφυτευμένα γραφήματα (Θεώρημα Conway-Gordon). Εφαρμογές της Θεωρίας Κόμβων σε μοριακά γραφήματα και στη θεωρία των πολυμερών.
- Το πολυώνυμο Kauffman bracket και η αλληλεπίδραση της θεωρίας με πολυώνυμα γραφημάτων και τη Στατιστική Μηχανική.
- Η αλγεβρική δομή της ομάδας των πλεξίδων του Artin. Κόμβοι, κρίκοι και πλεξίδες: το Θεώρημα Alexander και ισοδυναμίες πλεξίδων (Θεώρημα Markov).
- Το πολυώνυμο Jones και το πολυώνυμο HOMFLYPT μέσω των αλγεβρών Temperley-Lieb και Hecke.
- Γενικεύσεις σε άλλες διαγραμματικές θεωρίες (singular, virtual, knotoids, periodic boundary conditions).
- Η τοπολογική χειρουργική και η κατασκευή τρισδιάστατων χώρων από κόμβους μέσω αυτής. Εφαρμογές της χειρουργικής σε δυναμικά συστήματα και σε φυσικές διεργασίες.



- Το Θεώρημα Kirby και η αναλλοίωτη Witten τρισδιάστατων πολλαπλοτήτων (κατά Lickorish) μέσω του πολυωνύμου Jones.

### Στοχαστικές Μέθοδοι στην Επιχειρησιακή Έρευνα (Επιχειρησιακή Έρευνα II)

- **Εισαγωγή:** Ο ορισμός της έννοιας της Επιχειρησιακής Έρευνας, τα βασικά της στάδια και μία ιστορική αναδρομή περιγράφονται αναλυτικά.
- **Έλεγχος αποθεμάτων:** Εξετάζονται οι διάφορες μορφές αποθέματος και οι μέθοδοι μείωσης αποθεμάτων. Υπολογίζεται η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας και αναλύεται το μοντέλο ελέγχου αποθεμάτων α) με σταθερή και β) με αβέβαιη ζήτηση, (HW1).
- Παρουσιάζεται η μέθοδος της **ABC ανάλυσης**, (HW2).
- **Θεωρία ουρών αναμονής:** Χρησιμοποιείται ο συμβολισμός Kendall και αναλύονται συστήματα ουρών με έναν ή περισσότερους εξυπηρετητές (HW3) με γνωστή ή αβέβαιη ζήτηση (HW4).
- **Θεωρία Παιγνίων:** Παρουσιάζονται παίγνια 2 παικτών σταθερού αθροίσματος και εφαρμόζεται για την επίλυσή τους η τεχνική της επικρατέστερης στρατηγικής. Αναλύονται α) η βέλτιστη αμιγής στρατηγική και β) η μικτή στρατηγική, (HW5). Δίνεται η επίλυση ενός παιγνίου ως πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού. Μελετάται η γραφική μέθοδος επίλυσης ενός παιγνίου (HW6).
- **Δίκτυα:** Περιγράφεται ο αλγόριθμος Dijkstra για την επίλυση του προβλήματος της ελάχιστης διαδρομής. Αναλύονται α) Το πρόβλημα της μέγιστης ροής β) Το πρόβλημα του ελάχιστου κόστους ροής γ) το πρόβλημα της ελάχιστης διαδρομής και δ) Το πρόβλημα του ελάχιστου ζευγνύοντος δέντρου, (HW7).
- **Δυναμικός προγραμματισμός:** Αιτιοκρατικός Δυναμικός προγραμματισμός, το πρόβλημα της ελάχιστης διαδρομής, το πρόβλημα της κατανομής πόρων, το πρόβλημα της αντικατάστασης εξοπλισμού, το πρόβλημα του πλανόδιου πωλητή, το πρόβλημα του σακιδίου, (HW8).
- **Πρόβλεψη:** Μέθοδοι χρονοσειρών, (HW9), Μοντέλα παλινδρόμησης, (HW10), πρόβλεψη νέου προϊόντος, εκτίμηση σφάλματος προβλέψεων

### Επιχειρησιακή Έρευνα I

- **Εισαγωγή:** Ο ορισμός της έννοιας της Επιχειρησιακής Έρευνας, τα βασικά της στάδια και μία ιστορική αναδρομή περιγράφονται αναλυτικά.
- **Μαθηματική μοντελοποίηση** προβλημάτων Γραμμικού Προγραμματισμού: Αναλύονται οι τεχνικές του Model Building και εξετάζονται μελέτες περίπτωσης από διαφορετικές περιοχές της επιστήμης. (HW1, HW2)
- **Μαθηματικό υπόβαθρο** για την επίλυση προβλημάτων Γραμμικού Προγραμματισμού: Περιγράφονται τα προβλήματα βελτιστοποίησης, αναλύεται η πολυπλοκότητα των αλγορίθμων και γίνεται επισκόπηση όλων των απαραίτητων μαθηματικών γνώσεων.
- **Γραφική επίλυση** προβλημάτων Γραμμικού Προγραμματισμού: Παρουσιάζεται η γραφική επίλυση προβλημάτων με δύο αγνώστους και γίνεται ανάλυση της ευαισθησίας της λύσης και των σκιωδών τιμών. (HW3)
- **Η μέθοδος Simplex:** Δίνεται η κανονική μορφή του γενικού προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού καθώς και τα βασικά θεωρήματα. Περιγράφεται ο αλγόριθμος Simplex και μελετιούνται ειδικές περιπτώσεις. (HW4)
- Επίλυση προβλημάτων Γραμμικού Προγραμματισμού με τη βοήθεια **υπολογιστικών πακέτων:** Παρουσιάζονται τα υπολογιστικά πακέτα Solver MS Excel, Lindo, Solver LibreOffice. (HW5)
- **Το δυικό πρόβλημα:** Ορίζεται το δυικό πρόβλημα, αναλύονται οι σχέσεις μεταξύ πρωτεύοντος και δυικού και παρουσιάζονται οι επιπτώσεις της δυϊκότητας στο οικονομικό περιβάλλον. (HW6)

- **Ακέραιος Προγραμματισμός:** Περιγράφονται οι αλγόριθμοι α) Διακλάδωσης και οριοθέτησης και β) Επιπέδων αποκοπής. (HW7)
- **Το πρόβλημα της μεταφοράς:** Δίνονται οι αλγόριθμοι α) Βορειοδυτικής γωνίας β) Ελάχιστου κόστους και γ) Vogel για τον υπολογισμό μίας βασικής εφικτής λύσης του προβλήματος μεταφοράς. Παρουσιάζεται η μέθοδος ανακατανομής των εκχωρήσεων και εξετάζεται το μη ισορροπημένο πρόβλημα μεταφοράς. (HW8)
- **Το πρόβλημα της ανάθεσης αντιστοίχισης:** Παρουσιάζεται η συγγκριτική μέθοδος. (HW8)
- **Έλεγχος αποφάσεων υπό αβεβαιότητα – Δένδρα αποφάσεων:** Αναλύονται οι έννοιες «αξία υπό συνθήκη», «αναμενόμενη χρηματική αξία», «κόστος ευκαιρίας», «κέρδος υπό τέλεια πρόβλεψη» και «χρηματική αξία της τέλει πληροφόρησης». Δίνεται ανάλυση ευαισθησίας και παρουσιάζονται τα δένδρα αποφάσεων. (HW9)
- **Διαχείριση Έργου:** Αναλύονται τα διαγράμματα Gantt και οι S-Curves. Παρουσιάζονται οι κύριες μέθοδοι δικτυωτής ανάλυσης CPM, MPM και PERT, καθώς και τα σύγχρονα πρότυπα PRINCE2 και PMBOK. (HW10)

### Επιχειρησιακή Έρευνα II

- **Εισαγωγή:** Ο ορισμός της έννοιας της Επιχειρησιακής Έρευνας, τα βασικά της στάδια και μία ιστορική αναδρομή περιγράφονται αναλυτικά.
  - **Έλεγχος αποθεμάτων:** Εξετάζονται οι διάφορες μορφές αποθέματος και οι μέθοδοι μείωσης αποθεμάτων. Υπολογίζεται η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας και αναλύεται το μοντέλο ελέγχου αποθεμάτων α) με σταθερή και β) με αβέβαιη ζήτηση, (HW1).
  - Παρουσιάζεται η μέθοδος της **ABC ανάλυσης**, (HW2).
  - **Θεωρία ουρών αναμονής:** Χρησιμοποιείται ο συμβολισμός Kendall και αναλύονται συστήματα ουρών με έναν ή περισσότερους εξυπηρετητές (HW3) με γνωστή ή αβέβαιη ζήτηση (HW4).
  - **Θεωρία Παιγνίων:** Παρουσιάζονται παίγνια 2 παικτών σταθερού αθροίσματος και εφαρμόζεται για την επίλυσή τους η τεχνική της επικρατέστερης στρατηγικής. Αναλύονται α) η βέλτιστη αμιγής στρατηγική και β) η μικτή στρατηγική, (HW5). Δίνεται η επίλυση ενός παιγνίου ως πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού. Μελετάται η γραφική μέθοδος επίλυσης ενός παιγνίου (HW6).
  - **Δίκτυα:** Περιγράφεται ο αλγόριθμος Dijkstra για την επίλυση του προβλήματος της ελάχιστης διαδρομής. Αναλύονται α) Το πρόβλημα της μέγιστης ροής β) Το πρόβλημα του ελάχιστου κόστους ροής γ) το πρόβλημα της ελάχιστης διαδρομής και δ) Το πρόβλημα του ελάχιστου ζευγνύοντος δέντρου, (HW7).
  - **Δυναμικός προγραμματισμός:** Αιτιοκρατικός Δυναμικός προγραμματισμός, το πρόβλημα της ελάχιστης διαδρομής, το πρόβλημα της κατανομής πόρων, το πρόβλημα της αντικατάστασης εξοπλισμού, το πρόβλημα του πλανόδιου πωλητή, το πρόβλημα του σακιδίου, (HW8).
- Πρόβλεψη:** Μέθοδοι χρονοσειρών, (HW9), Μοντέλα παλινδρόμησης, (HW10), πρόβλεψη νέου προϊόντος, εκτίμηση σφάλματος προβλέψεων.

### Μη Γραμμικά Συστήματα και Έλεγχος

- Έννοιες Ευστάθειας δυναμικών συστημάτων.
- Lyapunov συναρτήσεις για δυναμικά συστήματα.
- Το πρόβλημα σταθεροποίησης με ανάδραση κατάστασης για συστήματα ελέγχου.
- Backstepping για τριγωνικά συστήματα ελέγχου.
- Συναρτήσεις Lyapunov Ελέγχου και το Θεώρημα Artstein-Sontag.
- Συναρτήσεις Lyapunov Ελέγχου για μη γραμμικά τριγωνικά συστήματα ελέγχου.
- Input-to-State Stability.
- Το πρόβλημα του παρατηρητή για συστήματα ελέγχου.
- Το πρόβλημα σταθεροποίησης με ανάδραση εξόδου για συστήματα ελέγχου.

- High-Gain παρατηρητές για globally Lipschitz μη γραμμικά συστήματα.

### Υπολογιστική Στατιστική και Στοχαστική Βελτιστοποίηση

Το μάθημα περιλαμβάνει τα εξής αντικείμενα:

- Εκτίμηση πυκνότητας ή μάζας πιθανότητας και εφαρμογές (Kernel density estimation). Μη παραμετρική παλινδρόμηση.
- Στοχαστική Προσομοίωση. Μέθοδοι Παραγωγής Τυχαίων Μεταβλητών: Μέθοδος Αντιστροφής, Μέθοδος Απόρριψης. Τεχνικές Ελάττωσης Διασποράς: Μέθοδος “hit and miss”, Δειγματοληψία Σπουδαιότητας.
- MCMC methods: Introduction. Metropolis-Hastings Algorithm. Gibbs Sampling.
- Μέθοδοι Επαναδειγματοληψίας: Bootstrap, Jackknife.
- Cross-validation.
- Στοχαστική Βελτιστοποίηση: Genetic Algorithm, Simulated Annealing, Tabu Search.
- Ο αλγόριθμος EM.
- Μέθοδοι Επιλογής Επεξηγηματικών Μεταβλητών σε Προβλήματα Γραμμικής Παλινδρόμησης. Μέθοδοι Συρρίκνωσης: Ridge, Lasso.

### Ψηφιακή Επεξεργασία Σημάτων

Το μάθημα περιλαμβάνει τέσσερις βασικές ενότητες. Συγκεκριμένα:

- Στην πρώτη ενότητα γίνεται αρχικά μια συνοπτική επανάληψη της βασικής θεωρίας σημάτων και συστημάτων διακριτού χρόνου. Στη συνέχεια παρουσιάζεται μια γενικευμένη θεωρία ψηφιοποίησης και περιγράφεται η μεθοδολογία επεξεργασίας σημάτων συνεχούς χρόνου με ψηφιακά φίλτρα. Η ενότητα ολοκληρώνεται με την περιγραφή της θεωρίας υπερ-δειγματοληψίας και υπο-δειγματοληψίας σημάτων τόσο στο πεδίο του χρόνου, όσο και στο πεδίο της συχνότητας.
- Στη δεύτερη ενότητα περιγράφονται αναλυτικά η θεωρία και οι εφαρμογές του διακριτού μετασχηματισμού Fourier (DFT), ταχείς αλγόριθμοι (FFT) για την υλοποίηση του DFT και ο ορθογώνιος μετασχηματισμός συνημιτόνου (DCT). Το τελευταίο μέρος της ενότητας αυτής αφιερώνεται στην εφαρμογή του DFT για τη φασματική ανάλυση ντετερμινιστικών σημάτων μέσω της μεθόδου του φασματογραφήματος.
- Στην τρίτη ενότητα παρουσιάζεται αρχικά η θεωρία της ομομορφικής επεξεργασίας σήματος και δείχνεται πως αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω του cepstrum του σήματος. Στη συνέχεια, αφού περιγραφεί το βασικό μοντέλο παραγωγής φωνής, παρουσιάζεται η θεωρία και τεχνικές γραμμικής πρόβλεψης με εφαρμογή σε σήματα φωνής. Η ενότητα ολοκληρώνεται με την περιγραφή της εφαρμογής της γραμμικής πρόβλεψης για τη συμπίεση σημάτων φωνής.
- Η τέταρτη ενότητα είναι αφιερωμένη στην επεξεργασία τυχαίων σημάτων. Αφού δοθούν οι βασικές έννοιες και ιδιότητες των τυχαίων σημάτων και η αναπαράστασή τους στο πεδίο της συχνότητας μέσω του φάσματος ισχύος, περιγράφονται τα στοχαστικά μοντέλα ARMA και η κατασκευή βέλτιστων φίλτρων Wiener με εφαρμογή στην αποθορυβοποίηση σημάτων.

### Περιγραφική Θεωρία Συνόλων

- 1) Πολωνικοί χώροι και δένδρα. Το Θεώρημα Cantor-Bendixson.
- 2) Κλάσεις Borel συνόλων πεπερασμένης τάξης και προβολικές κλάσεις συνόλων.
- 3) Συνολοθεωρητικοί και λογικοί τελεστές σε κλάσεις συνόλων.

- 4) Αναπαραστάσεις Borel, αναλυτικών και συναλυτικών συνόλων.
- 5) Borel-ισομορφισμοί.
- 6) Το Θεώρημα Διαχωρισμού των Luzin-Suslin.
- 7) Το Θεώρημα Τέλειου Συνόλου.
- 8) Θεωρήματα Ομαλοποίησης.

### Πεπερασμένες Διαφορές και Πεπερασμένα Στοιχεία για Μερικές Διαφορικές Εξισώσεις.

Ενότητες:

- 1) Επανάληψη στη Θεωρία Μερικών Διαφορικών Εξισώσεων (ΜΔΕ). Γραμμικές ΜΔΕ πρώτης και Δεύτερης Τάξης, Πρόβλημα Cauchy, Προβλήματα Dirichlet και Neumann.
- 2) Πεπερασμένες διαφορές και η μέθοδος των τριών σημείων για το μονοδιάστατο πρόβλημα συνοριακών τιμών.
- 3) Πεπερασμένες Διαφορές για παραβολικά προβλήματα: ευστάθεια, συνέπεια, σύγκλιση.
- 4) Πεπερασμένες Διαφορές για υπερβολικά προβλήματα: συνθήκη CFL, ευστάθεια, συνέπεια, σύγκλιση.
- 5) Πεπερασμένες Διαφορές για ελλειπτικά προβλήματα
- 6) Ασθενής παράγωγος και ασθενής μορφή ελλειπτικών προβλημάτων συνοριακών τιμών.
- 7) Η Μέθοδος των Πεπερασμένων Στοιχείων για ελλειπτικά προβλήματα: εκ των προτέρων και εκ των υστέρων ανάλυση σφάλματος.
- 8) Η Μέθοδος των Πεπερασμένων Στοιχείων για παραβολικά προβλήματα και εκ των προτέρων ανάλυση σφάλματος.
- 9) Η Ασυνεχής Μέθοδος Galerkin για υπερβολικά προβλήματα

### Άλγεβρα

Επιλεγμένα θέματα από Προχωρημένη Άλγεβρα, Ομολογιακή Άλγεβρα, Θεωρία Κατηγοριών και Θεωρία Αναπαράστασεων.

- i. Θεωρία προτύπων: υποπρότυπα, πρότυπα πηλίκο, θεωρήματα ισομορφισμών, ευθέα αθροίσματα και γινόμενα, ελεύθερα πρότυπα, τανυστικά γινόμενα, χώροι ομομορφισμών, προβολικά πρότυπα, εμφυτευτικά πρότυπα.
- ii. Ακριβείς ακολουθίες, βραχείες ακριβείς ακολουθίες, διασπώμενοι μονομορφισμοί και επιμορφισμοί, αλυσωτά συμπλέγματα, επιλύσεις προτύπων, ομολογιακές διαστάσεις.
- iii. Κατηγορίες, συναρτητές, φυσικοί σχηματισμοί, η έννοια της προσάρτησης, το Λήμμα του Yoneda, γινόμενα και συνγινόμενα, ακριβείς συναρτητές, παράγωγοι συναρτητές, συναρτητές Ext και Tor.
- iv. Γραμμικές αναπαραστάσεις πεπερασμένων ομάδων, θεωρία χαρακτήρων.

### Μη-Μαρκοβιανές Στοχαστικές Συναρτήσεις. Στοχαστική Δυναμική.

- **Εισαγωγή**  
Θεωρία και πείραμα. Ορισμός του επιστημονικού πειράματος. Ντετερμινιστικά και στοχαστικά πειράματα. Ο χώρος πιθανότητας ως μαθηματικό πρότυπο του στοχαστικού πειράματος. Συνολοθεωρητικό υπόβαθρο και μετροθεωρητική κατασκευή της πιθανότητας (επέκταση από ημίαλγεβρες σε σ-άλγεβρες με την βοήθεια του εξωτερικού μέτρου, του Θεωρήματος Καραθεοδωρή, και του Λήμματος του Hopf). Ακολουθίες τυχαίων μεταβλητών και στοχαστική σύγκλιση. Σχέση μεταξύ των δια-φόρων μορφών σύγκλισης.
- **Α ΕΝΟΤΗΤΑ (Μη-Μαρκοβιανές στοχαστικές συναρτήσεις)**  
Έννοια της στοχαστικής συνάρτησης. Οι δύο εναλλακτικές θεωρήσεις. Η ιεραρχία των κατανομών πιθανότητας διαφόρων τάξεων. Συναρτήσεις ροπών. Εισαγωγική ταξινόμηση

των στοχαστικών συναρτήσεων. Μαρκοβιανές και μη-Μαρκοβιανές στοχαστικές συναρτήσεις. Ανεπάρκεια της Μαρκοβιανής προσέγγισης. Παραδείγματα από την φυσική και την τεχνολογία (τυρβώδεις ροές, σεισμική κίνηση, ανεμο-γενείς θαλάσσιοι κυματισμοί, φορτίσεις κατασκευών από άνεμο, σεισμό, κύμα).

Μέθοδοι κατασκευής μέτρων πιθανότητας σε χώρους συναρτήσεων. Το θεώρημα Kolmogorov και τα προβλήματά του. Η θεώρηση του Doob, διαχωρίσιμες και με-τρήσιμες στοχαστικές συναρτήσεις. Indistinguishable στοχαστικές συναρτήσεις, modifications και versions στοχαστικών συναρτήσεων. Αναλυτικές ιδιότητες των τροχιών (path functions) - συνέχεια, διαφορισιμότητα, Θεωρήματα Kolmogorov-Chentsov.

Στοχαστική σύγκλιση (L2, κατά πιθανότητα, με πιθανότητα 1). L2-στοχαστικός Λογισμός (μέσος-τετραγωνικός Λογισμός). L2-αναλυτικές ιδιότητες στοχαστικών συναρτήσεων (συνέχεια, ολοκληρωσιμότητα, διαφορισιμότητα) και σχέση αυτών με τις αντίστοιχες ιδιότητες με πιθανότητα 1. Ακρότατα και τομές διαφορισίμων στοχαστικών συναρτήσεων με ντετερμινιστικές συναρτήσεις. Τεχνολογικές Εφαρμογές.

**Ειδικό Θέμα** (optional): Χαρακτηριστικό συναρτησιακό. Κατασκευή μέτρων πιθανότητας μέσω του χαρακτηριστικού συναρτησιακού. Θεωρήματα Sazonov και Minlos.

• **Β ΕΝΟΤΗΤΑ (Στοχαστικές διαφορικές εξισώσεις – Στοχαστική δυναμική)**

Παραδείγματα στοχαστικών διαφορικών εξισώσεων από την τεχνολογία και την Φυσική (ταλαντώσεις κατασκευών υπό την επίδραση στοχαστικών διεγέρσεων από άνεμο, κύμα ή σεισμό. Διάδοση ηχητικών/ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε μεγάλες αποστάσεις στο περιβάλλον). Τυχαίες διεγέρσεις (additive excitation) ή/και τυχαίοι συντελεστές (multiplicative excitation) με ομαλή συνδιακύμανση (όχι λευκός θόρυβος). Μη Μαρκοβιανές αποκρίσεις. Η έννοια της λύσης μιας στοχαστικής διαφορικής εξίσωσης με μη Μαρκοβιανή απόκριση. Εξίσωση Liouville και στοχαστική εξίσωση Liouville (ενός χρόνου, δύο χρόνων, κοκ). Η ιεραρχία των δυναμικών εξισώσεων για τις συναρτήσεις κατανομής πιθανότητας διαφόρων τάξεων της απόκρισης. Το Θεώρημα Novikov-Furutsu και η χρήση του για την παραγωγή (κλειστών, προσεγγιστικών) δυναμικών εξισώσεων εξέλιξης της συνάρτησης κατανομής πιθανότητας πρώτης τάξεως (γενικευμένες εξισώσεις Fokker-Planck-Kolmogorov). Εφαρμογές σε συγκεκριμένα δυναμικά συστήματα (ταλαντωτές).

**Δίκτυα: Βασικές Αρχές και Εφαρμογές**

Το μάθημα εστιάζει στη Θεωρία των Πολύπλοκων Δικτύων και στην Ανάλυση πραγματικών δεδομένων από δίκτυα του φυσικού κόσμου με χρήση της γλώσσας προγραμματισμού R. Συγκεκριμένα, μετά από μία εισαγωγή στις μαθηματικές έννοιες που ποσοτικοποιούν τα δεδομένα από πραγματικά ή τεχνητά δίκτυα, θα αναλυθούν τα τρία βασικά πρότυπα που προσομοιώνουν τα φυσικά δίκτυα: α) Το μοντέλο Erdos-Renyi που αναφέρεται στα δίκτυα τυχαίας συνδεσιμότητας, β) Το μοντέλο Watts and Strogatz που αναφέρεται σε δίκτυα τύπου “μικρού κόσμου” και γ) Το μοντέλο Barabasi-Albert που αναφέρεται σε δίκτυα ελευθέρως κλίμακας (scale-free networks). Το κάθε ένα από τα τρία πρότυπα θα ακολουθείται από παραδείγματα και υλοποίηση του σε γλώσσα προγραμματισμού R. Τέλος, ανάλογα με τα ενδιαφέροντα των φοιτητών θα παρουσιάζονται και άλλα σχετικά κεφάλαια, όπως μορφοκλασματικά δίκτυα (fractal networks), graph neural networks, δίκτυα ενέργειας, κλπ. Η δομή του μαθήματος και οι διδακτικές ώρες είναι ως εξής:

1. Εισαγωγή στη Θεωρία Δικτύων (3 ώρες)

- Παραδείγματα δικτύων από το φυσικό κόσμο

- Παραδείγματα δικτύων από την τεχνολογία

- Βασικοί όροι στη Θεωρία Δικτύων

2. Σημερινές προκλήσεις στα Φυσικά, Κοινωνικά και Οικονομικά Δίκτυα (3 ώρες)



- Το παράδειγμα του Enron Corpus
  - Εισαγωγή στην γλώσσα R.
  - 3. Θεωρία Γράφων (3 ώρες)
  - 4. Εφαρμογές στην R της Θεωρίας Γράφων (3 ώρες)
  - 5. Τυχαία δίκτυα κατά Erdos-Renyi (3 ώρες)
  - 6. Εφαρμογές του μοντέλου Erdos-Renyi στην R (3 ώρες)
  - 7. Το μοντέλο Watts and Strogatz ( 3 ώρες)
  - 8. Εφαρμογές του μοντέλου Watts and Strogatz στην R (3 ώρες)
  - 9. Δίκτυα ελευθέρας κλίμακας (scale-free) και το μοντέλο Barabasi-Albert (3 ώρες)
  - 10. Εφαρμογές του μοντέλου Barabasi-Albert στην R (3 ώρες)
  - 11. Ένα παράδειγμα από τον φυσικό κόσμο:Το δίκτυο νευρώνων στο εγκέφαλο (3 ώρες)
  - 12. Μορφοκλασματικά (fractal) και ιεραρχικά δίκτυα. Ντετερμινιστικά και Στοχαστικά μορφοκλασματικά δίκτυα (3 ώρες)**
  - 13. Εξελισσόμενα (evolving) και πολυεπίπεδα (multilayer) δίκτυα (3 ώρες)
- Άλλα Θέματα  
(ανάλογα και με τα ενδιαφέροντα των φοιτητών)
- Graph Neural Networks: Μια κατηγορία Νευρωνικών Δικτύων η οποία επενεργεί απευθείας επί της δομής ενός δικτύου. Εφαρμογή: Ταξινόμηση κόμβων.
  - Graph embeddings: Ο μετασχηματισμός ιδιοτήτων του δικτύου σε ένα ή περισσότερα διανύσματα αριθμητικών τιμών. **Embeddings κόμβων και δικτύου.**
  - Στοχαστικά δίκτυα διαγωγιμότητας (percolation networks).
  - Κοινότητες & υποδίκτυα
  - Δίκτυα Ενέργειας

### Ανάλυση και Διαχείριση Επενδύσεων

- **Εισαγωγή:** Ο ορισμός της έννοιας της Επιχειρησιακής Έρευνας, τα βασικά της στάδια και μία ιστορική αναδρομή περιγράφονται αναλυτικά.
- **Μαθηματική μοντελοποίηση** προβλημάτων Γραμμικού Προγραμματισμού: Αναλύονται οι τεχνικές του Model Building και εξετάζονται μελέτες περίπτωσης από διαφορετικές περιοχές της επιστήμης. (HW1, HW2)
- **Μαθηματικό υπόβαθρο** για την επίλυση προβλημάτων Γραμμικού Προγραμματισμού: Περιγράφονται τα προβλήματα βελτιστοποίησης, αναλύεται η πολυπλοκότητα των αλγορίθμων και γίνεται επισκόπηση όλων των απαραίτητων μαθηματικών γνώσεων.
- **Γραφική επίλυση** προβλημάτων Γραμμικού Προγραμματισμού: Παρουσιάζεται η γραφική επίλυση προβλημάτων με δύο αγνώστους και γίνεται ανάλυση της ευαισθησίας της λύσης και των σκιωδών τιμών. (HW3)
- **Η μέθοδος Simplex:** Δίνεται η κανονική μορφή του γενικού προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού καθώς και τα βασικά θεωρήματα. Περιγράφεται ο αλγόριθμος Simplex και μελετιούνται ειδικές περιπτώσεις. (HW4)
- Επίλυση προβλημάτων Γραμμικού Προγραμματισμού με τη βοήθεια **υπολογιστικών πακέτων:** Παρουσιάζονται τα υπολογιστικά πακέτα Solver MS Excel, Lindo, Solver LibreOffice. (HW5)
- **Το δυικό πρόβλημα:** Ορίζεται το δυικό πρόβλημα, αναλύονται οι σχέσεις μεταξύ πρωτεύοντος και δυικού και παρουσιάζονται οι επιπτώσεις της δυϊκότητας στο οικονομικό περιβάλλον. (HW6)
- **Ακέραιος Προγραμματισμός:** Περιγράφονται οι αλγόριθμοι α) Διακλάδωσης και οριοθέτησης και β) Επιπέδων αποκοπής. (HW7)
- **Το πρόβλημα της μεταφοράς:** Δίνονται οι αλγόριθμοι α) Βορειοδυτικής γωνίας β) Ελάχιστου κόστους και γ) Vogel για τον υπολογισμό μίας βασικής εφικτής λύσης του προβλήματος



μεταφοράς. Παρουσιάζεται η μέθοδος ανακατανομής των εκχωρήσεων και εξετάζεται το μη ισορροπημένο πρόβλημα μεταφοράς. (HW8)

- **Το πρόβλημα της ανάθεσης αντιστοίχισης:** Παρουσιάζεται η συγγραφική μέθοδος. (HW8)
- **Έλεγχος αποφάσεων υπό αβεβαιότητα – Δένδρα αποφάσεων:** Αναλύονται οι έννοιες «αξία υπό συνθήκη», «αναμενόμενη χρηματική αξία», «κόστος ευκαιρίας», «κέρδος υπό τέλεια πρόβλεψη» και «χρηματική αξία της τέλει πληροφόρησης». Δίνεται ανάλυση ευαισθησίας και παρουσιάζονται τα δένδρα αποφάσεων. (HW9)
- **Διαχείριση Έργου:** Αναλύονται τα διαγράμματα Gantt και οι S-Curves. Παρουσιάζονται οι κύριες μέθοδοι δικτυωτής ανάλυσης CPM, MPM και PERT, καθώς και τα σύγχρονα πρότυπα PRINCE2 και PMBOK. (HW10)

## **Μοριακή Προσομοίωση Υλικών**

### **I. Αρχές Στατιστικής Μηχανικής**

Δυναμικές τροχιές στο χώρο φάσεων. Πυκνότητα πιθανότητας στατιστικού συνόλου. Εξίσωση Liouville. Αναντιστρεπτότητα και επίτευξη θερμοδυναμικής ισορροπίας.

Στατιστικά σύνολα ισορροπίας: μικροκανονικό, κανονικό, ισόθερμο-ισοβαρές. Υπολογισμός θερμοδυναμικών ιδιοτήτων. Η πίεση (τάση) ως μέση τιμή στατιστικού συνόλου: θεώρημα virial. Το χημικό δυναμικό ως μέση τιμή στατιστικού συνόλου: θεώρημα Widom.

Μέγα κανονικό στατιστικό σύνολο για ανοικτά συστήματα: διακυμάνσεις πυκνότητας, υπολογισμός ισοθέρμων ρόφησης.

Συναρτήσεις κατανομής για το χαρακτηρισμό της δομής, σχέσεις τους με θερμοδυναμικές ιδιότητες και με μετρήσεις περίθλασης ακτίνων X ή νετρονίων.

### **II. Μοριακές Προσομοιώσεις**

Μοριακά ομοιότυπα (μοντέλα), συναρτήσεις δυναμικού, περιοδικές οριακές συνθήκες. Υπολογισμός της συνάρτησης δυναμικής ενέργειας.

Ολοκλήρωση Monte Carlo, δειγματοληψία Monte Carlo. Σύνδεση με θεωρία στοχαστικών ανελίξεων. Αλγόριθμος Metropolis στα κανονικό, ισόθερμο-ισοβαρές και μέγα κανονικό στατιστικά σύνολα. Μεροληψία στο εγχείρημα στοιχειωδών κινήσεων και αντίστοιχοι κανόνες αποδοχής.

Προσομοιώσεις μοριακής δυναμικής (MD). Αλγόριθμοι για την ολοκλήρωση των δυναμικών εξισώσεων. Μοριακή δυναμική παρουσία ολονομικών περιορισμών υπαγορευομένων από τη μοριακή γεωμετρία. Μέθοδοι μοριακής δυναμικής σε στατιστικά σύνολα διάφορα του μικροκανονικού.

Ανάλυση των αποτελεσμάτων των προσομοιώσεων για τον υπολογισμό δομικών, θερμοδυναμικών και δυναμικών ιδιοτήτων. Συναρτήσεις χρονικής αυτοσυσχέτισης και σχέση τους με φασματοσκοπικές μετρήσεις. Στοιχεία θεωρίας γραμμικής απόκρισης. Υπολογισμός συντελεστών μεταφοράς (διαχυτότητας, θερμικής αγωγιμότητας, ιξώδους).

### **III. Τεχνικές για μεγάλες κλίμακες μηκών και χρόνων**

Αδροποίηση (coarse-graining) και αναγωγή σε μοντέλα με λιγότερους βαθμούς ελευθερίας για τη μελέτη φαινομένων σε μεγάλες κλίμακες μήκους και χρόνου. Προβολή των εξισώσεων κίνησης πάνω σε λίγους, αργά μεταβαλλόμενους βαθμούς ελευθερίας. Στοιχεία θεωρίας κίνησης Brown. Αρχές των μεθόδων Brownian Dynamics, Dissipative Particle Dynamics.

Θεωρία μεταβατικών καταστάσεων για την εκτίμηση του ρυθμού σπάνιων συμβάντων. Εξίσωση Kramers για τη σταθερά ρυθμού μετάβασης. Θεωρία Bennett-Chandler για τον προσδιορισμό σταθεράς ρυθμού από προσομοιώσεις. Προσδιορισμός τροχιών μετάβασης και σταθερών ρυθμού σε συστήματα με πολλούς, συνεζυγμένους αργούς βαθμούς ελευθερίας. Στοχαστικές ανελίξεις Poisson που προκύπτουν από αλληλουχία σπάνιων συμβάντων. Εξίσωση Master. Κινητική προσομοίωση Monte Carlo.

### **IV. Εφαρμογές**

Συζήτηση παραδειγμάτων υπολογισμών μοριακής προσομοίωσης για κατανόηση και πρόρρηση δομής, θερμοδυναμικών και ρεολογικών ιδιοτήτων πολυμερικών τμημάτων μεγάλου μοριακού βάρους, διαπερατότητας πολυμερικών μεμβρανών, δομής και λειτουργίας λιπιδικών μεμβρανών και βιολογικών μακρομορίων, φαινομένων αυτο-οργάνωσης συμπολυμερών και πολυμερών σε διεπιφάνειες, ρόφησης και διάχυσης σε ζεολίθους, δομικής χαλάρωσης και μηχανικών ιδιοτήτων στην υαλώδη κατάσταση, λεπτών υμενίων, νανοσωματιδίων και νανοσυνθέτων υλικών.

## **Μαθηματική Προτυποποίηση στη Νανοτεχνολογία**

### 1) Introduction to Nanotechnology

Introduction to nanotechnology and nanotechnology manufacturing processes and devices with emphasis on applications and open challenges. Overview of applications of mathematical modeling in Nanotechnology.

### 2) Mathematical modeling in the characterization of nanostructure morphology

Introduction to the basic microscopy techniques used in imaging nanostructures (electronic, atomic, optical) with emphasis on their limitations and capabilities.

Characterization of nanostructures based on their classification into discrete and continuous. The intermediate state of self-organized nanostructures.

Mathematical modeling of discrete nanostructures: methods of stochastic spatial analysis with point patterns, the problem of edge roughness, correlated randomness of size and locations of nanostructures. Applications in microelectronics, nanocomposites and sensors.

Mathematical description of continuous nanostructures (surfaces with roughness): statistics of 1st and 2nd order surfaces with nanoroughness, distribution moments and other parameters, Fourier frequency analysis and correlation functions. Fractal and multi-fractal approach. Critical presentation of roughness parameters according to ISO.

Mathematical methods for the generation of synthetic nanostructured surfaces with specific characteristics. Linking nanostructure characterization methods with specific applications in modern industry and correlating with other scientific fields such as stochastic analysis, computer vision, remote sensing and machine learning.

### 3) Mathematical modeling of the fabrication of nanostructured surfaces: Plasma etching and vapor deposition

Plasma or deposition reactor: Electron energy distribution, atomic, molecular and electron collisions in plasma. Chemical kinetics in the main volume of the reactor. Mass, momentum and energy balances in etching and deposition processes.

Etching (deposition) on initially flat surfaces: Chemical kinetics on the etched surfaces (surfaces of deposition substrates). Langmuir-Hinshelwood kinetics. Evolution of the roughness of surfaces during their etching with stochastic models.

Etching of structures and deposition (grooves, holes): Ballistic models for calculating local flows within structures. Evolution of the shape (front) of the structures using the level set method.

## **Όραση Υπολογιστών**

- Σχηματισμός & φυσική εικόνων: Στοιχεία από Προοπτική, Αισθητήρες, Οπτικά Συστήματα.
- Ακτινομετρία-Φωτομετρία, Σκίαση και 3D Ανακατασκευή, Χρώμα.
- Ανάλυση 2D/3D εικόνων: Σύντομη ανασκόπηση γραμμικών φίλτρων & Fourier ανάλυσης με έμφαση σε φίλτρα Gabor και wavelets.
- Μη-γραμμικά φίλτρα και τελεστές (μορφολογικά, τάξης, πλέγματος) για σχήματα και εικόνες.
- Ανάλυση εικόνων σε πολλαπλές κλίμακες και πυραμίδες (Gaussian & Nonlinear Scale-spaces).

- Ανίχνευση Ακμών, γωνιών και άλλων γεωμετρικών χαρακτηριστικών (SIFT, SURF, HOG).
- Ανάλυση Σχήματος: Καμπυλότητα, Μετασχηματισμοί απόστασης & σκελετού, Ιστογράμματα μεγέθους. Γεωμετρική διάχυση, heat kernels. Ταίριασμα 2D και 3D σχημάτων.
- Ανάλυση/μοντελοποίηση Υφής-texture: Textons, Gabor filterbanks, Fractals, Markov τυχαία πεδία.
- Κατάτμηση εικόνων (Segmentation): γεωμετρικές, στατιστικές και γραφικές μέθοδοι.
- Ανίχνευση και εκτίμηση 2D οπτικής ροής και 3D Κίνησης & παρακολούθησης οπτικών αντικειμένων.
- Στερέοψη: Στοιχεία Προβολικής Γεωμετρίας. Μοντέλα Καμερών. Εκτίμηση 3D δομής-σχήματος. Γεωμετρία πολλαπλών όψεων.
- Ενεργές καμπύλες (active contours): Εξέλιξη καμπυλών/επιφανειών με μεθόδους επιπεδοσυνόλων (Level sets), Μεταβολικό Λογισμό και ΜΔΕς.
- Ανίχνευση και Αναγνώριση οπτικών αντικειμένων.
- Αναγνώριση χωρο-χρονικών Δράσεων και Κατανόηση Βίντεο.
- Σύντομη περιγραφή επιλεγμένων εφαρμογών (σε τεχνητή νοημοσύνη, βιοϊατρική, ρομποτική, ψηφιακές τέχνες, και διαδίκτυο), διάχυτη στα ανωτέρω θέματα.

### Εισαγωγή στη Φυσική και Τεχνολογία της Ελεγχόμενης Θερμοπυρηνικής Σύντηξης

- **Εισαγωγή στην ελεγχόμενη θερμοπυρηνική σύντηξη.** Βασικές πυρηνικές αντιδράσεις. Ενεργός διατομή και παραγόμενη ισχύς. Ενεργειακό ισοζύγιο και κριτήριο του Lawson.
- **Ορισμός του πλάσματος.** Ιονισμός και μακροσκοπική ουδετερότητα φορτίου. Θωράκιση και μήκος Debye. Ταλαντώσεις και συχνότητα πλάσματος. Ιδιότητες ιδανικού πλάσματος. Μεθοδολογικές προσεγγίσεις μελέτης του πλάσματος.
- **Κινήσεις φορτισμένων σωματιδίων σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία.** Ομογενές μαγνητικό πεδίο, κυκλοτρονική συχνότητα, ακτίνα Larmor και μαγνητική ροπή. Ομογενές στατικό ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο, η ολίσθηση  $E \times B$ . Ασθενώς ανομοιογενές μαγνητικό πεδίο, ολισθήσεις βαθμίδας και καμπυλότητας. Μαγνητικοί καθρέπτες. Χρονικά μεταβαλλόμενα πεδία και ολίσθηση πόλωσης. Μαγνητική συγκράτηση σωματιδίων σε τοροειδείς διατάξεις.
- **Συγκρούσεις Coulomb.** Σκέδαση Rutherford. Μεταφορά ενέργειας και ορμής μέσω συγκρούσεων. Συχνότητες συγκρούσεων.
- **Το πλάσμα ως πολλαπλό ρευστό.** Υλική παράγωγος, παράγωγος κατά Lagrange. Διατήρηση μάζας και ορμής. Θεώρημα μεταφοράς Reynolds. Κινητική πίεση και διατήρηση ενέργειας. Εξισώσεις ιδανικού ρευστού. Αντίσταση πλάσματος.
- **Το πλάσμα ως ενιαίο ρευστό – Μαγνητοϋδροδυναμική.** Εξισώσεις ενιαίου ρευστού. Ιδανική και απωλεστική μαγνητοϋδροδυναμική. Μαγνητική ροή, μαγνητικό ιξώδες και αριθμό Reynolds. Μαγνητική πίεση. Θεώρημα Virial.
- **Μαγνητοϋδροδυναμική Ισορροπία.** Εξισώσεις ισορροπίας. Συμπιεστής Θήτα. Ευθύγραμμος κοχλιωτός συμπιεστής. Αξονοσυμμετρική τοροειδής διάταξη ισορροπίας.
- **Ανάλυση Ευστάθειας.** Γραμμική ανάλυση και κανονικοί ρυθμοί. Ενεργειακή μέθοδος. Αστάθεια Rayleigh-Taylor. Κύματα στην ιδανική Μαγνητοϋδροδυναμική

### Μέθοδοι Τηλεπισκόπησης για την Παρατήρηση και Παρακολούθηση του Περιβάλλοντος

- Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση
- Μηχανική Εκμάθηση στην Τηλεπισκόπηση: Τάση, Εφαρμογές, Κατευθύνσεις
- Επιβλεπόμενη ταξινόμηση στην τηλεπισκόπηση: k-NN, Γραμμικός Ταξινομητής, SVM, Random Forest, Softmax

- Μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση: k-means
- Εισαγωγή στα Νευρωνικά Δίκτυα: Multilayer Perceptron (MLP), Βελτιστοποίηση, Οπισθοδιάδοση
- Νευρωνικά Δίκτυα: Ρύθμιση της αρχιτεκτονικής, συναρτήσεις ενεργοποίησης, συναρτήσεις απώλειας, προ-επεξεργασία δεδομένων, Optimizers, κλπ.
- Συνελκτικά Νευρωνικά Δίκτυα: Αρχιτεκτονικές, Συνέλιξη/Επίπεδα pooling, κατανόηση και οπτικοποίηση, μεταφερόμενη εκμάθηση και βελτιστοποίηση
- Εισαγωγή στην Αυτο-επιβλεπόμενη μάθηση
- Αντικειμενοστρεφής ανάλυση εικόνας

### Αλγόριθμοι Δικτύων και Πολυπλοκότητα

Τεχνικές για ασυμπτωτική εκτίμηση υπολογιστικής πολυπλοκότητας.

- Κριτήρια για επιλογή αλγορίθμων, πολυωνυμικοί αλγόριθμοι.
- Επεξεργασία δεδομένων (ταξινόμηση, επιλογή, αναζήτηση).
- Μέθοδοι σχεδιασμού αποδοτικών αλγορίθμων: «διαίρει και βασίλευε», άπληστοι αλγόριθμοι, δυναμικός προγραμματισμός.
- Εφαρμογές σε προβλήματα γραφημάτων: αναζήτηση κατά βάθος, αναζήτηση κατά πλάτος, ελάχιστο συνδετικό δένδρο, συντομότερα μονοπάτια, μέγιστη ροή και ελάχιστη τομή, ροή ελάχιστου κόστους.
- Αλγόριθμοι για ταίριασμα συμβολοσειρών.
- Πιθανοτικοί και προσεγγιστικοί αλγόριθμοι.
- Υπολογισιμότητα και πολυπλοκότητα.
- Κλάσεις υπολογιστικής πολυπλοκότητας και αναγωγές.
- Οι κλάσεις P και NP, NP-complete προβλήματα.
- Κλάσεις χωρικής και μετρητικής πολυπλοκότητας.

**Εργαστήριο:** Μια σειρά αλγοριθμικών προβλημάτων που πρέπει να λυθούν σε C/C++.

### Μοντέλα Υπολογισμού, Τυπικές Γλώσσες και Αυτόματα

Στόχος του μαθήματος είναι η εμβάθυνση των σπουδαστών στις θεμελιώδεις έννοιες και μεθόδους της υπολογισιμότητας (θεωρία αναδρομής), θεωρίας αυτομάτων και τυπικών γλωσσών, και δομικής πολυπλοκότητας.

Αποτελείται από τις παρακάτω ενότητες.

1. Πρωταρχική αναδρομή (primitive recursion)  
Ειδικότερα: Προγράμματα LOOP. Πρωταρχική αναδρομή (primitive recursive functions). Κωδικοποίηση κατά Cantor και κατά Goedel. Θεώρημα ισοδυναμίας LOOP υπολογίσιμων και πρωταρχικά αναδρομικών συναρτήσεων.
2. Σταθερά σημεία και μερικές αναδρομικές συναρτήσεις (partial recursive)  
Ειδικότερα: Αυτοαναφορά και γενικευμένη χρήση διαγωνιοποίησης Cantor. Θεώρημα σταθερών σημείων (Tarski-Knaster). Προγράμματα WHILE, unbounded minimization, μερικές αναδρομικές συναρτήσεις (partial recursive functions): ισοδυναμία. Μηχανές Turing και άλλα ισοδύναμα υπολογιστικά μοντέλα.
3. Σχήματα McCarthy και στρατηγικές υπολογισμού  
Ειδικότερα: leftmost-innermost evaluation, lazy evaluation, normal strategy. Σταθερά σημεία. Θεώρημα Cadiou.
4. Θέση Church-Turing. Κανονική μορφή Kleene. Καθολική μηχανή Turing. Θεώρημα Αναδρομής  
Ειδικότερα: Θέση Church-Turing. Κανονική μορφή Kleene. Καθολική μηχανή Turing. Θεώρημα S-m-n (παραμέτρων). Θεώρημα Rice. Δεύτερο Θεώρημα Αναδρομής.

5. Αναδρομικά αριθμήσιμα σύνολα. Μαντεία. Αριθμητική ιεραρχία. Διοφαντικά Σύνολα.  
Ειδικότερα: Ιδιότητες r.e. (αναδρομικά αριθμήσιμων) γλωσσών. Αποκρισιμότητα και μη επιλυσιμότητα. Ιδιότητες κλειστότητας αναδρομικά αριθμήσιμων συνόλων. Μαντεία (oracles). Βαθμοί (degrees) αναδρομικότητας. Αριθμητική ιεραρχία (Kleene). Διοφαντικά σύνολα. Δέκατο πρόβλημα του Hilbert. Εικασία Davis. Θεώρημα DMPR. Αποκρίσιμες και μη-αποκρίσιμες θεωρίες (Tarski).
6. Πεπερασμένα αυτόματα και κανονικά σύνολα  
Ειδικότερα: Αυτόματα και Τυπικές Γραμματικές: DFA/NFA/NFAε. Κανονικές παραστάσεις και γλώσσες. Pumping lemma για κανονικές γλώσσες. Θεώρημα ισοδυναμίας Rabin-Scott. Θεωρήματα ισοδυναμίας Kleene και Chomsky. Ιδιότητες κλειστότητας για κανονικά σύνολα. Αλγόριθμοι απόφασης για κανονικά σύνολα. Αλγεβρική περιγραφή κανονικών συνόλων: θεωρήματα ισοδυναμίας και ελαχιστοποίησης Myhill-Nerode. Παραλλαγές και επεκτάσεις, FA με έξοδο ισοδυναμία μηχανών Mealy και Moore.
7. Τυπικές γραμματικές. Ιεραρχία Chomsky. Γλώσσες χωρίς συμφραζόμενα.  
Ειδικότερα: Γραμματικές χωρίς συμφραζόμενα. Συντακτικά δέντρα. PDA (αυτόματα στοίβας). Ιδιότητες κλειστότητας c.f. γλωσσών. Αλγόριθμος CYK για παραγωγισιμότητα συμβολοσειράς από γραμματική χωρίς συμφραζόμενα.  
Θεώρημα Parikh για ημιγραμμικότητα c.f. γλωσσών. Κανονική μορφή Chomsky και κανονική μορφή Greibach. Pumping lemma για c.f. γλώσσες.
8. Γενικές γραμματικές και γλώσσες με συμφραζόμενα.  
Ειδικότερα: μηχανές Turing (TM) που αναγνωρίζουν γενικές γλώσσες (αναδρομικά αριθμήσιμες). Γραμμικά περιορισμένα αυτόματα (LBA) που αναγνωρίζουν c.s. γλώσσες. Ιδιότητες κλειστότητας. Αλγόριθμοι απόφασης ή μη ύπαρξη τέτοιων αλγορίθμων. Post Correspondence problem. Thue systems and word problem.
9. Υπολογιστική πολυπλοκότητα  
Ειδικότερα: Κλάσεις Πολυπλοκότητας P, NP, PSPACE κτλ. Θεωρήματα ιεραρχίας. Αναγωγές. Διαφορά συγκεκριμένης πολυπλοκότητας αλγορίθμων και αφηρημένης ιεράρχησης κλάσεων πολυπλοκότητας. Δεντρικά μοντέλα υπολογισμού. Αναγωγές (Karp, Cook, logspace).
10. Πιθανοτικές κλάσεις πολυπλοκότητας (τυχειότητα). Κλάσεις προβλημάτων που επιλύονται με παράλληλους υπολογισμούς. Αλληλεπίδραση. Θεώρημα PCP.  
Ειδικότερα: Πιθανοτικές κλάσεις πολυπλοκότητας (τυχειότητα). Πολυωνυμική ιεραρχία. Alternating TM. Κλάσεις προβλημάτων που επιλύονται με παράλληλους υπολογισμούς. NC, AC, SC. TC. Διαλογική Αλληλεπίδραση. Διαλογικά συστήματα αποδείξεων: IP, AM, MA. Θεώρημα Shamir. Θεώρημα PCP:  $NP=PCP(\log n, 1)$ .
11. Μετρητικοί, προσεγγιστικοί, παραμετρικοί, κβαντικοί αλγόριθμοι.  
Ειδικότερα: Κλάσεις #P, #PEasy, TotP, parityP, Θεώρημα Toda.  
Κλάσεις προσεγγιστικών αλγορίθμων: NPO, poly-APX, log-APX, APX, PTAS, PRAS, FPTAS, PO.  
Κλάσεις παραμετρικών αλγορίθμων: paraNP, XP, WH, FPT.  
Κλάσεις κβαντικών αλγορίθμων: QIP, QQP, QMA, BQP, BPP, P.
12. Αλγόριθμοι αναζήτησης. Ομοιόμορφα και μη-ομοιόμορφα κυκλώματα. Λεπτομερής πολυπλοκότητα (fine-grained).  
Ειδικότερα: Κλάσεις προβλημάτων αναζήτησης (Yannakakis, Papadimitriou, Daskalakis): FNP, TFNP, PPA, PPP, PLS, PPADS, PPAD, CLS, FP.  
TM με συμβουλή (advice). P γνήσιο υποσύνολο του P/poly.  
Θεώρημα Karp-Lipton: Αν NP υποσύνολο του P/poly, τότε  $PH=\Sigma^P_2$ .  
Θεώρημα: BPP γνήσιο υποσύνολο του P/poly.  
Θεώρημα: PARITY δεν ανήκει στο  $AC^0$ .  
Θεώρημα: NEXP δεν είναι γνήσιο υποσύνολο της  $ACC^0$ .



## Συστημική και Δικτυακή Βιολογία

### Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας

#### Μέρος Ι. Εντός Διεργασίας Έλεγχος Ποιότητας.

1. Βασικές έννοιες του Μονομεταβλητού Στατιστικού Ελέγχου Διεργασιών.
2. Το διάγραμμα Pareto.
3. Το διάγραμμα αιτίου-αποτελέσματος.
4. Διαγράμματα ελέγχου Shewhart για μεταβλητές και ιδιότητες.
5. Διαγράμματα ελέγχου με μνήμη, CUSUM, EWMA και MA.
6. Δειγματοληψία Αποδοχής. Χαρακτηριστική καμπύλη.
7. Απλά, διπλά και πολλαπλά δειγματοληπτικά σχέδια.
8. Δείκτες ικανότητας της διεργασίας.
9. Βασικές έννοιες πολυμεταβλητού Στατιστικού Ελέγχου Διεργασιών.
10. Πολυμεταβλητά διαγράμματα ελέγχου, Hotelling T<sup>2</sup>, MCUSUM και MEWMA.

#### Μερος ΙΙ. Εκτός Διεργασίας Έλεγχος Ποιότητας.

1. Μεθοδολογία αποκριτικών επιφανειών.
  2. Σχεδιασμοί και μοντέλα δεύτερης τάξης.
  3. Κεντρικοί Σύνθετοι και Box-Behnken σχεδιασμοί.
  4. Εύρωστοι παραμετρικοί σχεδιασμοί.
  5. Μεθοδολογία και μέτρα απόδοσης του Taguchi.
  6. Μοντελοποίηση θέσης και διασποράς.
  7. Αποκριτική Μοντελοποίηση.
  8. Διασταυρωμένοι και Συνδυασμένοι σχηματισμοί.
- Σύγκριση μεταξύ διασταυρωμένων και συνδυασμένων σχηματισμών

## Διαχείριση και Επεξεργασία Μεγάλων Δεδομένων Παρατήρησης Γης

### Ανάλυση Επιβίωσης και Αξιοπιστίας

Δεδομένα διάρκειας ζωής. Αποκομμένες παρατηρήσεις.  
Συναρτήσεις επιβίωσης και αξιοπιστίας. Συνάρτηση διακινδύνευσης.  
Βασικά μοντέλα (Εκθετική, Γάμμα, Weibull, Λογαριθμο-λογιστική, Γενικευμένη Γάμμα, Γενικευμένη F και άλλες κατανομές).  
Μη-παραμετρική εκτίμηση. Εκτιμήτρια Kaplan-Meier. Εκτιμήτρια Nelson-Aalen. Συγκρίσεις κατανομών επιβίωσης. Έλεγχος log-rank.  
Προσαρμογή μοντέλων. Έλεγχοι καλής προσαρμογής.  
Μοντέλα παλινδρόμησης. Μοντέλα αναλογικής διακινδύνευσης (proportional hazards). Το ημι-παραμετρικό μοντέλο του Cox και επεκτάσεις αυτού. Μοντέλα επιταχυνόμενης διακοπής (accelerated failure time).  
Προσαρμογή και ανάπτυξη μοντέλου. Διαγνωστικές μέθοδοι, υπόλοιπα Cox-Snell, Schoenfeld κ.ά.  
Μοντέλα ευπάθειας (frailty). Επαναλαμβανόμενα γεγονότα.  
Εργαστήρια με χρήση στατιστικών πακέτων, όπως η R και άλλα. Ειδικές εφαρμογές

### Τεχνорύθμιση και Επιστήμη των Δεδομένων

Το περιεχόμενο του μαθήματος αποτελείται από τις εξής ενότητες:



1. Εισαγωγή στην τεχνο-ρυθμιστική προσέγγιση για την επίλυση προβλημάτων της επιστήμης των δεδομένων
2. Πολιτικές και Δίκαιο Πνευματικής Ιδιοκτησίας και επιστήμη των δεδομένων – Υποθέσεις Μελέτης από το χώρο του πολιτισμού και της Έρευνας
3. Πολιτικές και Δίκαιο Δημόσιας Πληροφορίας I (Πρόσβαση στην Πληροφορία και Περαιτέρω Χρήση αυτής): Υποθέσεις Μελέτης από το Χώρο της Δημόσιας Διοίκησης και της επιχειρηματικότητας της πληροφορίας
4. Πολιτικές και Δίκαιο Δημόσιας Πληροφορίας II (Γεωχωρική και Μετεωρολογική Πληροφορία): Υποθέσεις Μελέτης από το χώρο, τη δημόσια διοίκηση και την επιχειρηματικότητα της Γεωχωρικής πληροφορίας
5. Πολιτικές και Δίκαιο Έρευνας και Εκπαίδευσης: Υποθέσεις Μελέτης από το χώρο της Έρευνας και της Εκπαίδευσης
6. Πολιτικές και Δίκαιο για την προστασία Δεδομένων Προσωπικού Χαρακτήρα και Βιοηθική: Υποθέσεις Μελέτης από το Χώρο των επιστημών Ζωής (βιολογία, γενετική, ιατρική)
7. Μελλοντικές Τάσεις στο χώρο της τεχνορύθμισης: Νομικά ζητήματα από Ψη-φυσικά (phigital) αντικείμενα, μετα-προϊόντα και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων
8. Ηθικά και Νομικά ζητήματα της Τεχνητής Νοημοσύνης και της Ρομποτικής
9. Ζητήματα δεοντικής λογικής και ηθικής των ρομπότ
10. Νομικά θέματα στην επεξεργασία φυσικής γλώσσας και τη διάδραση ανθρώπου και μηχανών

### **Οικονομετρία και Ανάλυση Χρονοσειρών**

- Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση
- Βασικές Υποθέσεις
- Στατιστική Student, F
- Παραβιάσεις Υποθέσεων Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης
- Υποδείγματα Πιθανότητας και Ψευδομεταβλητές
- Μη Γραμμικά Υποδείγματα
- Συστήματα Εξισώσεων
- Ανάλυση Χρονολογικών Σειρών
- Ολοκλήρωση και Συνολοκλήρωση Χρονολογικών Σειρών
- Έλεγχοι Αιτιότητας και Βραχυχρόνιας Αιτιότητας
- Διανυσματικά Αυτοπαλίνδρομα Υποδείγματα
- Υποδείγματα Διόρθωσης Σφάλματος
- Παγκόσμια Διανυσματικά Αυτοπαλίνδρομα Υποδείγματα

### **Βαθιά Μάθηση**

- Εισαγωγή. Ανασκόπηση βασικών εννοιών μηχανικής μάθησης και υπολογιστικής νοημοσύνης.
- Perceptron, πολυστρωματικό perceptron (MultiLayer Perceptron-MLP). Βαθιά μάθηση. Βαθιά νευρωνικά δίκτυα πρόσθιας τροφοδότησης (deep feedforward neural networks).
- Εκπαίδευση νευρωνικών δικτύων. Συναρτήσεις κόστους (loss functions), συναρτήσεις ενεργοποίησης (activation functions), στοχαστική κάθοδος κλίσης (Stochastic Gradient Descent), βελτιστοποίηση (optimization). Υπερπροσαρμογή / υποπροσαρμογή (overfitting / underfitting), ομαλοποίηση (regularization). Επαύξηση δεδομένων (data augmentation), κανονικοποίηση παρτίδας (batch normalization). Αρχικοποίηση βαρών, προεπεξεργασία δεδομένων. Επιλογή μοντέλου, ρύθμιση υπερπαραμέτρων (hyperparameter tuning). Επικύρωση μοντέλου (model validation). Συλλογική μάθηση (ensemble learning).
- Συνελικτικά Νευρωνικά Δίκτυα (Convolutional Neural Networks) και παραλλαγές.

- Ακολουθιακά μοντέλα (sequence models). Επαναληπτικά νευρωνικά δίκτυα (Recurrent Neural Networks – RNN) και παραλλαγές (Gated Recurrent Unit – GRU, Long Short-Term Memory – LSTM, bidirectional LSTM).
- Μηχανισμός προσοχής (attention), self-attention, multi-head attention. Μετασχηματιστές (transformers), μετασχηματιστές όρασης (vision transformers). Μεγάλα γλωσσικά μοντέλα (Large Language Models)
- Παραγωγικά μοντέλα (generative models). Περιορισμένες μηχανές Boltzman (Restricted Boltzman Machines), βαθιές μηχανές Boltzman (Deep Boltzman Machines), βαθιά δίκτυα πεποίθησης (Deep Belief Networks). Αυτοκωδικοποιητές (autoencoders), αυτοκωδικοποιητές αποθορυβοποίησης (denoising autoencoders). Αυτοκωδικοποιητές διακυμάνσεων (Variational Autoencoders – VAE). Παραγωγικά ανταγωνιστικά δίκτυα (Generative Adversarial Networks – GAN). Μοντέλα διάχυσης (diffusion models).
- Αυτοεπιβλεπόμενη μάθηση (self-supervised learning), αντικρουόμενη μάθηση (contrastive learning). Ημιεπιβλεπόμενη μάθηση (Semi-supervised learning). Μάθηση με μεταφορά (transfer learning), προσαρμογή πεδίου (domain adaptation), multi-task learning, few-shot learning, zero-shot learning.
- Ανασκόπηση βασικών εννοιών ενισχυτικής μάθησης (reinforcement learning). Βαθιά ενισχυτική μάθηση, βαθιά δίκτυα-Q (Deep Q-Networks – DQN), double DQN, dueling DQN, noisy DQN και άλλα μοντέλα.
- Νευρωνικά Δίκτυα Γράφων (Graph Neural Networks). Ενσωματώσεις κόμβων / γράφων (node / graph embeddings), εκπαίδευση νευρωνικών δικτύων γράφων, συνελκτικά δίκτυα γράφων (Graph Convolutional Networks), δίκτυα γράφων με μηχανισμό προσοχής (Graph Attention Networks).
- Επεξηγησιμότητα μοντέλων βαθιάς μάθησης. Εφαρμογές νευρωνικών δικτύων και βαθιάς μάθησης.
- Εργαστηριακή εξάσκηση στα παραπάνω αντικείμενα (Python και σχετικές βιβλιοθήκες).

## Στοχαστικές Διεργασίες & Βελτιστοποίηση στη Μηχανική Μάθηση

Επισκόπηση Αλγορίθμων Βελτιστοποίησης στη Μηχανική Μάθηση: Σχέση Μηχανικής Μάθησης (ML) και Τεχνητής Νοημοσύνης (AI). Επιβλεπόμενη, μη επιβλεπόμενη, ενισχυτική μάθηση. Διακριτικά (Discriminative) & Παραγωγικά (Generative) Μοντέλα, το ChatGPT – Chat Generative Pre-trained Transformer). Σύνολα δεδομένων Training, Validation & Testing Datasets. Linear & Logistic Regression

Νευρωνικά Δίκτυα, κανόνας του Hebb. Προσδιορισμός παραμέτρων με επιβλεπόμενη μάθηση, Roseblatt's Perceptron, Back-Propagation Algorithm

Μη Επιβλεπόμενη Μάθηση: K-Means Clustering, Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών (Principal Components Analysis – PCA), Self-Organizing Maps (SOM), Autoencoders

Βασικές Έννοιες Στατιστικής Μηχανικής στη Μηχανική Μάθηση: Αλυσίδες Markov, ταξινόμηση καταστάσεων, πιθανότητες μετάβασης, εξισώσεις Chapman – Kolmogorov, επαναληπτικότητα – παροδικότητα, αναλλοίωτες κατανομές, ασυμπτωτική συμπεριφορά

Μέθοδοι Monte Carlo προσομοίωσης αλυσίδων Markov, αλγόριθμος Metropolis – Hastings. Προσομοιωμένη Ανόπτηση (Simulated Annealing), δειγματοληψία Gibbs. Παραγωγικά Μοντέλα Μάθησης (Generative Models), Μηχανή Boltzmann, Restricted Boltzmann Machine (RBM), Δίκτυα Πεποίθησης Μεγάλου Βάθους (Deep Belief Nets – DBN)

Ενισχυτική Μάθηση και Δυναμικός Προγραμματισμός: Διαδικασίες Απόφασης Markov (Markov Decision Processes), κριτήριο βελτιστοποίησης Bellman (Bellman's Optimality Criterion),

αλγόριθμοι Δυναμικού Προγραμματισμού (Value & Policy Iteration algorithms). Προσεγγιστικές μέθοδοι δυναμικού προγραμματισμού, Temporal Difference (TD) & Q-Learning

Ενισχυτική Μάθηση για Δρομολόγηση στο Internet: Αλγόριθμος Bellman – Ford, Border Gateway Protocols (BGP)

Αλγόριθμοι Πυρήνα και Διαχωρισιμότητα Προτύπων: Θεώρημα του Cover, εφαρμογές σε Radial-Basis Function (RBF) Networks, Υβριδική Μάθηση, Support Vector Machines (SVM)

Μη-παραμετρικοί Ταξινομητές, ταξινόμηση σύμφωνα με γνωστές κλάσεις K γειτονικών στοιχείων μάθησης, K-Nearest Neighbors (KNN)

Στατιστική αξιολόγηση δυαδικής ταξινόμησης, Confusion Matrix, Receiver Operating Characteristics (ROC) & Area Under the Curve (AUC), Παραμετρική Πιθανοτική Ταξινόμηση – κανόνες Bayes, προσεγγιστικές μέθοδοι, αλγόριθμος Naïve Bayes

Δένδρα Αποφάσεων (Decision Trees): Αλγόριθμοι διαμόρφωσης CART (Classification And Regression Trees), Gini Index, Random Forests, αλγόριθμοι Bagging (Bootstrap & aggregating)

Αναδρομικά Νευρωνικά Δίκτυα (Recurrent Neural Nets – RNN): Μοντέλα Συσχετισμένης Μνήμης (Associative Memory ή Content Addressable Memory – CAM), δίκτυα Hopfield, RNNs & ακολουθιακά μοντέλα δεδομένων (time/character series, speech processing), δίκτυα Long-Short Term Memory (LSTM) Επεξηγησιμότητα Τεχνητής Νοημοσύνης – explainable AI (XAI): Ορισμοί, Intrinsic & Model-Agnostic XAI Methods, PI (Permutation Feature Importance), SHAP (Shapley Additive exPlanations), LIME (Local Interpretable Model Agnostic Explanation)

### **Ειδικά Θέματα Αλγορίθμων (Αλγοριθμική Επιστήμη Δεδομένων)**

- Εντοπισμός κανόνων συσχέτισης και συνόλων στοιχείων που εμφανίζονται συχνά σε μεγάλα δεδομένα.
- Εντοπισμός παρόμοιων στοιχείων - locality sensitive hashing.
- Πολυδιάστατοι χώροι και μείωση διάστασης, Johnson-Lindenstrauss λήμμα.
- Recommendation systems, singular value decomposition, εφαρμογές.
- Το web ως γράφημα και ως αλυσίδα Markov, ανάλυση συνδέσμων, PageRank.
- Ανάλυση κοινωνικών δικτύων, εντοπισμός κοινοτήτων.
- Μηχανική μάθηση μεγάλης κλίμακας, μοντέλο μάθησης PAC, διάσταση VC, online μάθηση, support vector machines, boosting.
- Ροές δεδομένων, δειγματοληψία και sketching σε ροές δεδομένων.
- Συσταδοποίηση δεδομένων (clustering), k-means, spectral clustering.
- Ηλεκτρονική διαφήμιση, δημοπρασίες Generalized Second Price.

### **Προχωρημένα Θέματα Επιστήμης και Αναλυτικής Δεδομένων**

#### **Στοχαστικές ΔΕ και Εφαρμογές στη Χρηματοοικονομική**

- Continuous time stochastic processes
- Filtrations
- Stopping times
- Basic properties of continuous time martingales
- Markov processes
- Definition and basic properties of the Brownian motion process (Wiener process)
- Itô stochastic integral - Itô stochastic processes
- The quadratic variation of the Brownian motion process

- Itô formula
- Stochastic differential equations
- Applications and examples
- Girsanov's Theorem
- Continuous time Financial (market) modelling – The Black-Scholes model – Option pricing – European options

### Χρηματοοικονομικά Παράγωγα

- Α-Ενότητα: Τύποι και δομές χρηματοοικονομικών παραγώγων (Futures, Forwards, Options, Swaps, Swaptions)  
Στην Α-Ενότητα αναλύονται οι τύποι των παραγώγων και η σημασία/χρησιμότητα τους στον χρηματοοικονομικό τομέα
- Β-Ενότητα: Μοντέλα αποτίμησης χρηματοοικονομικών παραγώγων  
Στην Β-Ενότητα παρουσιάζονται οι βασικές μέθοδοι (μοντέλα) αποτίμησης χρηματοοικονομικών παραγώγων ανάλογα με το είδος του παραγώγου
- Γ-Ενότητα: Εφαρμογές και χρήση των χρηματοοικονομικών παραγώγων  
Στην Γ-Ενότητα παρουσιάζονται εφαρμογές (μέσω προγραμματισμού) αποτίμησης παραγώγων και μέσω αυτών, η αντιστάθμιση των χρηματοοικονομικών κινδύνων.

### Χρηματοοικονομική Οικονομετρία

- Βασικές στατιστικές έννοιες χρονολογικών σειρών (ασθενής στασιμότητα, συναρτήσεις αυτοσυνδιακύμανσης και αυτοσυσχέτισης, πίνακες αυτοσυνδιακυμάνσεων και αυτοσυσχετίσεων).
- Εξισώσεις διαφορών (γραμμικές, ομογενείς και μη ομογενείς, προβλήματα αρχικών τιμών).
- Υπόδειγμα AR(p) (στασιμότητα, συναρτήσεις αυτοσυνδιακύμανσης και αυτοσυσχέτισης, εξισώσεις Yule-Walker).
- Υπόδειγμα MA(q) (αντιστρεψιμότητα, συναρτήσεις αυτοσυνδιακύμανσης και αυτοσυσχέτισης).
- Μεικτά υποδείγματα: Το υπόδειγμα ARMA(p,q) (στασιμότητα, αντιστρεψιμότητα, συναρτήσεις αυτοσυνδιακύμανσης και αυτοσυσχέτισης).
- Μη στάσιμες χρονολογικές σειρές: Το μεικτό ολοκληρωμένο υπόδειγμα (p,d,q) τάξης ARIMA(p,d,q).
- Μέγιστη πιθανοφάνεια.
- Το υπόδειγμα ARCH(p) (βραχυχρόνια και μακροχρόνια διακύμανση, εκτίμηση με τη μέθοδο μέγιστης πιθανοφάνειας).
- Το υπόδειγμα GARCH(p,q) (βραχυχρόνια και μακροχρόνια διακύμανση, εκτίμηση με τη μέθοδο μέγιστης πιθανοφάνειας).
- Ο τύπος του Itô (στοχαστικές ανελίξεις σε συνεχή χρόνο, εφαρμογή του λήμματος του Itô στην επίλυση γνωστών στοχαστικών διαφορικών εξισώσεων-γεωμετρική κίνηση Brown, ανέλιξη Ornstein-Uhlenbeck).

## Αρχές Χρηματοοικονομικής Θεωρίας

### Προτυποποίηση και Έλεγχος Δυναμικών Συστημάτων

#### Μέθοδοι Μοντελοποίησης Δυναμικών Συστημάτων

Παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των δυναμικών συστημάτων και τα μαθηματικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται για να τα μοντελοποιήσουν, όπως οι συναρτήσεις μεταφοράς, η αναπαράσταση χώρου καταστάσεων, και τα διαγράμματα βαθμίδων. Παρουσιάζονται επίσης μεθοδολογίες μετατροπής της δυναμικής μοντελοποίησης από μια μορφή σε άλλη καθώς και

μέθοδοι υπολογισμού της δυναμικής απόκρισης των συστημάτων σε ποικίλες επιβολές ή διαταραχές.

### **Ευστάθεια-Ελεγχιμότητα-Παρατηρησιμότητα**

Αυτή η ενότητα επικεντρώνεται στην έννοιες της ευστάθειας, της ελεγχιμότητας και της παρατηρησιμότητας και των μαθηματικών εργαλείων που χρησιμοποιούνται για τη διερεύνηση αυτών των ιδιοτήτων σε δυναμικά συστήματα.

### **Χαρακτηριστικά Δυναμικών Συστημάτων**

Παρουσιάζονται χαρακτηριστικά και κριτήρια ευστάθειας και απόδοσης για συστήματα ελέγχου στο πεδίο του χρόνου (όπως χρόνος ανύψωσης, υπέρβαση, χρόνος απόκρισης) και στο πεδίο των συχνοτήτων (όπως διαγράμματα και κριτήρια Bode και Nyquist, περιθώρια κέρδους και φάσης, συχνότητα διασταύρωσης, μέγιστα καμπυλών συχνότητας και ευαισθησίας)

### **Σχεδιασμός συστημάτων ελέγχου που να ικανοποιούν τις προδιαγραφές ευστάθειας και απόδοσης**

Παρουσιάζεται η σημασία και η μοντελοποίηση της ανάδρασης στο σχεδιασμό των συστημάτων ελέγχου καθώς και μια σειρά μεθοδολογιών σχεδιασμού που ξεκινούν από μια σύντομη επανάληψη κλασικών μεθόδων όπως Ziegler-Nichols και Cohen-Coon και επεκτείνονται στις προχωρημένες μεθοδολογίες Internal Model Control (IMC), direct synthesis και loop shaping.

### **Προτυποποίηση αβεβαιότητας και κριτήρια εύρωστης ευστάθειας και απόδοσης**

Παρουσιάζονται μέθοδοι ποσοτικοποίησης της αβεβαιότητας και ενσωμάτωσης της αβεβαιότητας στην διαμόρφωση και εφαρμογή των κριτηρίων εύρωστης ευστάθειας και απόδοσης. Οι φοιτητές εκπαιδεύονται επίσης στο σχεδιασμό ελεγκτών που ικανοποιούν τα κριτήρια αυτά με βάση τη μεθοδολογία της πολλαπλής ευαισθησίας (mixed sensitivity).

### **Νόρμες συστημάτων και μέθοδοι ελέγχου $H_2$ , $H_\infty$**

Παρουσιάζονται οι μέθοδοι ελέγχου  $H_2$ ,  $H_\infty$  με βάση των ορισμό νορμών που ξεκινούν με τις νόρμες διανυσμάτων και εκτείνονται σε νόρμες πινάκων, σημάτων και συστημάτων. Δίνεται έμφαση στην επεξήγηση της θεωρίας και στα προβλήματα μαθηματικής βελτιστοποίησης που διαμορφώνονται για κάθε μέθοδο. Παρουσιάζεται επίσης η μεθοδολογία της Αποσύνθεσης σε Ιδιάζουσες Τιμές (Singular Value Decomposition) και η σημασία της στην ανάλυση και σχεδιασμό συστημάτων ελέγχου για πολυμεταβλητά δυναμικά συστήματα.

### **Βέλτιστος έλεγχος**

Παρουσιάζονται αναλυτικά οι μεθοδολογίες Linear Quadratic Regulator (LQR) και Linear Quadratic Gaussian (LQG) ως ειδικές περιπτώσεις της μεθόδου  $H_2$ . Δίνεται έμφαση σε συγκεκριμένη μεθοδολογία βαθμονόμησης ελεγκτών LQR που εξασφαλίζει την καλή απόδοση του συστήματος κλειστού βρόχου για πολυμεταβλητά συστήματα. Τέλος γίνεται μια εισαγωγή στις μεθοδολογίες προβλεπτικού ελέγχου (Model Predictive Control, MPC) που βασίζονται στη διακριτοποίηση των δυναμικών συστημάτων και την ενσωμάτωση των περιορισμών του προβλήματος στην αντικειμενική συνάρτηση του προβλήματος μαθηματικής βελτιστοποίησης που λύνεται σε πραγματικό χρόνο.

## **Ειδικά Κεφάλαια σε Πολύπλοκα Συστήματα**

### **A. Πολύπλοκα συστήματα στο χρόνο**

Δυναμικά Συστήματα – Χαμιλτονιανή Δυναμική; Μη-γραμμικά κύματα (Βασική Θεωρία & Εφαρμογές στην Φωτονική) ; Η μετάβαση από την Τάξη στο Χάος – Το μοντέλο του εκκρεμούς με εξωτερική περιοδική διέγερση; Σολιτόνια σε Θεωρίες Πεδίου; Ασθενές και Ισχυρό Χάος; Εισαγωγή στη Συμβολική Δυναμική; Εισαγωγή στις εντροπικές μεθόδους ανάλυσης συμβολοσειρών.

### **B. Πολύπλοκα συστήματα στο χώρο**

Μορφοκλασματικές δομές (Fractals); Μέτρα χωρικής πολυπλοκότητας & εφαρμογές; Χωρική πολυπλοκότητα – το παράδειγμα της νανοτεχνολογίας.



### Γ. Χωροχρονική Πολυπλοκότητα

Πολύπλοκα δίκτυα και εφαρμογές; Δίκτυα νευρώνων στον εγκέφαλο: δομή και δυναμική; Πολυπλοκότητα γλωσσικών κειμένων.

### Μηχανική Μάθηση

- Εισαγωγή στη Μηχανική Μάθηση. Ορισμός των βασικών προβλημάτων της Μηχανικής Μάθησης. Τύποι μηχανικής μάθησης.
- Θεωρία Μάθησης: bias/complexity tradeoff, Πιθανώς Προσεγγιστικά Ορθή μάθηση (Probably Approximately Correct – PAC learning), διάσταση Vapnik – Chervonenkis (VC). No free lunch theorem.
- Επιβλεπόμενη μάθηση. Γραμμική παλινδρόμηση, παλινδρόμηση τύπου ridge. Λογιστική παλινδρόμηση. Ταξινομητής k-κοντινότερων γειτόνων. Ταξινομητής Bayes. Δένδρα αποφάσεων. Αλγόριθμος ελάχιστου μέσου τετραγωνικού σφάλματος (Least Mean Square - LMS). Νευρωνικά δίκτυα (perceptron, πολυστρωματικό perceptron (MultiLayer Perceptron-MLP)), αλγόριθμος οπισθοδιάδοσης (backpropagation). Μηχανές Διανυσμάτων Υποστήριξης (Support Vector Machines – SVMs). Υπερπροσαρμογή/υποπροσαρμογή (overfitting/underfitting). Μέθοδοι ensemble, bagging, boosting.
- Μη επιβλεπόμενη μάθηση. Συσταδοποίηση, αλγόριθμος k-μέσων, ιεραρχικές μέθοδοι συσταδοποίησης, μέθοδοι συσταδοποίησης βασισμένες στην πυκνότητα. Μοντέλα μίξης κανονικών κατανομών (Gaussian Mixture Models – GMMs), μεγιστοποίηση αναμονής (EM). Αλγόριθμοι μείωσης διάστασης.
- Εισαγωγή στη βαθιά μάθηση. Βαθιά νευρωνικά δίκτυα πρόσθιας τροφοδότησης. Συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα (Convolutional Neural Nets - CNN).
- Γενετικοί αλγόριθμοι, εξελικτική υπολογιστική και αλγόριθμοι εμπνευσμένοι από τη βιολογία. Ασαφή συστήματα.
- Εισαγωγή στην ενισχυτική μάθηση (reinforcement learning). Διαδικασίες απόφασης Markov (Markov Decision Processes – MDP), επανάληψη τιμής (value iteration), επανάληψη πολιτικής (policy iteration).
- Εφαρμογές σε διαφορετικούς τομείς και τύπους δεδομένων (εικόνα, ήχος, βίντεο, φυσική γλώσσα, αισθητηριακά δεδομένα)
- Εργαστηριακή εξάσκηση στα παραπάνω αντικείμενα (Python και σχετικές βιβλιοθήκες).

### Παράλληλος Δικτυακός Υπολογισμός

Αρχιτεκτονικές παράλληλης επεξεργασίας. Πολυεπεξεργαστικά συστήματα, πολυνηματικές αρχιτεκτονικές, μαζικά πολυπύρηνες αρχιτεκτονικές, επιταχυντές και υλικό ειδικού σκοπού για εφαρμογές μηχανικής μάθησης. Σχεδιασμός και υλοποίηση παράλληλων προγραμμάτων. Παραλληλοποίηση υπολογιστικών πυρήνων μηχανικής μάθησης σε παράλληλες αρχιτεκτονικές γενικού σκοπού και επιταχυντές.

### Εφαρμογές της μη Γραμμικής Οπτικής στις Φωτονικές Επικοινωνίες και Διατάξεις

- **Εισαγωγή:** Φωτονικές Επικοινωνίες και Διατάξεις, Μη-γραμμικά οπτικά υλικά
- **Μοντέλα και Εξισώσεις και Βασικά Φαινόμενα:** Εξαγωγή της εξίσωσης Μη-Γραμμικής Εξίσωσης του Schrodinger (NonLinear Schrodinger – NLS) από τις εξισώσεις Maxwell, Διάδοση Παλμών σε Οπτικές Ίνες, Διασπορά, Αυτό-διαμόρφωση φάσης, Διαμορφωτική αστάθεια



- **Μη-γραμμικά κύματα:** Βασικές σολιτονικές λύσεις (ανάλυση φασικού χώρου για διάφορες μη-γραμμικότητες), Συστηματική εύρεση σολιτονικών λύσεων, Λύσεις μη-γραμμικών περιοδικών κυμάτων
- **Μαθηματικές Μέθοδοι:** Δομή, ιδιότητες και διατηρήσιμες ποσότητες της NLS, Χωρική και χρονική NLS, Διαταρακτικές μέθοδοι, Effective particle, Μεταβολική Μέθοδος, Αλληλεπιδράσεις σολιτονίων
- **Σολιτονικά Συστήματα Οπτικών Επικοινωνιών:** Περιοδική ενίσχυση, διαχείριση διασποράς, ανώτερης τάξης φαινόμενα
- **Χωρικά Σολιτόνια:** Σχηματισμός και Διάδοση χωρικών σολιτονίων σε συστήματα διαφόρων διαστάσεων (1+1)D, (2+1)D, (3+1)D
- **Κυματική Διάδοση σε Ανομοιογενή Οπτικά Μέσα:** Διάδοση σε γραμμικά ανομοιογενή (περιοδικά) μέσα, Διάδοση σολιτονίων σε μη-γραμμικά ανομοιογενή (περιοδικά) μέσα, Προσεγγίσεις: coupled mode theory, tight-binding approximation, Περίπτωση ασθενών ανομοιογενειών: effective particle approach, Διακριτά σολιτόνια.

### Ηλεκτρο-Οπτική και Εφαρμογές

Ανασκόπηση βασικών αρχών ηλεκτρομαγνητισμού. Εισαγωγή σε στην διάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε ανισοτροπικά υλικά. Jones calculus. Διάδοση ακτινών και δεσμών, οπτική πινάκων ABCD, Γκαουσιανές δέσμες. Οπτικοί συντονιστές, Fabry-Perot συντονιστές, κριτήρια ευστάθειας, συντονιστές με σφαιρικά κάτοπτρα, συχνότητες συντονισμού, απώλειες σε οπτικούς συντονιστές. Αλληλεπίδραση ακτινοβολίας με ατομικά συστήματα, αυθόρμητη εκπομπή, εξαναγκασμένη εκπομπή, απορρόφηση, οπτικές διεργασίες Einstein, ομογενής και μη-ομογενής διεύρυνση φάσματος. Συνάρτηση φασματικής απόκρισης, απορρόφηση και ενίσχυση οπτικού σήματος, κέρδος, κορεσμός κέρδους σε ομογενή και μη ομογενή υλικά. Μοντέλο ηλεκτρονικού ταλαντωτή. Θεωρία ταλάντωσης λέιζερ, Fabry-Perot λέιζερ, συχνότητες ταλάντωσης, συνθήκη κατωφλίου, σταθερή κατάσταση λειτουργίας. Λέιζερ 3 και 4 ενεργειακών επιπέδων, ισχύς του λέιζερ. Δυναμική συμπεριφορά των λέιζερ, πολυρρυθμική λειτουργία, κλείδωμα ρυθμών λέιζερ και τρόποι επίτευξης, λέιζερ γιγαντιαίου παλμού (Q-switching), κορεσμένοι απορροφητές και ενισχυτές. Ορισμένα συστήματα λέιζερ, τροφοδοσία και αποδοτικότητα λέιζερ, λέιζερ Ρουμπινίου, Nd-YAG λέιζερ, λέιζερ Νεοδυμίου-Γυαλιού, λέιζερ Ηλίου-Νέου, λέιζερ Διοξειδίου του Άνθρακα, λέιζερ Αργού, Excimer Lasers, Οργανικά Λέιζερ. Λέιζερ ημιαγωγών, Πληθυσμοί σε Λέιζερ Ημιαγωγών, Επανάληψη Στοιχειώδους Θεωρίας των Ημιαγωγών, Πιθανότητα Πλήρωσης Ενεργειακής Θέσης, Οπτική Απορρόφηση και Κέρδος σε Ημιαγωγό. Ηλεκτρο-οπτική διαμόρφωση ακτινών λέιζερ, ηλεκτρο-οπτικό Φαινόμενο και διπλοθλαστικότητα, ηλεκτρο-οπτική επιβράδυνση, ηλεκτρο-οπτική διαμόρφωση πλάτους, φασική διαμόρφωση του Φωτός, ηλεκτρο-οπτικοί διαμορφωτές, ηλεκτρο-οπτική απόκλιση Δέσμης. Αλληλεπίδραση Φωτός και Ήχου, σκέδαση του φωτός από ήχο, περίθλαση Bragg του Φωτός από ακουστικά κύματα, απόκλιση φωτεινής δέσμης από ηχητικά κύματα. Εφαρμογές των Λέιζερ – Παράδειγμα: Ολογραφία.

### Μικροοικονομική Θεωρία

- Εισαγωγή
- Συνάρτηση Παραγωγής & ιδιότητες
- Το Πρόβλημα του Παραγωγού
- Το Δυικό Πρόβλημα
- Βραχυχρόνια και Μακροχρόνια Περίοδος- Ανάλυση Καμπυλών
- Σχέσεις Προτίμησης

- Θεωρία Χρησιμότητας
- Το Πρόβλημα του Καταναλωτή
- Γενική ισορροπία
- Θεωρήματα Ευημερίας
- Θεωρία Παιγνίων
- Θεώρημα min/max
- Ισορροπία Nash

### Στοχαστικές Αριθμητικές Μέθοδοι και Εφαρμογές στα Χρηματοοικονομικά

Εισαγωγή και επισκόπηση μαθήματος.

Γεννήτορες ψευδοτυχαίων αριθμών και ανάλυση ιδιοτήτων τους. Εξέταση των μεθόδων αποδοχής-απόρριψης και Box-Muller.

Η μέθοδος Monte Carlo και η συμπεριφορά του σφάλματός της. Μέθοδοι για την βελτίωση του Monte Carlo σφάλματος: ενδεικτικά, οι μέθοδοι αντίθετων και ελεγχόμενων μεταβλητών.

Η μέθοδος Quasi Monte Carlo και η συμπεριφορά του σφάλματός της. Απόκλιση και διασπορά της μεθόδου. Hardy-Krause κύμανση και Koksma-Hlawka ανισότητα.

Ακολουθίες χαμηλής απόκλισης και Van der Corput ακολουθίες. Σύγκριση με την μέθοδο Monte Carlo και συνδυασμός των δύο μεθόδων για την δημιουργία της τυχαιοποιημένης μεθόδου Monte Carlo.

Τυχαίοι περίπατοι, στοχαστικές διαδικασίες συνεχούς χρόνου και στοχαστικές διαφορικές εξισώσεις. Επιβεβαίωση γνωστών θεωρητικών αποτελεσμάτων με χρήση αριθμητικών μεθόδων που έχουν ήδη εξεταστεί.

Διακριτοποίηση στοχαστικών διαφορικών εξισώσεων (ΣΔΕ). Προσομοίωση τροχιών στοχαστικών διαδικασιών. Εξέταση και (ισχυρή και ασθενής) ανάλυση μεθόδου Euler-Maruyama. Ανάλυση σφάλματος και ρυθμός σύγκλισης της μεθόδου Euler-Maruyama, τόσο για την ασθενή όσο και για την ισχυρή σύγκλιση. Θεώρημα Feynman-Kac και σημειακή εκτίμηση λύσεων μερικών διαφορικών εξισώσεων. Σύγκριση των υλοποιήσεων της Euler-Maruyama μεθόδου. Γέφυρα Brown.

Μοντέλα τοπικής και στοχαστικής μεταβλητότητας.

Μετασχηματισμός Fourier. Η μέθοδος Fourier για τον υπολογισμό αναμενόμενων τιμών και την αποτίμηση χρηματοοικονομικών παραγώγων. Fast Fourier Transform. Αφφινικές στοχαστικές διαδικασίες. Το μοντέλο του Heston.