

Κατάλογος, περιεχόμενο και βιβλιογραφία
μεταπτυχιακών μαθημάτων της ειδίκευσης
«Στατιστική και Επιχειρησιακή Έρευνα»

A. Μαθήματα κορμού

ΣΕΠ1 = Ε26	Μαθηματική Στατιστική
ΣΕΠ2	Γραμμικά και μη Γραμμικά Μοντέλα
ΣΕΠ3 = Ε27	Θεωρία Πιθανοτήτων
ΣΕΠ4	Στοχαστικές Ανεξίξεις
ΣΕΠ5	Ντετερμινιστικά Μοντέλα στην Επιχειρησιακή Έρευνα
ΣΕΠ6	Στοχαστικά Μοντέλα στην Επιχειρησιακή Έρευνα
ΣΕΠ7	Προσομοίωση

B. Μαθήματα Επιλογής

ΣΕΠ8	Απαραμετρική Στατιστική
ΣΕΠ9	Ασυμπτωτική Στατιστική
ΣΕΠ10	Πολυμεταβλητή Ανάλυση
ΣΕΠ11	Εφαρμοσμένη Ανάλυση Δεδομένων
ΣΕΠ12	Χρονοσειρές
ΣΕΠ13	Δειγματοληψία
ΣΕΠ14 = Ε16	Στοχαστικές Διαφορικές Εξισώσεις
ΣΕΠ15	Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας
ΣΕΠ16	Μπεϋζιανή Στατιστική
ΣΕΠ17	Υπολογιστική Στατιστική
ΣΕΠ18	Βιοστατιστική
ΣΕΠ19	Θεωρία Παιγνίων
ΣΕΠ20	Χρηματοοικονομικά Μαθηματικά
ΣΕΠ21	Οικονομικά Μαθηματικά
ΣΕΠ22	Θεωρία Κινδύνου
ΣΕΠ23	Θεωρία Αξιοπιστίας
ΣΕΠ24	Γραμμικός Προγραμματισμός
ΣΕΠ25	Ακέραιος Προγραμματισμός - Συνδυαστική Βελτιστοποίηση
ΣΕΠ26	Δυναμικός Προγραμματισμός
ΣΕΠ27	Μη Γραμμικός Προγραμματισμός
ΣΕΠ28	Θεωρία Ουρών Αναμονής
ΣΕΠ29	Μαθηματικά Μοντέλα Παραγωγής
ΣΕΠ30	Υπολογιστικές Μέθοδοι στην Επιχειρησιακή Έρευνα
ΣΕΠ31	Στατιστική για Στοχαστικές Διαδικασίες
ΣΕΠ32	Θεωρία Στατιστικών Αλγορίθμων
ΣΕΠ33	Ειδικά θέματα Πιθανοτήτων
ΣΕΠ34	Ειδικά θέματα Στατιστικής
ΣΕΠ35	Ειδικά θέματα Επιχειρησιακής Έρευνας

ΣΕΠ1 = Ε26 Μαθηματική Στατιστική

- Μονοπαραμετρική και Πολυπαραμετρική Εκθετική Οικογένεια Κατανομών πλήρους (full rank) και μη πλήρους τάξης.
- Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα, Αμεροληψία, Επάρκεια, Ελάχιστη Επάρκεια, Πληρότητα, Αμερόληπτες Εκτιμήτριες Ελάχιστης Διασποράς, Μονοδιάστατη και Πολυδιάστατη Ανισότητα Cramer-Rao, Αποτελεσματικές Εκτιμήτριες, Θεωρήματα Rao-Blackwell και Lehmann-Scheffe, Βοηθητικές στατιστικές συναρτήσεις (Ancillary) και Θεώρημα Basu, Εκτιμήτριες Μέγιστης Πιθανοφάνειας και ασυμπτωτική κανονικότητα αυτών, Εκτιμήτριες Ροπών, Εφαρμογές.
- Γενική μέθοδος κατασκευής διαστημάτων εμπιστοσύνης με χρήση της Αντιστρεπτής Ποσότητας (Pivotal Quantity) και εφαρμογές στην εύρεση διαστημάτων εμπιστοσύνης ίσων ουρών και ελαχίστου μήκους. Ύπαρξη Αντιστρεπτών Ποσοτήτων.
- Κατασκευή ασυμπτωτικών διαστημάτων εμπιστοσύνης με χρήση του Κεντρικού Οριακού Θεωρήματος και της ασυμπτωτικής κανονικότητας των εκτιμητριών μέγιστης πιθανοφάνειας.
- Στατιστικοί Έλεγχοι Υποθέσεων: βασικές έννοιες και ορισμοί (Είδη Υποθέσεων, Κρίσιμη Περιοχή, Μέγεθος Ελέγχου, Επίπεδο Σημαντικότητας, Πιθανότητες Σφαλμάτων τύπου I και II, Ισχύς), Η έννοια του Ομοιόμορφα Ισχυρότατου Ελέγχου, Λήμμα Neyman-Pearson, Επάρκεια και Ομοιόμορφα Ισχυρότατοι Έλεγχοι, Η ιδιότητα του Μονότονου Λόγου Πιθανοφανειών MLR (Monotone Likelihood Ratio), Εκθετική Οικογένεια Κατανομών και ιδιότητα MLR, Κατασκευή Ομοιόμορφα Ισχυρότατων Ελέγχων με χρήση της ιδιότητας MLR, Θεώρημα Karlin-Rubin, Κατασκευή ελέγχων με το κριτήριο του Γενικευμένου Λόγου Πιθανοφανειών, Επάρκεια και Γενικευμένος Λόγος Πιθανοφανειών, Εφαρμογές.

Βιβλιογραφία

- Bickel, P.J., Doksum, K.A. (2001). *Mathematical Statistics: Basic ideas and Selected Topics*. Vol. 1, 2nd edition, Prentice Hall.
- Casella, G., Berger, R.L. (2002). *Statistical Inference*, 2nd edition, Belmont, CA.
- Lehmann, E.L. (1999) *Elements of Large-Sample Theory*. Springer.
- Lehmann, E.L., Casella, G. (2003). *Theory of Point Estimation*, 2nd edition, Springer.
- Lehmann, E.L., Romano, J.P. (2008). *Testing Statistical Hypotheses*, 3rd edition, Springer

ΣΕΠ2 Γραμμικά και μη Γραμμικά Μοντέλα

- Γενικό γραμμικό μοντέλο. Εισαγωγή, οι κλασικές υποθέσεις.
- Μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων, μέθοδος μέγιστης πιθανοφάνειας, ιδιότητες εκτιμητών, διαστήματα εμπιστοσύνης, έλεγχοι υποθέσεων, προβλέψεις.
- Μέθοδοι επιλογής επεξηγηματικών μεταβλητών.
- Περίπτωση ετεροσκεδαστικότητας. Ο σταθμισμένος εκτιμητής ελαχίστων τετραγώνων, ο γενικευμένος εκτιμητής ελαχίστων τετραγώνων.
- Γενικευμένα γραμμικά μοντέλα. Εισαγωγή, η εκθετική οικογένεια κατανομών.
- Συνάρτηση συνδέσμου, ορισμοί βασικών γενικευμένων γραμμικών μοντέλων. Μοντέλα λογιστικής παλινδρόμησης και λογαριθμικά γραμμικά μοντέλα.
- Αλγόριθμος Newton-Raphson για την εκτίμηση των παραμέτρων των γενικευμένων γραμμικών μοντέλων. Έλεγχοι υποθέσεων, διαστήματα εμπιστοσύνης.
- Κριτήρια επιλογής καταλληλότερου γενικευμένου γραμμικού μοντέλου.
- Εφαρμογές γενικευμένων γραμμικών μοντέλων και ερμηνεία παραμέτρων.

Βιβλιογραφία

- Draper, N.P. and H. Smith (1998). *Applied Regression Analysis*, 3rd edition. Wiley.
- Rao, C.R. (2002). *Linear Statistical Inference and its Applications*, 2nd edition. Wiley.
- Ryan, T.P. (2008). *Modern Regression Methods*, Wiley.
- McCullach, P. and J. A. Nelder. (1989). *Generalized Linear Models*, 2nd edition. Chapman and Hall.
- Agresti, A. (2002). *Categorical Data Analysis*, 2nd edition. Wiley.

- Αξιωματικός Ορισμός της Πιθανότητας και Ιστορική Αναδρομή. Βασικές Ιδιότητες της Πιθανότητας, Ανεξαρτησία ενδεχομένων και κλάσεων ενδεχομένων, Θεώρημα του Dynkin. Λήμματα Borel-Cantelli και Νόμος 0-1 του Kolmogorov για την τελική σ-άλγεβρα ανεξάρτητης ακολουθίας ενδεχομένων.
- Τυχαίες μεταβλητές και ανεξαρτησία, παραγόμενη σ-άλγεβρα, θεωρήματα επέκτασης της Ανεξαρτησίας, Νόμος 0-1 του Kolmogorov για τυχαίες μεταβλητές. Είδη συναρτήσεων κατανομής, επαγόμενος χώρος πιθανότητας, Θεώρημα Ύπαρξης του Kolmogorov, πολυδιάστατες συναρτήσεις κατανομής. Χώροι γινόμενο και σχέση αυτών με ανεξάρτητα πειράματα τύχης.
- Ολοκλήρωμα Lebesgue και βασικά θεωρήματα (Μονότονης και Κυριαρχημένης Σύγκλισης, Λήμμα Fatou, Θεώρημα Beppo Levi). Μέση τιμή τυχαίας μεταβλητής ως Ολοκλήρωμα Lebesgue και εφαρμογές: Διασπορά, ροπές ανωτέρας τάξεως. Η μέση τιμή ως ολοκλήρωμα στον επαγόμενο χώρο και σχετικές ανισότητες (Cauchy-Schwarz, Hölder, Minkowski, Jensen, Lyapunov). Σύγκλιση ροπών και Ομοιόμορφη Ολοκληρωσιμότητα. Θεώρημα Tonelli-Fubini, Συνέλιξη συναρτήσεων κατανομής και πυκνοτήτων.
- Τρόποι σύγκλισης ακολουθίας τυχαίων μεταβλητών (ισχυρή, κατά πιθανότητα, κατά κατανομή, στον L_p) και σχέσεις αυτών. Ασθενής και Ισχυρός Νόμος των μεγάλων αριθμών για ανεξάρτητη ακολουθία τυχαίων μεταβλητών, Μεγιστική Ανισότητα του Kolmogorov. Ισχυρός νόμος για ανεξάρτητη και ισόνομη ακολουθία με πεπερασμένη μέση τιμή. Θεώρημα εμφύτευσης του Skorohod. Θεώρημα του Slutsky.
- Η Χαρακτηριστική συνάρτηση ως βασικό εργαλείο για τη μελέτη αθροισμάτων ανεξαρτήτων τυχαίων μεταβλητών. Σχέση χαρακτηριστικής συνάρτησης και ροπών. Θεωρήματα Αντιστροφής και Συνεχείας.
- Κλασικό Κεντρικό Οριακό Θεώρημα των Lindeberg-Levy για ανεξάρτητη και ισόνομη ακολουθία τυχαίων μεταβλητών και στατιστικές εφαρμογές με τη μέθοδο Delta. Κεντρικό Οριακό Θεώρημα των Lindeberg-Feller για τριγωνικές ακολουθίες τυχαίων μεταβλητών. Συνθήκη του Lindeberg, συνθήκη του Lyapunov, και μορφές αυτών για ανεξάρτητη ακολουθία τυχαίων μεταβλητών. Κεντρικό Οριακό Θεώρημα για ανεξάρτητη και ισόνομη ακολουθία κ -διαστάτων τυχαίων διανυσμάτων.

Βιβλιογραφία

- Billingsley, P. (1986). *Probability and Measure*, Wiley, New York, 2nd edition.
- Chow, Y.S., and Teicher, H. (1988). *Probability Theory: Independence, Interchangeability, Martingales*, Springer-Verlag, New York, 2nd edition.
- Chung, K.L. (1974). *A course in Probability Theory*, Academic Press, New York, 2nd edition.
- Durrett, R. (2010). *Probability: Theory and Examples*, Cambridge University Press.
- Feller, W. (1957). *An Introduction to Probability Theory and Its Applications*, vol. 1., Wiley, New York.
- Feller, W. (1957). *An Introduction to Probability Theory and Its Applications*, vol. 2., Wiley, New York.
- Williams, D. (1991). *Probability with Martingales*, Cambridge University Press.
- Παπαδάτου Ν. (2006). *Θεωρία Πιθανοτήτων*, Αθήνα.
- Χελιώτη, Δ. (2015) *Ένα δεύτερο μάθημα στις Πιθανότητες*. Αποθετήριο Ελληνικών Ακαδημαϊκών Ηλεκτρονικών Συγγραμμάτων και Βοηθημάτων Κάλλιπος.

ΣΕΠ4 Στοχαστικές Ανεξίξεις

- Μαρκοβιανές αλυσίδες διακριτού χρόνου: Βασικοί ορισμοί. Υπολογισμοί για τις μεταβατικές κατανομές. Κατάταξη καταστάσεων και οριακή συμπεριφορά αδιαχώριστων αλυσίδων. Υπολογισμοί στάσιμων κατανομών. Αντιστρεψιμότητα Μαρκοβιανών αλυσίδων και εφαρμογές. Πιθανότητες και μέσοι χρόνοι απορρόφησης για διαχωρίσιμες Μαρκοβιανές αλυσίδες.
- Η στοχαστική διαδικασία Poisson: Υπολογισμοί και ιδιότητες. Μη-ομογενής και σύνθετη διαδικασία Poisson.
- Μαρκοβιανές αλυσίδες συνεχούς χρόνου: Βασικοί ορισμοί. Υπολογισμοί για τις μεταβατικές κατανομές. Κατάταξη καταστάσεων και οριακή συμπεριφορά αδιαχώριστων αλυσίδων. Υπολογισμοί στάσιμων κατανομών. Αντιστρεψιμότητα Μαρκοβιανών αλυσίδων και εφαρμογές. Πιθανότητες και μέσοι χρόνοι απορρόφησης για διαχωρίσιμες Μαρκοβιανές αλυσίδες.
- Ανανεωτική Θεωρία: Εισαγωγή, στοιχειώδες ανανεωτικό θεώρημα, ανανεωτική συνάρτηση και ανανεωτική εξίσωση, βασικό ανανεωτικό θεώρημα. Υπολειπόμενος και παρελθών χρόνος ανανέωσης. Εφαρμογές.

- Martingales διακριτού χρόνου: Βασικές ιδιότητες. Θεώρημα επιλεκτικής στάσης. Σύγκλιση martingales. Εφαρμογές.
- Κλαδωτές διαδικασίες.
- Τυχαίοι περίπατοι.

Βιβλιογραφία

- Karlin S. and Taylor, H. (1975) *A First Course in Stochastic Processes*. Academic Press, New York.
- Kulkarni, V. G. (1995) *Modeling and Analysis of Stochastic Systems*. Chapman and Hall, London
- Norris, J. R. (1997) *Markov Chains*. Cambridge University Press, Cambridge
- Ross, S. M. (1970) *Applied Probability Models with Optimization Applications*. Holden-Day, Inc., San Francisco. Reprinted by Dover (1992).
- Ross, S. M. (1996) *Stochastic Processes*, 2nd edition. Wiley, New York.
- Λουλάκη, Μ. (2015) *Στοχαστικές Διαδικασίες*. Αποθετήριο Ελληνικών Ακαδημαϊκών Ηλεκτρονικών Συγγραμμάτων και Βοηθημάτων Κάλλιπος.
- Φακίνου Δ. (2011) *Εισαγωγή στις Πιθανότητες και τις Στοχαστικές Διαδικασίες*. Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.
- Χρυσάφινου Ο. (2004) *Εισαγωγή στις Στοχαστικές Ανεξίξεις*. Εκδόσεις Σοφία, Θεσσαλονίκη.

ΣΕΠ5 Ντετερμινιστικά Μοντέλα στην Επιχειρησιακή Έρευνα

- Εισαγωγή στο Γραμμικό Προγραμματισμό - Μοντελοποιήσεις: ροές σε δίκτυα, κριτήρια minimax, το πρόβλημα προγραμματισμού στόχων, Γεωμετρία του Γραμμικού Προγραμματισμού – Δυσικότητα.
- Εισαγωγή στον Ακέραιο Προγραμματισμό - Μοντελοποιήσεις.
- Εισαγωγή στο μη-Γραμμικό Προγραμματισμό - Προβλήματα χωρίς περιορισμούς - Προβλήματα με περιορισμούς - Συνθήκες Karush-Kuhn-Tucker - Μέθοδοι φράγματος - Μέθοδοι εσωτερικού σημείου.

Βιβλιογραφία

- Hillier, F.S. and Lieberman, G.J. (1995) *Introduction to Operations Research*, 6th edition. McGraw-Hill.
- Taha, H.A. (1992) *Operations Research, an Introduction*, 5th edition. Macmillan

ΣΕΠ6 Στοχαστικά Μοντέλα στην Επιχειρησιακή Έρευνα

- Ανανεωτικές διαδικασίες με κόστη: Ορισμοί και παραδείγματα. Μέσος ρυθμός κόστους και υπολογισμοί με το στοιχειώδες ανανεωτικό θεώρημα με κόστη. Αναγεννητικές διαδικασίες και υπολογισμοί μέσου ρυθμού κόστους. Εφαρμογές.
- Μαρκοβιανές αλυσίδες με κόστη: Ορισμοί και παραδείγματα. Υπολογισμοί μέσους ρυθμούς κόστους. Εφαρμογές.
- Εισαγωγή στο Δυναμικό προγραμματισμό: Βασική θεωρία για προβλήματα πεπερασμένου ορίζοντα. Εφαρμογές με επαγωγικά επιχειρήματα. Εφαρμογές με το επιχείρημα της ανταλλαγής. Προβλήματα βέλτιστου σταματήματος.
- Εισαγωγή στις Ουρές Αναμονής: Περιγραφή, ονοματολογία και μέτρα απόδοσης. Βασικά αποτελέσματα. Ανάλυση μέσης τιμής. Μαρκοβιανές ουρές. Βέλτιστος σχεδιασμός συστημάτων.
- Εισαγωγή στη Στοχαστική Θεωρία Ελέγχου Αποθεμάτων: Το μοντέλο του εφημεριδοπώλη, μοντέλα πολλών περιόδων.

Βιβλιογραφία

- Kulkarni, V. G. (1995) *Modeling and Analysis of Stochastic Systems*. Chapman and Hall, London
- Ross, S. M. (1970) *Applied Probability Models with Optimization Applications*. Dover, New York
- Ross, S. M. (1981) *Introduction to Stochastic Dynamic Programming*, Academic Press.
- Οικονόμου, Α. (2017) *Στοχαστικά Μοντέλα στην Επιχειρησιακή Έρευνα*. Σημειώσεις.
- Φακίνου, Δ. (2007) *Στοχαστικά Μοντέλα στην Επιχειρησιακή Έρευνα: Θεωρία και Ασκήσεις*, Β' έκδοση. Συμμετρία, Αθήνα

ΣΕΠ7 Προσομοίωση

- Γεννήτριες ψευδοτυχαίων αριθμών από την ομοιόμορφη κατανομή.
- Δημιουργία ψευδοτυχαίων αριθμών από γενικές κατανομές: Μέθοδος αντίστροφου μετασχηματισμού, Μέθοδος αποδοχής-απόρριψης.
- Η Μέθοδος Monte Carlo.
- Προγραμματισμός μοντέλων προσομοίωσης δυναμικών συστημάτων.
- Τεχνικές μείωσης διασποράς: Μέθοδος αντιθετικών μεταβλητών, Μέθοδος μεταβλητών ελέγχου, Μέθοδος δεσμευμένης μέσης τιμής, Δειγματοληψία σπουδαιότητας..
- Μέθοδοι Markov Chain Monte Carlo: Μέθοδος Metropolis-Hastings, Δειγματολήπτης Gibbs.

Βιβλιογραφία

- S. Ross, *Simulation*, 3rd edition, Academic Press, 2002.
- S. Asmussen, P. Glynn, *Stochastic Simulation: algorithms and analysis*, Springer, 2007.
- P. Bartley, B. Fox, L. Schrage, *A Guide to Simulation*, 2nd edition, Springer Verlag, 1987

ΣΕΠ8 Απαραμετρική Στατιστική

- Απαραμετρική παλινδρόμηση: εκτιμήτριες γραμμικής εξομάλυνσης, παλινδρομογράμμα, εξομάλυνση με κινητό μέσο, εκτιμήτριες με πυρήνα, εκτιμήτρια Nadaraya-Watson, εκτιμήτρια Priestley-Chao, τοπικές πολυωνυμικές προσεγγίσεις, τεχνικές επιλογής παραμέτρου εύρους ζώνης.
- Απαραμετρική εκτίμηση πυκνότητας: εκτίμηση με ιστογράμματα, κίνδυνος εκτιμήτριας ιστογράμματος, επιλογή παραθύρου με αντεπικύρωση, εκτιμήτριες με πυρήνα, είδη πυρήνων, μελέτη μεροληψίας και διασποράς, ταχύτητα σύγκλισης, προβλήματα υπερεξομάλυνσης και υποεξομάλυνσης, ιδιότητες αντεπικύρωσης.
- Απαραμετρικοί έλεγχοι: έλεγχος Kolmogorov-Smirnov, έλεγχος προσαρμογής σε συνάρτηση κατανομής, Θεώρημα Glivenko-Cantelli, Θεώρημα Donsker, Θεώρημα Kolmogorov-Smirnov, έλεγχος ομογένειας, έλεγχοι προσαρμογής χ^2 , επισκόπηση κλασικών απαραμετρικών ελέγχων (προσέμων, Wilcoxon προσημασμένης τάξης, Mann-Whitney-Wilcoxon).
- Η μέθοδος Bootstrap και το Jackknife: η τεχνική Jackknife, απαραμετρικό Bootstrap, Bootstrap διαστήματα εμπιστοσύνης, η συνέπεια του Bootstrap και του Jackknife .

Βιβλιογραφία

- Efron, B., & Tibshirani, R. J. (1994). *An Introduction to the Bootstrap*. CRC press.
- Fan, J., & Gijbels, I. (1996). *Local Polynomial Modeling and its Applications*. CRC Press.
- Friedman, J., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2001). *The Elements of Statistical Learning* (Vol. 1, pp. 337-387). New York: Springer series in statistics.
- Kloke, J., & McKean, J. W. (2014). *Nonparametric Statistical Methods using R*. CRC Press.
- Tsybakov, A. B. (2009). *Introduction to Nonparametric Estimation*. Revised and extended from the 2004 French original. Translated by Vladimir Zaiats.
- Wasserman, L. (2006). *All of Nonparametric Statistics*. Springer.

ΣΕΠ9 Ασυμπτωτική Στατιστική

- Εκτίμηση μέσω ροπών. Ασυμπτωτική κανονικότητα των ροποεκτιμητριών. Μέθοδος Delta (Θεώρημα του Cramer), για την μονοδιάστατη και την πολυδιάστατη περίπτωση. Διασπορο-σταθεροποιητικοί Μετασχηματισμοί (Variance Stabilizing Transformations). Εφαρμογές στην ασυμπτωτική κατανομή της

δειγματικής διασποράς, της δειγματικής διαμέσου, του δειγματικού συντελεστή συσχέτισης, και άλλων συνήθων στατιστικών συναρτήσεων.

- Ασυμπτωτική Συνέπεια, Κανονικότητα, και Αποδοτικότητα των Εκτιμητριών Μέγιστης Πιθανοφάνειας (σε σχέση με την ανισότητα Cramer-Rao). Υπερ-αποδοτικές Εκτιμήτριες (παράδειγμα του J.L. Hodges).
- Μέθοδος εύρεσης ασυμπτωτικά αποδοτικών εκτιμητριών με τη χρήση των λεγόμενων \sqrt{n} -συνεπών εκτιμητριών.
- Ασυμπτωτική κανονικότητα με χρήση της μεθόδου προβολής του Hajek (Hajek-projection). Εφαρμογή στην ασυμπτωτική Θεωρία των U-Statistics. U-statistics προερχόμενα από από ένα και από 2 δείγματα.
- Κατασκευή προσεγγιστικών διαστημάτων εμπιστοσύνης και ελέγχων υποθέσεων με χρήση των Ασυμπτωτικών Κριτηρίων Wald, Likelihood Ratio και Rao Scores.
- Στατιστική Συνάρτηση του Pearson και προσεγγιστικοί έλεγχοι χι-τετράγωνο. Εκτίμηση παραμέτρων, έλεγχος ανεξαρτησίας. Ασυμπτωτική κανονικότητα μη παραμετρικών κριτηρίων.
- Εμπειρική ανέλιξη - εμπειρική συνάρτηση κατανομής. Το Θεώρημα Glivenko-Cantelli. Σύγκλιση της Εμπειρικής ανέλιξης και της quantile process προς την γέφυρα Brown, και σχετικοί έλεγχοι καλής προσαρμογής (Κριτήρια Kolmogorov-Smirnov, Cramer-von Mises).
- Ασυμπτωτική Ευστάθεια ελέγχων υποθέσεων (Asymptotic Robustness). Εφαρμογές στο t-test για ένα και δύο δείγματα.

Βιβλιογραφία

- Ferguson, T. (2002). *A course in Large Sample Theory*. Chapman and Hall.
- Lehmann, E.L. (1999). *Elements of Large-Sample Theory*. Springer.
- Serfling, R.J. (1980). *Approximation Theorems of Mathematical Statistics*. Wiley.
- Shorack, G.R and Wellner, J.A. (1986). *Empirical processes with applications to statistics*. Wiley.
- Van der Waart, A.W. (1998). *Asymptotic Statistics*. Cambridge University Press.
- Van der Waart, A.W. and Wellner, J.A. (1996) *Weak Convergence of Empirical Processes with Applications to Statistics*. Springer.

ΣΕΠ10 Πολυμεταβλητή Ανάλυση

- Πολυμεταβλητά δεδομένα, πολυμεταβλητά περιγραφικά μέτρα, πίνακας διακύμανσης, γενικευμένη διακύμανση.
- Γραφήματα για την περιγραφή πολυμεταβλητών δεδομένων. Πολυμεταβλητές κατανομές, βασικές ιδιότητες.
- Πολυμεταβλητή κανονική κατανομή και ιδιότητες. Εκτίμηση. Κατανομές που προκύπτουν από την πολυμεταβλητή κανονική κατανομή.
- Ανάλυση σε κύριες συνιστώσες, φασματική ανάλυση πίνακα διακύμανσης, επιλογή κυρίων συνιστωσών, ερμηνεία κυρίων συνιστωσών.
- Παραγοντική ανάλυση, το ορθογώνιο παραγοντικό μοντέλο. Τρόποι εκτίμησης, περιστροφή του μοντέλου, ερμηνεία αποτελεσμάτων, εφαρμογές.
- Στοιχεία από το πολυμεταβλητό γραμμικό μοντέλο, πολυμεταβλητή παλινδρόμηση, πολυμεταβλητή ανάλυση διακύμανσης. Ομαδοποίηση (Συσταδοποίηση). Η έννοια της απόστασης. ιεραρχική ομαδοποίηση. Χρήση κανόνα πιθανοφάνειας και κανόνα του Bayes.. Διακριτική ανάλυση κατά Fisher. Άλλες μέθοδοι κατάταξης.

Βιβλιογραφία

- Anderson, T.W. (1984). *An Introduction to Multivariate Statistical Analysis*, John Wiley & Sons, 2nd edition.
- Basilevski, A. (1994). *Statistical Factor Analysis and Related Methods*. Theory and Applications. John Wiley & Sons.
- Chatfield, C. and Collins, A.J. (1992). *Introduction to Multivariate Analysis*.
- Jackson, J. (1991). *A User's Guide to Principal Components*. John Wiley & Sons.

- Krzanowski, W.J. (1988). *Principles of Multivariate Analysis*. Oxford University Press.
- Mardia, K.V., Kent, J.T. and Bibby, J. M. (1979). *Multivariate Analysis*. Academic Press.

ΣΕΠ11 Εφαρμοσμένη Ανάλυση Δεδομένων

- Εφαρμογές στατιστικών μεθόδων σε πραγματικά προβλήματα από διάφορες επιστήμες, όπως Οικονομικά, Μάρκετινγκ, Κοινωνικές επιστήμες, Ιατρική, Ψυχολογία, με τη χρήση στατιστικών πακέτων (κυρίως της R και του SPSS):
- Περιγραφική ανάλυση, διαγραμματική απεικόνιση, διαστήματα εμπιστοσύνης, έλεγχοι υποθέσεων για 1 και 2 ανεξάρτητα δείγματα, έλεγχοι υποθέσεων για 2 εξαρτημένα δείγματα, πίνακες συνάφειας.
- Απλή και πολλαπλή ανάλυση παλινδρόμησης. Επιλογή εξηγηματικών μεταβλητών. Προβλέψεις.
- Ανάλυση διακύμανσης. ANOVA με έναν, δύο ή περισσότερους παράγοντες. Μελέτη αλληλεπιδράσεων. Επιλογή μοντέλου. Πειραματικός σχεδιασμός.
- Εφαρμογές γενικευμένων γραμμικών μοντέλων και μοντέλων διαχρονικών παρατηρήσεων.
- Βασικές αρχές παρουσίασης αναλύσεων δεδομένων.

Βιβλιογραφία

- Marques de Sa, Joaquim P., *Applied Statistics Using SPSS, STATISTICA, MATLAB and R*, Springer-Verlag, 2008.
- Norusis M.J. (2012). *Οδηγός ανάλυσης δεδομένων με το IBM SPSS 19*, Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- Chatterjee S., Handcock M.S., Simonoff J.S. (1995). *A Casebook for a First Course in Statistics and Data Analysis*. John Wiley & Sons.
- Faraway J.J. (2002). *Practical Regression and ANOVA using R*.

ΣΕΠ12 Χρονοσειρές

- Βασικές έννοιες: Αυτοσυσχέτιση και στασιμότητα. Ιδιότητες στάσιμων και μη στάσιμων στοχαστικών διαδικασιών.
- Έλεγχος στασιμότητας: έλεγχος μοναδιαίας ρίζας σε αυτοπαλίνδρομα υποδείγματα, έλεγχος Dickey-Fuller, επαυξημένος έλεγχος Dickey-Fuller.
- Στάσιμα μοντέλα για χρονοσειρές. Γενικά γραμμικά μοντέλα. Μοντέλα κινητού μέσου (MA). Αυτοπαλίνδρομα μοντέλα (AR). Μικτά αυτοπαλίνδρομα μοντέλα κινητού μέσου (ARMA). Ιδιότητες των διαδικασιών ARMA. Αυτοσυσχέτιση και μερική αυτοσυσχέτιση. Στασιμότητα, αντιστρεψιμότητα και στασιμότητα μέσω διαφορών. Μοντέλα ARIMA.
- Μεθοδολογία Box-Jenkins. Στάδιο αναγνώρισης: ο ρόλος της συνάρτησης αυτοσυσχέτισης και μερικής αυτοσυσχέτισης. Στάδιο εκτίμησης: εκτίμηση με τη μέθοδο μέγιστης πιθανοφάνειας. Ακριβής και δεσμευμένη πιθανοφάνεια. Διαγνωστικό στάδιο: ανάλυση καταλοίπων. Στάδιο πρόβλεψης: προβλέψεις ελαχίστου μέσου τετραγωνικού σφάλματος. Προβέψεις ARMA. Προβλέψεις για μετασχηματισμένες χρονοσειρές.
- Μοντέλα ετεροσκεδαστικότητας. Μοντέλα ARCH/GARCH, εκτίμηση μέγιστης πιθανοφάνειας. Διαγνωστικοί έλεγχοι. Πρόβλεψη της διασποράς. Εφαρμογές.

Βιβλιογραφία

- Hamilton, James D. *Time Series Analysis*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1994.
- Enders, Walter. *Applied Econometric Time Series*. New York: Wiley, 2010.
- Cowpertwait, Paul S.P., and Metcalfe V. Andrew. *Introductory Time Series with R*. New York: Springer Texts in Statistics, 2009.
- Cryer, Jonathan D., and Chan Kung-Sik. *Time Series Analysis with Applications in R*. Springer Texts in Statistics, 2010.
- Harvey, Andrew. *Time Series Models*. Cambridge: MIT Press, 1993.
- Shumway, Robert H., and David S. Stoffer. *Time Series Analysis and Its Applications with R Examples*. New York: Springer Texts in Statistics, 2011.

ΣΕΠ13 Δειγματοληψία

- Σχεδιασμός δειγματοληπτικών ερευνών και βασικές έννοιες. Έννοια του πληθυσμού και του δείγματος. Εκλογή δείγματος και σφάλματα δειγματοληψίας. Σχεδιασμός ερωτηματολογίου.
- Απλή τυχαία δειγματοληψία. Σημειακή εκτίμηση και διαστήματα εμπιστοσύνης για το μέσο, το πληθυσμιακό ολικό και για ποσοστά. Προσδιορισμός του μεγέθους δείγματος. Δειγματοληψία με επανάθεση.
- Στρωματοποιημένη δειγματοληψία. Σημειακή εκτίμηση και διαστήματα εμπιστοσύνης για το μέσο, το πληθυσμιακό ολικό και για ποσοστά. Εκλογή μεγέθους δείγματος. Εκ των υστέρων στρωματοποιημένη δειγματοληψία.
- Συστηματική δειγματοληψία και κατά συστάδες δειγματοληψία. Δισταδιακή και τρισταδιακή κατά συστάδες δειγματοληψία. Δειγματοληψία με πιθανότητα ανάλογη του μεγέθους.
- Ειδικά θέματα δειγματοληπτικών ερευνών. Διφασική δειγματοληψία. Μη ανταπόκριση. Το πρόβλημα των ελλειπουσών τιμών.

Βιβλιογραφία

- Sukhatme, P.V., Sukhatme, B.V., Sukhatme, S., and Ashok, C. (1984). *Sampling Theory of Survey with Applications*, Iowa State University Press.
- Sarndal, C-E., Swensson, B., Wretman, J. (1992) *Model assisted survey sampling*. Springer.
- Lohr, S. (2010) *Sampling: Design and Analysis*. 2nd Edition. Cengage Learning.
- Jessen, R. (1978). *Statistical Survey Techniques*. John Wiley.
- Barnett, V. (1974). *Elements of Sampling Theory*. The English Universities Press Ltd.
- Cochran, W. G. (1977). *Sampling Techniques*, John Wiley.
- Δαμιανού, Χ. *Μεθοδολογία Δειγματοληψίας: τεχνικές και εφαρμογές*. Εκδόσεις Σοφία.

ΣΕΠ14 = Ε16 Στοχαστικές Διαφορικές Εξισώσεις

- Αναδρομή σε βασικές έννοιες της θεωρίας πιθανοτήτων και των στοχαστικών διαδικασιών.
- Διαδικασίες martingale. Ορισμός, παραδείγματα, χρόνοι στάσης, επιλεκτική στάση, σύγκλιση διαδικασιών martingale, ομοιόμορφα ολοκληρώσιμες martingale.
- Κίνηση Brown. Ορισμός, ιδιότητες, ιδιότητα Markov, ιδιότητες martingale της κίνησης Brown, χαρακτηρισμός της κίνησης Brown (θεώρημα του Levy).
- Εισαγωγή στη στοχαστική ολοκλήρωση. Το ολοκλήρωμα του Ito επάνω στην κίνηση Brown. Ιδιότητες. Το λήμμα του Itô. Διαδικασίες Itô. Γενικεύσεις για ολοκλήρωση επάνω σε martingales και semimartingales.
- Εισαγωγή στη θεωρία των στοχαστικών διαφορικών εξισώσεων. Ισχυρές και ασθενείς λύσεις. Αλλαγή μέτρου (το θεώρημα του Girsanov). Ιδιότητα Markov για τις λύσεις στοχαστικών διαφορικών εξισώσεων. Σχέση στοχαστικών διαφορικών εξισώσεων με εξισώσεις με μερικές παραγώγους, αναπαράσταση Feynman-Kac. Εφαρμογές στην χρηματοοικονομική (αποτίμηση παραγώγων).

Βιβλιογραφία

- Øksendal B., *Stochastic Differential Equations, An Introduction*. 6th edition, Springer, 2003.
- Γιαννακόπουλου Α., *Στοχαστική Ανάλυση και Εφαρμογές στην Χρηματοοικονομική*. Τόμος Ι: Εισαγωγή στην Στοχαστική Ανάλυση. 2003. http://users.uoa.gr/~dcheliotis/stox_diadikasies_II.pdf
- Χελιώτη Δ., *Εισαγωγή στο Στοχαστικό Λογισμό*. Αποθετήριο Ελληνικών Ακαδημαϊκών Ηλεκτρονικών Συγγραμμάτων και Βοηθημάτων Κάλλιπος, 2015.

ΣΕΠ15 Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας

- Η έννοια της ποιότητας. Συνιστώσες του Στατιστικού Ελέγχου Ποιότητας. Κυριότερα εργαλεία του Στατιστικού Ελέγχου Διεργασιών: Ιστόγραμμα και Διάγραμμα Μίσχου – Φύλλων, Φύλλο Ελέγχου,

Διάγραμμα Pareto, Διάγραμμα Αιτίου – Αποτελέσματος, Διάγραμμα Συγκέντρωσης Ελαττωμάτων, Διάγραμμα Διασποράς, Διάγραμμα Διαδοχικών Τιμών.

- Στατιστικός Έλεγχος Διεργασιών και Διαγράμματα Ελέγχου. Περιγραφή και χρήση ενός Διαγράμματος Ελέγχου. Κατασκευή ενός τυπικού Διαγράμματος Ελέγχου για τη Μέση Τιμή. Όρια Ελέγχου και Κεντρική Γραμμή. Προειδοποιητικά Όρια Ελέγχου. Φυσικά Όρια Ανοχής μιας Διεργασίας. Μέγεθος δείγματος και συχνότητα δειγματοληψίας Μέσο μήκος ροής ή διαδρομής. Εκτίμηση μέσης τιμής και διασποράς με Διαγράμματα Ελέγχου. Κατανομή του Εύρους R και της Δειγματικής Τυπικής Απόκλισης S.
- Είδη και βασικές ιδιότητες Διαγραμμάτων Ελέγχου Ιδιοτήτων. Διαγράμματα Ελέγχου για το ποσοστό και τον αριθμό των Ελαττωματικών Προϊόντων, για τον αριθμό των Ελαττωμάτων, για τον μέσο αριθμό των Ελαττωμάτων.
- Εισαγωγή στη Δειγματοληψία Αποδοχής. Απλό Σχέδιο Δειγματοληψίας, Υπεργεωμετρική (ή Τύπου A) Χαρακτηριστική Καμπύλη, Διωνυμική (ή Τύπου B) Χαρακτηριστική Καμπύλη, Poisson (ή τύπου B) Χαρακτηριστική Καμπύλη. Κίνδυνος Παραγωγού και Καταναλωτή. Σχεδιασμός Απλού Σχεδίου Δειγματοληψίας. Υπεργεωμετρική Χαρακτηριστική Καμπύλη, Διωνυμική Χαρακτηριστική Καμπύλη, Poisson Χαρακτηριστική Καμπύλη. Μέση Εξερχόμενη Ποιότητα και Όριο Μέσης Εξερχόμενης Ποιότητας. Μέσος Συνολικός Αριθμός Επιθεωρημένων Μονάδων και Μέσο Ποσοστό Επιθεωρημένων Μονάδων. Χαρακτηριστική Καμπύλη διπλών Σχεδίων Δειγματοληψίας, πολλαπλά Σχέδια Δειγματοληψίας.

Βιβλιογραφία

- Αντζουλάκου Δημητρίου (2003). *Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας*, Σημειώσεις για το Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στην “Εφαρμοσμένη Στατιστική” του ΠΑΠΕΙ.
- Jeya Chandra, M. (2001). *Statistical Quality Control*, CRC Press.
- Eugene, L. Grant, Richard S. Leavenworth (1999). *Statistical Quality Control*, McGraw Hill
- Hans-Joachim Mittag, Horst Rinne (1993). *Statistical Methods for Quality Assurance*, Chapman & Hall.
- Douglas C. Montgomery (2005). *Introduction to Statistical Quality Control*, 5th edition, John Wiley & Sons.
- Thomas P. Ryan (2000). *Statistical Methods for Quality Improvement*, 2nd Edition, John Wiley & Sons.
- Donald J. Wheeler & David S. Chambers (1992). *Understanding Statistical Process Control*, 2nd edition, SPC Press

ΣΕΠ16 Μπεϋζιανή Στατιστική

- Το θεώρημα του Bayes για ενδεχόμενα και για τυχαίες μεταβλητές.
- Η Μπεϋζιανή προσέγγιση στη στατιστική. Καθορισμός εκ των προτέρων κατανομών. Συζυγής, μη πληροφοριακές, ακατάλληλες εκ των προτέρων κατανομές. Εύρεση εκ των υστέρων κατανομών.
- Πολυπαραμετρικά προβλήματα. Από κοινού, περιθώριες και δεσμευμένες εκ των υστέρων κατανομές.
- Θεωρία αποφάσεων. Σημειακές εκτιμήτριες, διαστήματα αξιοπιστίας, έλεγχοι υποθέσεων.
- Σύγκριση μοντέλων. Η έννοια της περιθώριας πιθανοφάνειας. Εκ των υστέρων πιθανότητες των υπό σύγκριση μοντέλων.
- Προβλέψεις. Υπολογισμός της κατανομής πρόβλεψης.
- Ασυμπτωτική θεωρία. Ασυμπτωτικές ιδιότητες των εκτιμητών Bayes.
- Αλγόριθμοι MCMC. Δειγματολήπτης Gibbs, τεχνική αύξησης δεδομένων, αλγόριθμος Metropolis-Hastings.
- Μπεϋζιανή ανάλυση για γραμμικά και γενικευμένα γραμμικά μοντέλα.

Βιβλιογραφία

- Bernardo, J.M. and A. F. M. Smith (2000). *Bayesian Theory*. Wiley.
- O’Hagan, A. and J. Forster (2004). *Kendall’s Advanced Theory of Statistics: Volume 2B: Bayesian Inference*. Wiley.
- Carlin, B.P. and T. A. Louis (2000). *Bayes and Empirical Bayes Methods for Data Analysis*, 2nd edition. Chapman and Hall.
- Robert, C.P. (2001) *The Bayesian Choice*. Springer.
- Gilks W.R., Richardson S. and D.J. Spiegelhalter (1996). *Markov Chain Monte Carlo in Practice*. Chapman & Hall.

- Meligkotsidou, L. *Bayesian Inference* (Course Notes).
- Meligkotsidou, L. *MCMC Methods for Bayesian Inference* (Course Notes).

ΣΕΠ17 Υπολογιστική Στατιστική

- Υπολογιστικές μέθοδοι στην κλασική στατιστική:
- Αλγόριθμοι Newton-Raphson, Fisher-scoring και μέθοδοι αριθμητικής μεγιστοποίησης για εύρεση εκτιμητών μέγιστης πιθανοφάνειας σε σύνθετα πολυπαραμετρικά προβλήματα. Εκτίμηση του πίνακα συνδιακύμανσης παραμέτρων.
- Η μέθοδος Bootstrap. Εκτίμηση τυπικών σφαλμάτων με Bootstrap. Παραμετρική και απαραμετρική Bootstrap. Εφαρμογή της Bootstrap στη γραμμική παλινδρόμηση. Η μέθοδος Jackknife.
- Ο αλγόριθμος EM. Κατασκευή αλγορίθμων EM σε προβλήματα ελλειπών δεδομένων. Ιδιότητες του αλγορίθμου. Σύγκλιση. Στοχαστικές εκδοχές του EM. Εφαρμογές του EM σε προβλήματα πεπερασμένων μίξεων κατανομών.

Βιβλιογραφία

- Gentle, J. (2013). *Elements of Computational Statistics*. Springer.
- Givens, G. And J. Hoeting (2012). *Computational Statistics*. Wiley.
- Martinez, W. And A. Martinez (2015). *Computational Statistics Handbook with Matlab*. Chapman and Hall.
- Efron, B. and R. Tibshirani (1994). *An Introduction to the Bootstrap*. Chapman and Hall.
- McLachlan, G. and T. Krishnan (2007). *The EM algorithm and extensions*. John Wiley & Sons.

ΣΕΠ18 Βιοστατιστική

- Βασικές αρχές Βιοστατιστικής και Επιδημιολογίας. Συνάρτηση κινδύνου, συνάρτηση επιβίωσης, μέση υπολοιπόμενη ζωή, λόγος odds, διαγνωστικοί έλεγχοι Mantel-Hanzel, καμπύλες ROC.
- Είδη επιδημιολογικών μελετών. Μελέτες αιτιότητας, διαστρωματικές μελέτες, προοπτικές μελέτες, αναδρομικές μελέτες, μελέτες ασθενών μαρτύρων.
- Παραμετρική ανάλυση επιβίωσης. Παραμετρικά μοντέλα χρόνου επιβίωσης: Εκθετική κατανομή, Weibull, Log-logistic. Προσαρμογή μοντέλων με τη μέθοδο μέγιστης πιθανοφάνειας, έλεγχοι υποθέσεων, διαστήματα εμπιστοσύνης, ασυμπτωτική θεωρία.
- Απαραμετρική ανάλυση επιβίωσης. Μέθοδοι εκτίμησης συναρτήσεων επιβίωσης Product-Limit (Kaplan-Meier) και Nelson-Aalen. Τυπικά σφάλματα, διαστήματα εμπιστοσύνης και συμπερασματολογία.
- Ανάλυση επιβίωσης με βοηθητικές μεταβλητές. Μοντέλο αναλογικών κινδύνων του Cox, μερική πιθανοφάνεια και συμπερασματολογία. Accelerated failure time μοντέλο. Εκτίμηση και ερμηνεία μοντέλων.
- Ειδικά θέματα Βιοστατιστικής. Εισαγωγή στις κλινικές δοκιμές. Ανταγωνιστικοί κίνδυνοι. Μέτα-ανάλυση. Μοντέλα λογιστικής παλινδρόμησης, μοντέλα τυχαίων επιδράσεων και εφαρμογές.

Βιβλιογραφία

- Rosner, B. (2010). *Fundamentals of Biostatistics*. 7th International edition, Brooks/Cole.
- Armitage, P., Berry, G. and Mathews J.N.S. (2002). *Statistical Methods in Medical Research*. 4th Edition. Blackwell Science.
- Hosmer, D. W., Lemeshow, S. and May S. (2008). *Applied Survival Analysis: Regression Modeling of Time to Event Data*, 2nd edition, Wiley-Blackwell.
- Friedman L.M., Furberg C.D. and DeMets, D.L. (2010). *Fundamentals of Clinical Trials*. 4th edition, Springer.
- Collett D. (2003). *Modelling survival data in medical research*, 2nd edition. Chapman and Hall.
- J.F. Lawless (2002). *Statistical Models and Methods for Lifetime Data*, 2nd Edition. Wiley.

ΣΕΠ19 Θεωρία Παιγνίων

- Θεώρημα Minimax, εξισωτικές στρατηγικές, θεώρημα Nash και Nikaido-Isoda.
- Μη πεπερασμένα παιχνίδια, συνεχή παιχνίδια πάνω σε συμπαγή σύνολα.
- Στοχαστικά παιχνίδια 0-αθροίσματος.
- Δι-πινακοπαιχνίδια (αλγόριθμος Lemke-Howson).
- Εξελικτική ευστάθεια.
- Εφαρμογές στα οικονομικά (ολιγοπώλια, παιχνίδια αγοραπωλησιών).
- Μπεϋζιανά παιχνίδια.
- Συσχετισμένη ισορροπία.
- Αρχή της αποκάλυψης.
- Επαναλαμβανόμενα παιχνίδια πεπερασμένου και άπειρου ορίζοντα.

Βιβλιογραφία

- F. Vega-Redondo, *Economics and the Theory of Games*, Cambridge Univ. Press,
- G. Owen, *Game Theory*, Academic Press, 3rd edition, 1995.
- R. Myerson, *Game Theory*, Harvard University Press, 1991.
- D. Fudenberg and J. Tirole, *Game Theory*, MIT Press, 1991.
- M. Rubinstein, J. Osborne, *A Course in Game Theory*, MIT Press, 1994.
- Kl. Ritzberger, *Foundations of Non-Cooperative Game Theory*, Oxford University Press, 2002.
- R. Gibbons, *Εισαγωγή στη θεωρία παιγνίων*, Εκδ. Gutenberg
- Μαγείρου Ευ. (2009), *Παίγνια και Αποφάσεις, Μια Εισαγωγική Προσέγγιση*, Εκδ. Κριτική, Αθήνα.
- Μηλολιδάκη, Κ. (2009) *Θεωρία Παιγνίων, Μαθηματικά Μοντέλα Σύγκρουσης και Συνεργασίας*. Εκδόσεις Σοφία, Θεσσαλονίκη.

ΣΕΠ20 Χρηματοοικονομικά Μαθηματικά

- Βασικά χρηματοοικονομικά παράγωγα και η αρχή της μη επιτηδειότητας (no-arbitrage): Αξία του χρήματος στο χρόνο, Παράγωγα ευρωπαϊκού τύπου, Συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης, Αμερικανικά δικαιώματα αγοράς/πώλησης.
- Υποδείγματα αγορών μιας περιόδου: Διωνυμικό υπόδειγμα, υπόδειγμα Arrow-Debreu.
- Δυωνυμικό υπόδειγμα πολλών περιόδων.
- Μέτρα martingale.
- Δικαιώματα αμερικανικού τύπου.
- Το μοντέλο Black-Scholes.
- Μοντέλα μεταβολής επιτοκίων.

Βιβλιογραφία

- Hull, J. (2011) *Options, Futures and other Derivatives*. 8th edition. Pearson Education, Harlow, UK.
- Ross, S.M. (2011) *An Elementary Introduction to Mathematical Finance*. 3rd edition. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Shreve, S. (2004) *Stochastic Calculus for Finance I: The Binomial Asset Pricing Model*. Springer-Verlag, New York, USA.
- Williams, R.J. (2006) *Introductions to the Mathematics of Finance*. American Mathematical Society, Providence, RI, USA.
- Λουλάκη, Μ. (2015) *Εισαγωγή στη Μαθηματική Χρηματοοικονομία*. Αποθετήριο Ελληνικών Ακαδημαϊκών Ηλεκτρονικών Συγγραμμάτων και Βοηθημάτων Κάλλιπος.

ΣΕΠ21 Οικονομικά Μαθηματικά

- Βασικά στοιχεία Μικροοικονομικής
- Στοιχεία βελτιστοποίησης υπό περιορισμούς: Μέθοδος Lagrange, συνθήκες Karush-Kuhn-Tucker, θεώρημα περιβάλλουσας (envelope theorem).
- Το πρόβλημα της μεγιστοποίησης της ωφέλειας του καταναλωτή.
- Ομογενείς και ομοθετικές συναρτήσεις στην θεωρία επιλογής του καταναλωτή.
- Οιονεί-κοίλες και οιονεί-κυρτές συναρτήσεις (quasi-concave and quasi-convex functions)
- Προβλήματα ελαχιστοποίησης δαπάνης και κόστους. Ταυτότητα του Roy. Εξίσωση του Slutsky.
- Βέλτιστος έλεγχος και εφαρμογές. Το μοντέλο των Ramsey-Cass-Koopmans, το πρόβλημα της βέλτιστης επένδυσης.

Βιβλιογραφία

- Dixit, A.K. (1990) *Optimization in Economics Theory*. Oxford University Press.
- Sydsaeter, K., Hammond, P., Seierstad, A. and Strom, A. (2008) *Further Mathematics for Economic Analysis*. Harlow, Pearson Prentice Hall.

ΣΕΠ22 Θεωρία Κινδύνου

- Θεωρία ωφελιμότητας και ασφάλειες.
- Το ατομικό μοντέλο κινδύνου.
- Συλλογικά μοντέλα κινδύνου.
- Θεωρία χρεωκοπίας.
- Αρχές προσδιορισμού ασφαλιστρών.
- Σύστημα bonus malus
- Διάταξη κινδύνων.
- Θεωρία φερεγγυότητας.
- Γενικευμένα γραμμικά μοντέλα.
- Τεχνικές IBNR

Βιβλιογραφία

- Kaas, R., Goovaerts, M., Dhaene, J. and Denuit, M. *Modern Actuarial Risk Theory*, 2nd edition, Springer.
- Κάκουλλου Θ.Ν. (1995) *Αναλογισμός, Τόμος Ι, Θεωρία Κινδύνου και Πιθανότητες*. Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.
- Κουτσόπουλου, Κ.Ι. (1999) *Αναλογιστικά Μαθηματικά, Μέρος Ι, Θεωρία των Κινδύνων*. Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.

ΣΕΠ23 Θεωρία Αξιοπιστίας

- Αξιοπιστία συστημάτων σε σταθερό χρόνο. Δομή Συστημάτων, Αξιοπιστία συστημάτων ανεξάρτητων μονάδων, Αξιοπιστία συστημάτων μέσω της μεθόδου εγκλεισμού – αποκλεισμού, Φράγματα Αξιοπιστίας Συστημάτων.
- Αξιοπιστία μονάδων - συστημάτων στο χρόνο. Κατανομές χρόνων ζωής. Αξιοπιστία συστημάτων στο χρόνο, Βαθμίδα αποτυχίας μονάδος ή συστήματος, μέσος χρόνος ζωής μονάδας ή συστήματος, υπολειπόμενος χρόνος ζωής μονάδας ή συστήματος.
- Οι κυριότερες κατανομές χρόνων ζωής: εκθετική κατανομή, κατανομή Weibull, κατανομή Γάμμα / Erlang, κανονική κατανομή, Λογαριθμοκανονική Κατανομή, Ομοιόμορφη κατανομή.
- Ιδιότητες μονάδων - συστήματος που βασίζονται σε διάφορους τύπους γήρανσης. Φράγματα αξιοπιστίας με βάση ιδιότητες γήρανσης, μεταβίβαση ιδιοτήτων γήρανσης από τις μονάδες στο μονότονο σύστημα.
- Εισαγωγή στη Στατιστική Θεωρία Αξιοπιστίας. Εισαγωγικές έννοιες εκτιμητικής, σεκτίμηση παραμέτρων από πλήρη δεδομένα, εκτίμηση παραμέτρων χρόνων ζωής «αγέραστων» μονάδων, εκτίμηση παραμέτρων

για χρόνους ζωής που ακολουθούν κατανομή Weibull, εκτίμηση παραμέτρων από "λογοκριμένα" (censored) δεδομένα, λογοκρισία τύπου I (type I censoring), λογοκρισία τύπου II (type II censoring).

Βιβλιογραφία

- Μπούτσικα, Μ. (2008) *Σημειώσεις μαθήματος «Θεωρία Αξιοπιστίας»*, Τμ. Στατιστικής και Ασφ. Επιστήμης, Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
- D.N.P. Murthy, M. Rausand, T. Østerås (2008). *Product Reliability*, Springer.
- M. Rausand, A. Hoyland. *System Reliability Theory: Models, Statistical Methods, and Applications*, 2nd edition, Wiley.

ΣΕΠ24 Γραμμικός Προγραμματισμός

- Βασικές έννοιες
- Μέθοδος Simplex
- Δυϊκή θεωρία
- Ανάλυση ευαισθησίας
- Πρόβλημα Μεταφοράς και Μεταφόρτωσης
- Πρόβλημα Ανάθεσης
- Πρόβλημα Μέγιστης Ροής
- Πρόβλημα Πινακικών Παιγνίων
- Πρόβλημα Σχεδιασμού Έργων (Μέθοδος PERT-CPM)

Βιβλιογραφία

- Δ. Φακίνου, Α. Οικονόμου *Εισαγωγή στην Επιχειρησιακή Έρευνα*, Εκδόσεις Συμμετρία, 2002.
- Bertsimas, D., Tsitsiklis, J. (1997) *Introduction to Linear Optimization*, Athena Scientific, Belmont, Massachusetts.
- Luenberger, D. (1987), *Linear and Nonlinear Programming*, Addison-Wesley, Mass.
- Vanderbei, R (1996), *Linear programming: foundations and extensions*, Kluwer, Boston.
- Gass, S.I. (1986). *Linear Programming*, 5th edition. McGraw-Hill, New York.
- Chvatal, V. (1983). *Linear programming*. W.H. Freeman and Company, New York.
- Dantzig, G.B. (1963). *Linear Programming and Extensions*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey

ΣΕΠ25 Ακέραιος Προγραμματισμός - Συνδυαστική Βελτιστοποίηση

- Προαπαιτούμενα από γραφήματα, αλγορίθμους και πολυπλοκότητα.
- Πολύεδρα, σύνοψη θεωρίας γραμμικού προγραμματισμού.
- Μοντελοποιήσεις προβλημάτων ακέραιου προγραμματισμού.
- Η μέθοδος επίλυσης προβλημάτων ακέραιου προγραμματισμού των αποκοπτικών επιπέδων (cutting-planes).
- Η μέθοδος επίλυσης προβλημάτων ακέραιου προγραμματισμού κλάδος-φράγμα (branch-and-bound).
- Η μέθοδος επίλυσης προβλημάτων ακέραιου προγραμματισμού κλάδος-αποκοπή (branch-and-cut).
- Άλλες μέθοδοι επίλυσης προβλημάτων ακέραιου προγραμματισμού.
- Τέλειες μοντελοποιήσεις.
- Ανισότητες Split και Gomory.
- Προβλήματα βελτιστοποίησης για μονοπάτια και ροές.
- Προβλήματα βελτιστοποίησης για ταιριάσματα και καλύψεις σε διμερή (bipartite) γραφήματα.
- Προβλήματα βελτιστοποίησης για ταιριάσματα και καλύψεις σε μη-διμερή (nonbipartite) γραφήματα.
- Προβλήματα βελτιστοποίησης για matroids και submodular συναρτήσεις.
- Προβλήματα βελτιστοποίησης για δένδρα και συνδέσμους.

Βιβλιογραφία

- Bertsimas, D. and Tsitsiklis, J.N. (1997) *Introduction to Linear Optimization*. Athena Scientific, Belmont, Massachusetts.
- Conforti, M., Cornuejols, G. and Zambelli G. (2014) *Integer Programming*. Springer.
- Nemhauser, G.L. and Wolsey, L.A. (1988) *Integer and Combinatorial Optimization*. Wiley, New York.
- Papadimitriou, C.H. and Steiglitz, K. (1982) *Combinatorial Optimization, Algorithms and Complexity*. Prentice Hall, Inglewood Cliffs, New Jersey.
- Schrijver, A. (1986) *Theory of Linear and Integer Programming*. Wiley, New York.

ΣΕΠ26 Δυναμικός Προγραμματισμός

- Εισαγωγή στο στοχαστικό δυναμικό προγραμματισμό. Το μοντέλο της Μαρκοβιανής Διαδικασίας Αποφάσεων.
- Προβλήματα πεπερασμένου ορίζοντα. Αναδρομική επίλυση.
- Προβλήματα άπειρου ορίζοντα με το κριτήριο του συνολικού αποπληθωρισμένου κόστους.
- Προβλήματα άπειρου ορίζοντα με το κριτήριο του συνολικού κόστους (θετικός και αρνητικός δυναμικός προγραμματισμός).
- Προβλήματα βέλτιστου σταματήματος.
- Προβλήματα άπειρου ορίζοντα με το κριτήριο του μέσου κόστους.

Βιβλιογραφία

- S. Ross, *Introduction to Stochastic Dynamic Programming*, Academic Press, 1981.
- M. Puterman, *Markovian Decision Processes*, J. Wiley, 1994.
- C. Derman, *Markovian Decision Processes*, Academic Press, 1970.

ΣΕΠ27 Μη Γραμμικός Προγραμματισμός

- Εισαγωγή στον μη-γραμμικό προγραμματισμό.
- Κυρτά σύνολα.
- Κυρτές συναρτήσεις και επεκτάσεις.
- Συνθήκες βελτιστοποίησης.
- Δυσκότητα.
- Αλγόριθμοι επίλυσης προβλημάτων μη-γραμμικού προγραμματισμού.

Βιβλιογραφία

- Bazaraa, M.S., Sherali, H.D. and Shetty, C.M. (2006) *Nonlinear Programming: Theory and Algorithms*, 3rd edition, Wiley.
- Beck, A. (2014) *Introduction to Nonlinear Optimization: Theory, Algorithms and Applications with MATLAB*. MOS-SIAM Series in Optimization.
- Bertsekas, D.P. (1999) *Nonlinear Programming*, Athena Scientific.
- Bertsekas, D.P. (2003) *Convex Analysis and Optimization*, Athena Scientific.
- Boyd, S. and Vandenberghe, L. (2004) *Convex Optimization*, Cambridge University Press.
- Luenberger, D.G. (1984) *Linear and Nonlinear Programming*, Addison-Wesley.

ΣΕΠ28 Θεωρία Ουρών Αναμονής

- Περιγραφή, βασικές έννοιες και γενικά αποτελέσματα.
- Απλές Μαρκοβιανές ουρές (τύπου γέννησης-θανάτου).
- Μαρκοβιανές ουρές και η μέθοδος των φάσεων. Συμμετρικές ουρές.

- Ανοικτά και κλειστά δίκτυα Μαρκοβιανών ουρών (Δίκτυα Jackson, δίκτυα με γενικές διαδρομές). Δίκτυα σχεδόν αντιστρέψιμων ουρών.
- Οι M/G/1 και GI/M/1 ουρές και παραλλαγές και οι επεκτάσεις τους.
- Η GI/G/1 ουρά.
- Προσεγγιστικές μέθοδοι.

Βιβλιογραφία

- Adan, I. and Resing, J. (2000) *Queueing Theory (Notes)*. Available online.
- Kelly, F.P. (1979). *Reversibility and Stochastic Networks*. John Wiley, New York.
- Kleinrock, L. (1975). *Queueing Systems, Volume I: Theory*. John Wiley, New York.
- Gross D. and Harris, C. M. (1985). *Fundamentals of Queueing Theory*. John Wiley, New York.
- Wolff, R. W. (1989). *Stochastic Modeling and the Theory of Queues*. Prentice Hall, Int., New Jersey.
- Οικονόμου, Α. *Ουρές Αναμονής, Σημειώσεις*.
- Φακίνου, Δ. *Ουρές Αναμονής: Θεωρία και Ασκήσεις*, Εκδόσεις Συμμετρία.

ΣΕΠ29 Μαθηματικά Μοντέλα Παραγωγής

- Ντετερμινιστικά Υποδείγματα Παραγωγής και Αποθεμάτων: Υπόδειγμα Economic Order Quantity, Υπόδειγμα Dynamic Lot Sizing - Wagner Whitin, Εφαρμογές Ακέραιου και Δυναμικού Προγραμματισμού.
- Στοχαστικά Υποδείγματα Αποθεμάτων: Πολιτικές Αποθέματος Βάσης, Πολιτικές Q-R, Υπόδειγμα Εφημεριδοπώλη, Πολιτικές s-S
- Σχεδιασμός συμβολαίων σε εφοδιαστικές αλυσίδες: Εφαρμογές Θεωρίας Παιγνίων

Βιβλιογραφία

- P. Zipkin, *Foundations of Inventory Management*, Mc-Graw Hill, 2000.
- J. Buzacott, J. Shanthikumar, *Stochastic Models of Manufacturing Systems*, Prentice Hall, 1993.
- G. Shanthikumar, D. Yao, W. Zijm, *Stochastic modeling and optimization of manufacturing systems*, Kluwer, 2003
- S. Tayur, R. Ganesan, M. Magazine, *Quantitative Models for Supply Chain Management*, Kluwer, 1999.

ΣΕΠ30 Υπολογιστικές Μέθοδοι στην Επιχειρησιακή Έρευνα

- Γλώσσες μοντελοποίησης και επίλυσης προβλημάτων μαθηματικού προγραμματισμού: GAMS, AMPL, LINGO κ.α.
- Τεχνικές επίλυσης προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού μεγάλης διάστασης: Λαγκραντζιανή χαλάρωση και δυϊκότητα, η ανάλυση Dantzig-Wolfe και γέννηση στηλών, η ανάλυση Benders και η καθυστερημένη γέννηση περιορισμών.
- Αριθμητικές μέθοδοι στις Μαρκοβιανές και στις ημι-Μαρκοβιανές αλυσίδες.
- Τεχνικές μελέτης Μαρκοβιανών αλυσίδων με δομή τύπου QBD (quasi-birth-death), M/G/1 και G/M/1. Εφαρμογές στη θεωρία ουρών αναμονής.

Βιβλιογραφία

- Williams, H.P (1999) *Model Building in Mathematical Programming*. 4th edition. Wiley, New York.
- Kipp Martin, R. (1999) *Large Scale Linear and Integer Optimization: A Unified Approach*. Kluwer, Boston.
- Nocedal, J. and Wright, S.J. (2006) *Numerical Optimization*, 2nd Edition, Springer.
- Faigle, U., Kern, W. and Still, G. (2002) *Algorithmic Principles of Mathematical Programming*. Kluwer.
- Stewart, W.J. (1994) *Introduction to the Numerical Solution of Markov Chains*. Princeton.
- Latouche, G. and Ramaswami, V. (1999) *Introduction to Matrix Analytic Methods in Stochastic Modeling*. SIAM-ASA Series.

ΣΕΠ31 Στατιστική για Στοχαστικές Διαδικασίες

- Οριακά θεωρήματα για ακολουθίες τυχαίων διανυσμάτων: Τρόποι σύγκλισης ακολουθίας τυχαίων διανυσμάτων, νόμοι μεγάλων αριθμών και πολυδιάστατο κεντρικό οριακό θεώρημα, θεώρημα συνεχούς απεικόνισης, θεώρημα Slutsky, πολυμεταβλητή Δέλτα μέθοδος και εφαρμογές στη Στατιστική.
- Στοιχεία πεπερασμένων Μαρκοβιανών αλυσίδων: Μαρκοβιανή ιδιότητα, πίνακας πιθανοτήτων μετάβασης, ταξινόμηση καταστάσεων, στάσιμη κατανομή, περιοδικότητα, εργοδικότητα.
- Επεκτάσεις κλασικών οριακών θεωρημάτων: Σύνομη εισαγωγή σε martingales, κεντρικό οριακό θεώρημα martingales, εργοδικό και κεντρικό οριακό θεώρημα στις πεπερασμένες Μαρκοβιανές αλυσίδες.
- Εκτίμηση στις πεπερασμένες Μαρκοβιανές αλυσίδες: Μαρκοβιανά μοντέλα, φυσικός και ελάχιστος παραμετρικός χώρος, εκτίμηση μέγιστης πιθανοφάνειας, ασυμπτωτικές ιδιότητες ε.μ.π., εκτιμήτριες και ιδιότητες διάφορων χαρακτηριστικών της μ.α., ασυμπτωτικά διαστήματα εμπιστοσύνης και έλεγχοι υποθέσεων.
- Μοντέλα με μη πλήρη δεδομένα - κρυμμένα μαρκοβιανά μοντέλα (KMM): Μοντέλα ανεξαρτήτων μίξεων, κρυμμένα Μαρκοβιανά μοντέλα και εφαρμογές, επεκτάσεις των κρυμμένων Μαρκοβιανών μοντέλων
- Εκτίμηση με τον αλγόριθμο EM (Expectation - Maximization): Βήματα κατασκευής του EM, Q -συνάρτηση, απόκλιση Kullback - Leibler, θέματα σύγκλισης αλγορίθμου EM, εκτίμηση παραμέτρων στα μοντέλα ανεξαρτήτων μίξεων και στα κρυμμένα Μαρκοβιανά μοντέλα με τον αλγόριθμο EM, αλγόριθμος Baum-Welch, άλλες εφαρμογές (επίπεδα σεισμικότητας, κύμανση χρηματιστηριακού δείκτη και θέματα βιολογίας και γενετικής).
- Εκτιμήσεις παραμετρικών σφαλμάτων με τον αλγόριθμο EM: Αρχή χαμένης πληροφορίας, παρατηρούμενος πίνακας πληροφορίας, ταυτότητα Louis, εφαρμογές στην παραμετρική εκτίμηση KMM, μέθοδος παραμετρικού Bootstrap.
- Αποκωδικοποίηση και πρόβλεψη καταστάσεων στα KMM: αλγόριθμος Viterbi, τοπική και καθολική αποκωδικοποίηση, πρόβλεψη καταστάσεων.

Βιβλιογραφία

- Τρέβεζας Σ., (2014). *Short notes for finite Markov chains*.
- Billingsley, P., (1960). *Statistical inference for Markov processes*, University of Chicago Press.
- McLachlan, G. and Krishnan, T. (2007). *The EM algorithm and extensions*. John Wiley & Sons.
- Zucchini, W. and MacDonald, I. L., (2009). *Hidden Markov models for time series: an introduction using R*. CRC press.
- Cappé, O., Moulines, E. and Ryden T. (2005). Springer.

ΣΕΠ32 Θεωρία Στατιστικών Αλγορίθμων

- Στοιχεία γενικών Μαρκοβιανών αλυσίδων (μ.α.): πυρήνας πιθανοτήτων μετάβασης, στάσιμες κατανομές/μέτρα, φ-ανάγωγες μ.α., αναγέννηση, περιοδικότητα, (Harris-) επαναληπτικότητα και εφαρμογές στον Monte Carlo Markov Chain (ή MCMC)
- Εργοδικότητα, σύγκλιση σε στάσιμη κατανομή, τεχνικές coupling και splitting και σύγκλιση αλγορίθμων Metropolis-Hastings και Gibbs
- Εργοδικό θεώρημα, κεντρικό οριακό θεώρημα στις μ.α. και εφαρμογές στη σύγκλιση αλγορίθμων
- Δειγματοληψία σπουδαιότητας (Importance Sampling) χωρίς/με επαναδειγματοληψία (Resampling), επιλογή της συνάρτησης σπουδαιότητας, εκτιμήτριες IS και SIR
- Ακολουθιακή Δειγματοληψία Σπουδαιότητας (Sequential Importance Sampling ή SIS), εκτιμήτριες SISR (with Resampling ή SISR), εκφυλισμός βαρών και επαναδειγματοληψία με διαφορετικές στρατηγικές
- Νόμοι μεγάλων αριθμών και κεντρικό οριακό θεώρημα για τριγωνικές ακολουθίες τυχαίων μεταβλητών
- Ανάλυση και Σύγκλιση αλγορίθμων IS, SIR και SISR.

Βιβλιογραφία

- Cappé, O., Moulines, E., Ryden T. (2005). *Inference in Hidden Markov Models*. Springer.

- Doucet, A., de Freitas, J.F.G., Gordon, N.J. (editors). *Sequential Monte Carlo Methods in Practice*. Springer, 2001.
- Meyn, S. P., Tweedie, R. L. (2012). *Markov chains and stochastic stability*. Springer .
- Robert, C., Casella, G. (2009). *Introducing Monte Carlo Methods with R*. Springer.
- Robert, C., Casella, G. (2013). *Monte Carlo statistical methods*. Springer.

ΣΕΠ33 Ειδικά θέματα Πιθανοτήτων
--

- Παρουσίαση εξειδικευμένων βιβλίων και εργασιών σε προχωρημένα θέματα Πιθανοτήτων και Στοχαστικών Διαδικασιών.

ΣΕΠ34 Ειδικά θέματα Στατιστικής
--

- Παρουσίαση εξειδικευμένων βιβλίων και εργασιών σε προχωρημένα θέματα Στατιστικής.

ΣΕΠ35 Ειδικά θέματα Επιχειρησιακής Έρευνας

- Παρουσίαση εξειδικευμένων βιβλίων και εργασιών προχωρημένα θέματα Επιχειρησιακής Έρευνας.