

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ ♦ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ♦ ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ♦ ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ	19
2.1 Αβεβαιότητα, Τυχαία Διαδικασία, και Συναφείς Έννοιες	21
2.1.1 Αβεβαιότητα και Τυχαίο Πείραμα	21
2.1.2 Δειγματοχώρος και Δειγματοσημεία	21
2.1.3 Σύνθετος Δειγματοχώρος	24
2.1.4 Γεγονότα	26
2.2 Πράξεις και Σχέσεις Γεγονότων	28
2.2.1 Πράξεις Γεγονότων	28
2.2.2 Ασυμβίβαστα Γεγονότα ή Αμοιβαίως Αποκλειόμενα	31
2.2.3 Κανόνες Πράξεων Γεγονότων	32
2.3 Χώρος Γεγονότων – Δυναμοσύνολο	35
2.4 Η Έννοια της Πιθανότητας	36
2.4.1 Κλασσική Θεωρία	36
2.4.2 Θεωρία Σχετικής Συχνότητας	39
2.4.3 Υποκειμενική Θεωρία	40
2.5 Αξιώματα και Θεωρήματα Πιθανότητας	41
2.6 Αρχές Απαρίθμησης	49
2.6.1 Ο Κανόνας του Γινομένου	49
2.6.2 Μεταθέσεις	51
2.6.3 Συνδυασμοί	53
2.6.4 Μεταθέσεις όταν όλα τα αντικείμενα δεν είναι ίδια	57
2.7 Περίληψη Κεφαλαίου	59
ΑΣΚΗΣΕΙΣ – ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ♦ ΔΕΣΜΕΥΜΕΝΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ, ΟΛΙΚΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ – ΘΕΩΡΗΜΑ BAYES, ΑΝΕΞΑΡΤΗΣΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΑΦΕΙΣ ΕΝΝΟΙΕΣ	71
3.1 Υπό Συνθήκη ή Δεσμευμένη Πιθανότητα	73

ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ

3.2	Ολική Πιθανότητα	79
3.3	Θεώρημα Bayes	83
3.4	Στατιστική Ανεξαρτησία και Συναφείς Έννοιες	86
3.4.1	Στατιστικά Ανεξάρτητα Γεγονότα	87
3.4.2	Ανεξάρτητα και Αμοιβαίως Αποκλειόμενα Γεγονότα	90
3.5	Περίληψη Κεφαλαίου	91
ΑΣΚΗΣΕΙΣ – ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ		97

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ♦ ΤΥΧΑΙΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ, ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ 143

4.1	Έννοια Τυχαίας Μεταβλητής	139
4.2	Συναρτήσεις Μάζας ή Πυκνότητας Πιθανότητας	144
4.2.1	Διακριτή Τυχαία Μεταβλητή	144
4.2.2	Συνεχής Τυχαία Μεταβλητή	147
4.3	Αθροιστική Συνάρτηση Πιθανότητας	152
4.3.1	Διακριτή Τυχαία Μεταβλητή	153
4.3.2	Συνεχής Τυχαία Μεταβλητή	154
4.3.3	Ιδιότητες Αθροιστικής Συνάρτησης Κατανομής $F(x)$	156
4.4	Μικτή Τυχαία Μεταβλητή	160
4.5	Περίληψη Κεφαλαίου	163
ΑΣΚΗΣΕΙΣ – ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ		164

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ♦ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΥΧΑΙΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ 183

5.1	Μέση τιμή	185
5.2	Διακύμανση	192
5.3	Τυπική Τυχαία Μεταβλητή	196
5.4	Ανισότητα Chebyshev	197
5.5	ρ -Ποσοστιαίο σημείο, Διάμεσος, Επικρατέστερη Τιμή	199
5.6	Άλλες Παράμετροι και Ροπές	203
5.7	Περίληψη Κεφαλαίου	204
ΑΣΚΗΣΕΙΣ – ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ		205

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ♦ ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΔΙΑΚΡΙΤΗ ΤΥΧΑΙΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ 221

6.1	Η Κατανομή Bernoulli	223
6.2	Η Διωνυμική Κατανομή	225

6.3	Η Γεωμετρική Κατανομή	230
6.4	Η Αρνητική Διωνυμική Κατανομή (Pascal)	234
6.5	Η Υπεργεωμετρική Κατανομή	237
6.6	Διαδικασία Poisson	241
6.6.1	Κατανομή Poisson	241
6.6.2	Η Poisson σαν μία Προσέγγιση στη Διωνυμική Κατανομή	246
6.7	Πολυωνυμική Κατανομή	251
6.8	Σχέσεις μεταξύ Διακριτών Κατανομών	252
6.9	Περίληψη Κεφαλαίου	256
	ΑΣΚΗΣΕΙΣ – ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	257

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ♦ ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΣΥΝΕΧΗ ΤΥΧΑΙΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ 275

7.1	Ομοιόμορφη Κατανομή	277
7.1.1	Δημιουργία Τυχαίων Αριθμών	279
7.2	Εκθετική Κατανομή	281
7.3	Κατανομές Erlang και Γάμμα	289
7.4	Κανονική Κατανομή (Normal ή Gauss)	293
7.4.1	Τυπική Κανονική Κατανομή	297
7.4.2	Κανονική Προσέγγιση στη Διωνυμική και Poisson Κατανομή	300
7.5	Λογαριθμο – Κανονική Κατανομή	302
7.6	Βήτα Κατανομή	306
7.7	Περίληψη Κεφαλαίου	307
	ΑΣΚΗΣΕΙΣ – ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	308

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ♦ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ ΤΥΧΑΙΑΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ 333

8.1	Ισοδύναμα Γεγονότα	335
8.2	Διακριτή Τυχαία Μεταβλητή $Y = H(X)$	337
8.2.1	Η Τυχαία Μεταβλητή X είναι Διακριτή	337
8.2.2	Η Τυχαία Μεταβλητή X είναι Συνεχής	339
8.3	Συνεχής Τυχαία Μεταβλητή $Y = H(X)$	339
8.4	Περίληψη Κεφαλαίου	350
	ΑΣΚΗΣΕΙΣ – ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ	351

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 ♦ ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΤΥΧΑΙΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ $X = (X, Y)$	363
9.1 Δισδιάστατη Τυχαία Μεταβλητή (X, Y) –Γεγονότα	365
9.2 Διακριτή Δισδιάστατη Τυχαία Μεταβλητή	368
9.2.1 Συνάρτηση Μάζας Πιθανότητας	368
9.2.2 Περιθωριακή Συνάρτηση Μάζας Πιθανότητας	371
9.2.3 Υπό συνθήκη Συνάρτηση Μάζας Πιθανότητας	374
9.3 Συνεχής Δισδιάστατη Τυχαία Μεταβλητή	376
9.3.1 Συνάρτηση Πυκνότητας Πιθανότητας	376
9.3.2 Περιθωριακή Συνάρτηση Μάζας Πιθανότητας	379
9.3.3 Υπό Συνθήκη Συνάρτηση Μάζας Πιθανότητας	381
9.4 Η Αθροιστική Συνάρτηση Πιθανότητας $F_{X,Y}(x,y)$	384
9.5 Ανεξάρτητες Τυχαίες Μεταβλητές	387
9.6 Συνάρτηση της Δισδιάστατης Τ.Μ., $Z = H(X, Y)$	394
9.7 Χαρακτηριστικά Δισδιάστατης Τυχαίας Μεταβλητής	396
9.7.1 Δεσμευμένη Μέση Τιμή	396
9.7.2 Μέση Τιμή Συνάρτησης Δισδιάστατης (X, Y)	399
9.7.3 Η Συσχέτιση και η Συνδιακύμανση των X, Y	400
9.7.4 Από Κοινού Κανονικές Τυχαίες Μεταβλητές	402
9.8 Περίληψη Κεφαλαίου	405
ΑΣΚΗΣΕΙΣ – ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ	406
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 ♦ ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ – ΕΜΠΕΙΡΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ	 413
10.1 Πίνακας Κατανομής Συχνοτήτων	415
10.2 Γραφικές Παραστάσεις Συχνοτήτων	417
10.3 Περιληπτική Αριθμητική Παρουσίαση Δεδομένων	425
10.3.1 Μετρήσεις Κεντρικής Τάσης	425
10.3.2 Μετρήσεις Διασποράς και Ασυμμετρίας	427
10.4 Περίληψη Κεφαλαίου	429
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	430
 ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ ♦ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ	 433
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 ♦ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ	 435
11.1 Ο ρόλος της Συμπερασματικής Στατιστικής	437
11.2 Τυχαία Δειγματοληψία	441

11.2.1	Δειγματικές Παρατηρήσεις – Τυχαίο Δείγμα	441
11.2.2	Στατιστικό Δείγματος	443
11.3	Εκτιμήτρια Συνάρτηση – Εκτιμητές	444
11.3.1	Σημειακή Εκτίμηση	445
11.3.2	Μέθοδοι Σημειακής Εκτίμησης	449
11.4	Εκτίμηση Διαστήματος Εμπιστοσύνης	452
11.4.1	Δειγματικό Λάθος	452
11.4.2	Διάστημα Εμπιστοσύνης	454
11.4.3	Διάστημα Εμπιστοσύνης για τη Μέση Τιμή μ	456
11.4.4	Μονόπλευρο Διάστημα Εμπιστοσύνης για τη Μέση Τιμή μ	464
11.4.5	Διάστημα Εμπιστοσύνης για τη Διακύμανση σ_x^2	465
11.4.6	Διάστημα Εμπιστοσύνης για την Αναλογία p	470
11.5	Περίληψη Κεφαλαίου	473
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ	474
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12 ♦ ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΠΟΘΕΣΕΩΝ	483
12.1	Υποθέσεις	485
12.2	Επίπεδο Σημαντικότητας και Σφάλματα Ελέγχου	487
12.3	Στατιστικό Ελέγχου και Κρίσιμη Περιοχή	489
12.4	Έλεγχος για τη Μέση Τιμή Κανονικής Κατανομής	495
12.4.1	Γνωστή Διακύμανση	495
12.4.2	Άγνωστη Διακύμανση: Το t -τεστ	517
12.5	Έλεγχος Ισότητας Μέσων Τιμών δύο Κανονικών Πληθυσμών	523
12.5.1	Γνωστή Διακύμανση	523
12.5.2	Άγνωστη Διακύμανση	528
12.5.3	Άγνωστες και Άνισες Διακυμάνσεις	532
12.5.4	Ο Ζευγαρωτός t -έλεγχος	533
12.6	Στατιστικός Έλεγχος για τη Διακύμανση	535
12.6.1	Έλεγχος Ισότητας Διακυμάνσεων δύο Πληθυσμών	538
12.7	Στατιστικός Έλεγχος Αναλογίας (Bernoulli Κατανομή)	540
12.7.1	Έλεγχος Διαφοράς Αναλογιών (Πληθυσμών Bernoulli)	543
12.8	Περίληψη Κεφαλαίου	547
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	548
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13 ♦ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ	553
13.1	Απλή Γραμμική Παλινδρόμηση	555
13.2	Εκτίμηση των Συντελεστών της Παλινδρόμησης	559

13.2.1	Δειγματική Διακύμανση της Παλινδρόμησης	566
13.3	Εξαγωγή Στατιστικών Συμπερασμάτων για τους Συντελεστές Παλινδρόμησης	567
13.3.1	Ιδιότητες των Εκτιμητών Ελαχίστων Τετραγώνων	568
13.3.2	Εκτίμηση Διαστημάτων Εμπιστοσύνης και Στατιστικός Έλεγχος	571
13.4	Συντελεστής Προσδιορισμού και Ανάλυση Διακύμανσης στην Γραμμική Παλινδρόμηση	584
13.4.1	Συσχέτιση	587
13.5	Μετασχηματισμός σε Γραμμική Παλινδρόμηση	589
13.6	Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση	597
13.6.1	Ιδιότητες των Εκτιμητών Ελαχίστων Τετραγώνων	601
13.6.2	Διαστήματα Εμπιστοσύνης για την Πρόβλεψη	605
13.6.3	Έλεγχος για τη Σημαντικότητα Παλινδρόμησης	607
13.7	Κριτήρια για Επιλογή Μεταβλητών	615
13.8	Συμπερασματικά Σχόλια	619
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	620

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ ♦ ΑΝΘΕΚΤΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ (ROBUST STATISTICS) 625

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14 ♦ ΑΝΘΕΚΤΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ (ROBUST STATISTICS) 627

14.1	Παραμετρικά Μοντέλα	631
14.2	Ποιοτική Ανθεκτικότητα	632
14.3	Ποσοτική Ανθεκτικότητα	634
14.3.1	Το Σημείο Θραύσης BP (Breakdown Point)	637
14.4	Βέλτιστη Ανθεκτικότητα	638
14.4.1	Προσέγγιση ελαχιστοποίησης - μεγίστου (min-max)	638
14.4.2	Προσέγγιση με Συνάρτηση Επίδρασης	639

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15 ♦ ΑΝΘΕΚΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΚΑΣ 641

15.1	Θέση και Κλίμακα (Location and Scale)	643
15.2	Το Μοντέλο Θέσης (Location Model)	646
15.3	Ανθεκτικές Εκτιμήσεις Θέσης (Robust Estimates of Location)	647
15.3.1	Γενικευμένη Μέγιστη Πιθανοφάνεια, M-Εκτιμήσεις	647
15.3.2	Ανθεκτικές M-Εκτιμήσεις Huber	648
15.3.3	Επανακατερχόμενες (Redescending) M-Εκτιμήσεις	653
15.3.4	Ελάχιστα Περικοπτόμενα Τετράγωνα, LTS-Εκτίμηση	655
15.4	M-εκτιμήσεις Κλίμακας (Scale)	655

15.4.1	Εκτιμήσεις Διασποράς	655
15.4.2	M-Εκτίμηση της Κλίμακας (Scale)	657
15.4.3	M-Εκτιμήσεις Θέσης με Άγνωστη Διασπορά	659
15.4.4	Ταυτόχρονη M-Εκτίμηση Θέσης και Διασποράς	661
15.5	Υπολογισμός M-Εκτιμήσεων	662
15.5.1	Θέση με Προηγούμενη Εκτίμηση Διασποράς	662
15.5.2	Υπολογισμός Κλίμακας	663
15.5.3	Ταυτόχρονη Εκτίμηση Θέσης και Διασποράς	664
15.6	Ανθεκτικά Διαστήματα Εμπιστοσύνης και Έλεγχοι	664
15.6.1	Διαστήματα Εμπιστοσύνης	664
15.6.2	Στατιστικοί Έλεγχοι	666
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16 ♦ ΑΝΘΕΚΤΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ (ROBUST REGRESSION)		667
16.1	Outliers στην Ανάλυση Παλινδρόμησης	669
16.2	Ανίχνευση των Outliers – Διαγνωστικά για τα Outliers	674
16.2.1	Ο Πίνακας Hat (H) – Διαγνωστικά Μοχλότητας (leverage)	675
16.2.2	Διαγνωστικά Καταλοίπων	679
16.2.3	Διαγνωστικά Επίδρασης	682
16.2.4	Ανθεκτικά Διαγνωστικά των Outliers	684
16.3	Ανθεκτικοί M-Εκτιμητές Παλινδρόμησης	686
16.3.1	M-Εκτιμητές Huler	687
16.3.2	Υπολογισμός της Ανθεκτικής M-εκτίμησης	689
16.3.3	Πρακτική Ερμηνεία της M-Εκτίμησης Huber	691
16.4	Ανθεκτικοί GM-Εκτιμητές	692
16.5	Ανθεκτικοί Εκτιμητές Υψηλού Σημείου Κατάρρευσης (High-Breakdown Point, HBP)	695
16.5.1	M-Εκτιμητές με Φραγμένη ρ-συνάρτηση	696
16.5.2	MM-Εκτιμητές	697
16.5.3	Εκτιμητές με βάση την Κλίμακα Ανθεκτικών Καταλοίπων	698
16.5.4	Υπολογιστική Διαδικασία του LTS-Εκτιμητή	701
16.6	Συμπέρασμα	705
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17 ♦ ΑΝΘΕΚΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΥΝΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ		707
17.1	Εισαγωγή	709
17.2	Εκτιμήσεις με βάση Ανθεκτική Κλίμακα	713
17.2.1	Εκτίμηση MVE (minimum volume ellipsoid)	713
17.2.2	S-Εκτίμηση	714
17.2.3	Ο Εκτιμητής MCD	715
17.3	Ανίχνευση Πολυμεταβλητών Outliers και Σημείων Μοχλότητας	718
17.4	Συμπέρασμα	722

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 18 ♦ ΑΝΘΕΚΤΙΚΕΣ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΣΕΙΡΕΣ – ROUBUSS TIME SERIES	723
18.1 Έκτοπα (outliers) Χρονικών Σειρών και οι Επιδράσεις τους	725
18.1.1 Επίδραση των outliers	727
18.2 Πιθανοτικά μοντέλα outliers χρονικών σειρών	729
18.2.1 Πρόκληση Μεροληψίας από AO outliers	732
18.3 Κλασική Εκτίμηση του Μοντέλου AR	734
18.3.1 Ασυμπτωτική Κατανομή των Κλασικών Εκτιμητών	736
18.4 Ανθεκτικές M-Εκτιμήσεις για ARMA	737
18.4.1 M-Εκτιμήσεις και η Ασυμπτωτική Κατανομή τους	737
18.4.2 Ανθεκτικές M-εκτιμήσεις AR με AO outliers	738
18.4.3 LS και M-Εκτιμήσεις για AR(p) με IO outliers	740
18.5 Συμπέρασμα	741
 ΛΥΣΕΙΣ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ	 743
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	827
ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ	829