

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος	xi
1 Αντικείμενα των Πιθανοτήτων και της Στατιστικής	1
1.1 Πιθανοτικά Πρότυπα και Αντικείμενο των Πιθανοτήτων,	1
1.2 Αντικείμενο της Στατιστικής,	3
1.3 Ο Ρόλος των Πιθανοτήτων στη Στατιστική,	7
1.4 Εφαρμογές των Πιθανοτήτων και της Στατιστικής,	9
Ασκήσεις,	12
Νέοι Όροι,	15
2 Βασική Πιθανοθεωρία	17
2.1 Έννοια και Ορισμοί της Πιθανότητας,	18
2.2 Δειγματικός Χώρος και Ενδεχόμενα,	23
2.3 Αξιωματική Θεμελίωση και Βασικές Προτάσεις,	30
Ασκήσεις Ενοτήτων 2.1-2.3,	37
2.4 Συμμετρικά Πειράματα και Συνδυαστική Ανάλυση,	40
Ασκήσεις Ενότητας 2.4,	56
2.5 Δεσμευμένη Πιθανότητα,	59
Ασκήσεις Ενότητας 2.5,	74
Επαναληπτικές Ασκήσεις Κεφαλαίου 2,	80
Νέοι Όροι,	93
3 Τυχαίες Μεταβλητές και Χαρακτηρισμοί των Κατανομών τους	95
3.1 Τυχαίες Μεταβλητές και Μονοδιάστατες Κατανομές,	96

3.2	Τυχαία Διανύσματα και Από Κοινού Κατανομές,	110
3.2.1	Συμπεριφορά από κοινού κατανεμημένων διακριτών τυχαίων μεταβλητών,	110
3.2.3	Συμπεριφορά από κοινού κατανεμημένων συνεχών τυχαίων μεταβλητών,	115
3.2.3	Ανεξαρτησία τυχαίων μεταβλητών,	122
3.3	Κατανομές Συναρτήσεων Τυχαίων Μεταβλητών,	128
3.3.1	Συναρτήσεις μιας τυχαίας μεταβλητής,	128
3.3.2	Συναρτήσεις δύο τυχαίων μεταβλητών,	132
	Ασκήσεις,	137
	Νέοι Όροι,	146
4	Μέση Τιμή και Ροπές Ανώτερης Τάξης	147
4.1	Μέση Τιμή μιας Τυχαίας Μεταβλητής,	148
4.2	Μέσες Τιμές Συναρτήσεων Τυχαίων Μεταβλητών,	153
4.3	Ροπογεννήτριες Συναρτήσεις,	166
4.4	Άλλες Χρήσιμες Συναρτήσεις Μετασχηματισμού,	172
4.5	Άλλα Περιγραφικά Μέτρα Κατανομής,	178
4.6	Ανισότητες και ο Νόμος των Μεγάλων Αριθμών,	185
4.7	Δεσμευμένη Μέση Τιμή και Διασπορά,	192
	Ασκήσεις,	198
	Νέοι Όροι,	209
5	Χρήσιμα Πρότυπα Κατανομών	211
5.1	Χρήσιμες Διακριτές Κατανομές,	212
5.1.1	Η διωνυμική κατανομή,	212
5.1.2	Η υπεργεωμετρική κατανομή,	218
5.1.2	Η γεωμετρική,	220
5.1.2	Η αρνητική διωνυμική κατανομή,	223
5.1.5	Η κατανομή και η διαδικασία Poisson,	226
5.1.6	Η πολυωνυμική κατανομή,	231
	Ασκήσεις Ενότητας 5.1,	233
5.2	Χρήσιμες Συνεχείς Κατανομές,	236
5.2.1	Η κανονική κατανομή (κατανομή του Gauss),	236

- 5.2.2 Η λογαριθμοκανονική κατανομή, 243
- 5.2.3 Η ομοιόμορφη κατανομή, 246
- 5.2.4 Η εκθετική κατανομή, 249
- 5.2.5 Η κατανομή γάμα, 253
- 5.2.6 Η κατανομή Weibull, 258
- 5.2.7 Άλλες Συνεχείς Κατανομές, 260
- 5.3 Εφαρμογές στην Αξιοπιστία, 266
- Ασκήσεις Ενοτήτων 5.2-5.3, 270
- Επαναληπτικές Ασκήσεις Κεφαλαίου 5, 274
- Νέοι Όροι, 280

6 Μέθοδοι Περιγραφής και Διερευνητικής Ανάλυσης Δεδομένων 281

- 6.1 Διάκριση και Συλλογή Δεδομένων, 281
 - 6.1.1 Είδη δεδομένων, 282
 - 6.1.2 Συλλογή δεδομένων, 284
- 6.2 Περιγραφή της Κατανομής ενός Συνόλου Δεδομένων, 288
 - 6.2.1 Αριθμητικά μέτρα περιληπτικής παρουσίασης ποσοτικών δεδομένων, 288
 - 6.2.2 Ιστογράμματα, 296
 - 6.2.3 Διάγραμμα στελέχους-φύλλου (stem-and-leaf diagram), 301
 - 6.2.4 Διάγραμμα ποσοστιαίας (quantile plot), 303
 - 6.2.5 Θηκογράμματα (box plots), 307
 - 6.2.6 Γραφικά για δεδομένα ιδιοτήτων, 308
- 6.3 Σύγκριση των Κατανομών Δύο Συνόλων Δεδομένων, 310
- 6.4 Γραφικά Καταλληλότητας Θεωρητικών Κατανομών, 313
- Ασκήσεις, 315
- Νέοι Όροι, 320

7 Δειγματοληπτικές Κατανομές 321

- 7.1 Στατιστικές Συναρτήσεις και οι Κατανομές τους, 321
- 7.2 Η Δειγματική Μέση Τιμή, 323
 - 7.2.1 Μέση τιμή και διασπορά της δειγματικής μέσης τιμής, 324

- 7.2.2 Κατανομή της δειγματικής μέσης τιμής για μεγάλα δείγματα, 325
- 7.3 Δειγματοληψία από Πληθυσμό Bernoulli ή Poisson, 329
 - 7.3.1 Δειγματοληψία από πληθυσμό Bernoulli, 329
 - 7.3.2 Δειγματοληψία από πληθυσμό Poisson, 334
- 7.4 Δειγματοληψία από Κανονικό Πληθυσμό, 335
 - 7.4.1 Η κατανομή χ^2 και η δειγματική διασπορά, 335
 - 7.4.2 Η δειγματική μέση τιμή και η κατανομή t , 339
- 7.5 Ανεξάρτητα Δείγματα από δύο Πληθυσμούς, 342
 - 7.5.1 Η διαφορά των δειγματικών μέσων τιμών, 342
 - 7.5.2 Η διαφορά των δειγματικών αναλογιών, 346
 - 7.5.3 Η κατανομή F και ο λόγος των δειγματικών διασπορών, 347
- Ασκήσεις, 349
- Νέοι Όροι, 352

8 Εκτιμητική

353

- 8.1 Σημειοεκτιμητική, 354
 - 8.1.1 Κριτήρια και επιθυμητές ιδιότητες εκτιμητριών, 354
 - 8.1.2 Βασικές μέθοδοι εύρεσης σημειοεκτιμητών, 359
- 8.2 Βασικά Διαστημάτων Εμπιστοσύνης, 365
 - 8.2.1 Κατασκευή διαστήματος εμπιστοσύνης, 367
 - 8.2.2 Ερμηνεία διαστήματος εμπιστοσύνης, 369
 - 8.2.3 Ο ρόλος του επιπέδου εμπιστοσύνης και του μεγέθους του δείγματος, 370
 - 8.2.4 Μονόπλευρα διαστήματα εμπιστοσύνης, 371
- 8.3 Διαστήματα Εμπιστοσύνης για Μέσες Τιμές, 372
 - 8.3.1 Εκτίμηση της μέσης τιμής ενός πληθυσμού, 373
 - 8.3.2 Εκτίμηση της διαφοράς των μέσων τιμών δύο πληθυσμών με ανεξάρτητα δείγματα, 377
 - 8.3.3 Εκτίμηση μέσης διαφοράς με δείγματα κατά ζεύγη, 381
- 8.4 Διαστήματα Εμπιστοσύνης για Αναλογίες με Μεγάλα Δείγματα, 385

- 8.4.1 Εκτίμηση αναλογίας επιτυχιών σ' έναν πληθυσμό Bernoulli, 385
- 8.4.2 Εκτίμηση διαφοράς αναλογιών με ανεξάρτητα δείγματα, 388
- 8.5 Διαστήματα Εμπιστοσύνης για Διασπορές Κανονικών Πληθυσμών, 389
 - 8.5.1 Εκτίμηση της διασποράς και της τυπικής απόκλισης ενός πληθυσμού, 389
 - 8.5.2 Εκτίμηση του λόγου των διασπορών δύο πληθυσμών με ανεξάρτητα δείγματα, 392

Ασκήσεις, 394

Νέοι Όροι, 401

9 Έλεγχοι Υποθέσεων

403

- 9.1 Βασικά Στοιχεία Ελέγχου Υποθέσεων, 403
 - 9.1.1 Η μηδενική και η εναλλακτική υπόθεση και ο καθορισμός τους, 404
 - 9.1.2 Στατιστική συνάρτηση, κρίσιμη περιοχή, σφάλματα και επίπεδο σημαντικότητας του ελέγχου, 406
- 9.2 Έλεγχοι Υποθέσεων και Έλεγχοι Σημαντικότητας, 418
- 9.3 Χαρακτηρίζουσα Καμπύλη και Ισχύς του Ελέγχου, 422
- 9.4 Έλεγχοι για Μέσες Τιμές, 429
 - 9.4.1 Έλεγχοι της μέσης τιμής ενός πληθυσμού, 430
 - 9.4.2 Έλεγχοι της διαφοράς των μέσων τιμών δύο πληθυσμών με ανεξάρτητα δείγματα, 435
 - 9.4.3 Έλεγχοι μέσης διαφοράς με δείγματα κατά ζεύγη, 441
- 9.5 Έλεγχοι για Αναλογίες με Μεγάλα Δείγματα, 444,
 - 9.5.1 Έλεγχοι της αναλογίας επιτυχιών σ' έναν πληθυσμό Bernoulli, 444
 - 9.5.2 Έλεγχοι διαφοράς δύο αναλογιών με ανεξάρτητα δείγματα, 446
- 9.6 Έλεγχοι για Διασπορές Κανονικών Πληθυσμών, 449

9.6.1	Έλεγχοι της διασποράς και της τυπικής απόκλισης ενός πληθυσμού, 449	
9.6.2	Έλεγχοι του λόγου των διασπορών δύο πληθυσμών με ανεξάρτητα δείγματα, 451	
9.7	Σχέση μεταξύ Ελέγχων και Διαστημάτων Εμπιστοσύνης, 453	
	Ασκήσεις, 457	
	Νέοι Όροι, 468	
10	Απλή Γραμμική Παλινδρόμηση και Συσχέτιση	469
10.1	Πρότυπα Παλινδρόμησης, 470	
10.2	Το Πρότυπο της Απλής Γραμμικής Παλινδρόμησης, 473	
10.2.1	Υποθέσεις στο απλό γραμμικό πρότυπο, 474	
10.2.2	Υποθέσεις όταν X , Y έχουν διδιάστατη κατανομή, 478	
10.3	Προσαρμογή του προτύπου, 480	
10.3.1	Η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων, 480	
10.3.2	Η ακρίβεια της προσαρμογής, 485	
10.3.3	Εκτίμηση της διασποράς των σφαλμάτων, 488	
10.4	Συμπερασματολογία στο Απλό Γραμμικό Πρότυπο, 490	
10.4.1	Συμπερασματολογία για τις παραμέτρους β_0 και β_1 , 490	
10.4.2	Έλεγχος F για τη σημαντικότητα της παλινδρόμησης, 495	
10.4.3	Εκτίμηση μέσης τιμής και πρόβλεψη ιδιαίτερης τιμής της Y , 499	
10.5	Ανάλυση Συσχέτισης όταν X , Y έχουν διδιάστατη κατανομή, 506	
	Ασκήσεις, 514	
	Νέοι Όροι, 521	
11	Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση	523
11.1	Πρότυπα Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης, 523	
11.2	Προσαρμογή του Προτύπου και Ιδιότητες Εκτιμητριών Συναρτήσεων, 526	

11.3 Στατιστική Συμπερασματολογία στο Πρότυπο Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης, 529	
11.3.1 Συμπερασματολογία για παραμέτρους β_j , 529	
11.3.2 Έλεγχος για τη σημαντικότητα της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης, 534	
11.3.3 Έλεγχοι για ένα υποσύνολο παραμέτρων β_j , 535	
11.3.4 Εκτίμηση μέσης τιμής και πρόβλεψη ιδιαίτερης τιμής της Y , 545	
11.3.5 Γραφικά υπολοίπων, 548	
11.4 Ορθογώνια πολώνυμα, 549	
11.5 Κριτήρια και Μέθοδοι Επιλογής Προβλεπουσών Μεταβλητών, 555	
11.5.1 Όλες οι δυνατές εξισώσεις παλινδρόμησης, 556	
11.5.2 Μέθοδοι διαδοχικής επιλογής μεταβλητών, 565	
11.5.3 Επικύρωση του προτύπου και το στατιστικό PRESS, 574	
Ασκήσεις, 576	
Νέοι Όροι, 586	
12 Στοιχεία Θεωρίας Σφαλμάτων και Στατιστική Ανάλυση Μετρητικών Συστημάτων	587
12.1 Σφάλματα Μέτρησης και Ιδιότητες Μετρητικών Συστημάτων, 588	
12.2 Αποτίμηση Επαναληψιμότητας και Αναπαραγωγισιμότητας, 593	
12.3 Τύποι Μετάδοσης Σφαλμάτων, 598	
12.3.1 Συστηματικά σφάλματα, 599	
12.3.2 Τυχαία σφάλματα, 600	
Ασκήσεις, 606	
Νέοι Όροι, 610	
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I: Πίνακες	611
ΠI Αθροιστική συνάρτηση κατανομής, $\Phi(z) = P(Z \leq z)$, της τυπικής κανονικής κατανομής	612

Π2	Συμπληρωματικά- α -ποσοστιαία σημεία της κατανομής χ^2 ,	613
Π3	Συμπληρωματικά- α -ποσοστιαία σημεία της κατανομής t_ν ,	614
Π4	Συμπληρωματικά- α -ποσοστιαία σημεία της κατανομής F_{ν_1, ν_2} ,	615
Π5	Ορθογώνια πολυώνυμα	617
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π: Απαντήσεις ασκήσεων με περιττό αριθμό.....		619
Βιβλιογραφία		707
Ευρετήριο		713

Πρόλογος

Το βιβλίο αυτό επιδιώκει να δώσει μια εισαγωγή στη θεωρία των Πιθανοτήτων και τη μεθοδολογία της στατιστικής και τις εφαρμογές τους στους κλάδους των μηχανικών και τις θετικές επιστήμες. Με κατάλληλη επιλογή κεφαλαίων και ενοτήτων μπορεί να προσαρμοστεί για διδασκαλία ενός ή δύο εξαμηνιαίων μαθημάτων πιθανοτήτων-στατιστικής.

Ο αναγνώστης δε χρειάζεται να έχει προηγούμενες γνώσεις πιθανοτήτων ή στατιστικής, αλλά θα πρέπει να έχει τις βασικές γνώσεις του διαφορικού και ολοκληρωτικού λογισμού που αποκτώνται συνήθως σε δύο εξαμηνιαία μαθήματα. Η θεωρία παρουσιάζεται με πολλές επεξηγήσεις και χωρίς περιττές μαθηματικές λεπτομέρειες για να μπορεί ο αναγνώστης να εστιάζει την προσοχή του στην κατανόηση της ουσίας των εννοιών και των μεθόδων. Παράλληλα γίνονται αναφορές στις οποίες μπορεί να ανατρέξει ο ενδιαφερόμενος αναγνώστης για περαιτέρω μελέτη.

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην εξήγηση του ρόλου που παίζουν οι πιθανότητες στη στατιστική. Για το σκοπό αυτό αφιερώνεται το πρώτο κεφάλαιο και δίνονται πολλά παραδείγματα στα επόμενα κεφάλαια με εφαρμογές των πιθανοτήτων σε προβλήματα της στατιστικής.

Τα κεφάλαια 2-5 είναι αφιερωμένα στις Πιθανότητες και τις Κατανομές. Ακολουθεί ένα κεφάλαιο με στοιχεία περιγραφικής στατιστικής. Σ' αυτό παρουσιάζονται αριθμητικά μέτρα και γραφικές παραστάσεις που χρησιμεύουν στη διερευνητική ανάλυση δεδομένων. Στο έβδομο κεφάλαιο εισάγονται οι κατανομές t , χ^2 και F , και εξηγείται η χρήση των κατανομών αυτών και της κανονικής κατανομής στην ανάπτυξη μεθόδων της στατιστικής συμπερασματολογίας. Τα κεφάλαια 8-11 αναφέρονται στις βασικές στατιστικές μεθόδους της εκτίμησης και του ελέγχου υποθέσεων παραμέτρων και της ανάλυσης παλινδρόμησης. Το τελευταίο κεφάλαιο δίνει στοιχεία από τη θεωρία σφαλμάτων και την στατιστική ανάλυση μετρητικών συστημάτων.

Στην αρχή κάθε κεφαλαίου γίνεται μια περίληψη της ύλης των ενοτήτων του και γίνεται προσπάθεια σύνδεσής της με την ύλη προηγούμενων κεφαλαίων.

Τα παραδείγματα, καθώς και οι ασκήσεις στο τέλος κάθε κεφαλαίου, αναφέρονται σε ρεαλιστικές εφαρμογές των πιθανοτήτων και της στατιστικής σε προβλήματα από τους κλάδους των μηχανικών, αλλά και σε προβλήματα φυσικών, βιολογικών και οικονομικών επιστημών. Επίσης, στα Κεφάλαια 9, 10 και 11 δίνονται παραδείγματα στατιστικής ανάλυσης με χρήση του πακέτου Minitab.

Βελτιώσεις Β' Έκδοσης

Οι περισσότερες αλλαγές και προσθήκες σε αυτήν την έκδοση βασίζονται σε υποδείξεις και σχόλια συναδέλφων και φοιτητών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Πατρών, του Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου και τεσσάρων Πανεπιστημίων των Η.Π.Α., στα οποία δίδαξα μαθήματα Πιθανοτήτων-Στατιστικής για Μηχανικούς και φοιτητές Θετικών Επιστημών και Διοίκησης Επιχειρήσεων. Τους είμαι ιδιαίτερα ευγνώμων, γιατί η συνεισφορά τους οδήγησε σε βελτίωση και πληρέστερη παρουσίαση της ύλης. Μεταξύ άλλων στη Β' Έκδοση:

- Προστέθηκαν 100 επιπλέον ασκήσεις, οι περισσότερες των οποίων αναφέρονται σε πρακτικά προβλήματα από τους κλάδους των Μηχανικών και των Θετικών Επιστημών.
- Δίνονται περισσότερα παραδείγματα ανάλυσης παλινδρόμησης με χρήση του πακέτου Minitab.
- Δίνονται αναλυτικές απαντήσεις σε όλες τις ασκήσεις με περιττό αριθμό.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τον γιο μου Ανδρέα για τη βοήθεια που μου έδωσε στην κατασκευή των σχημάτων και σε άλλες τεχνικές λεπτομέρειες και τις Εκδόσεις Gotsis για την επιμέλεια του εξώφυλλου.