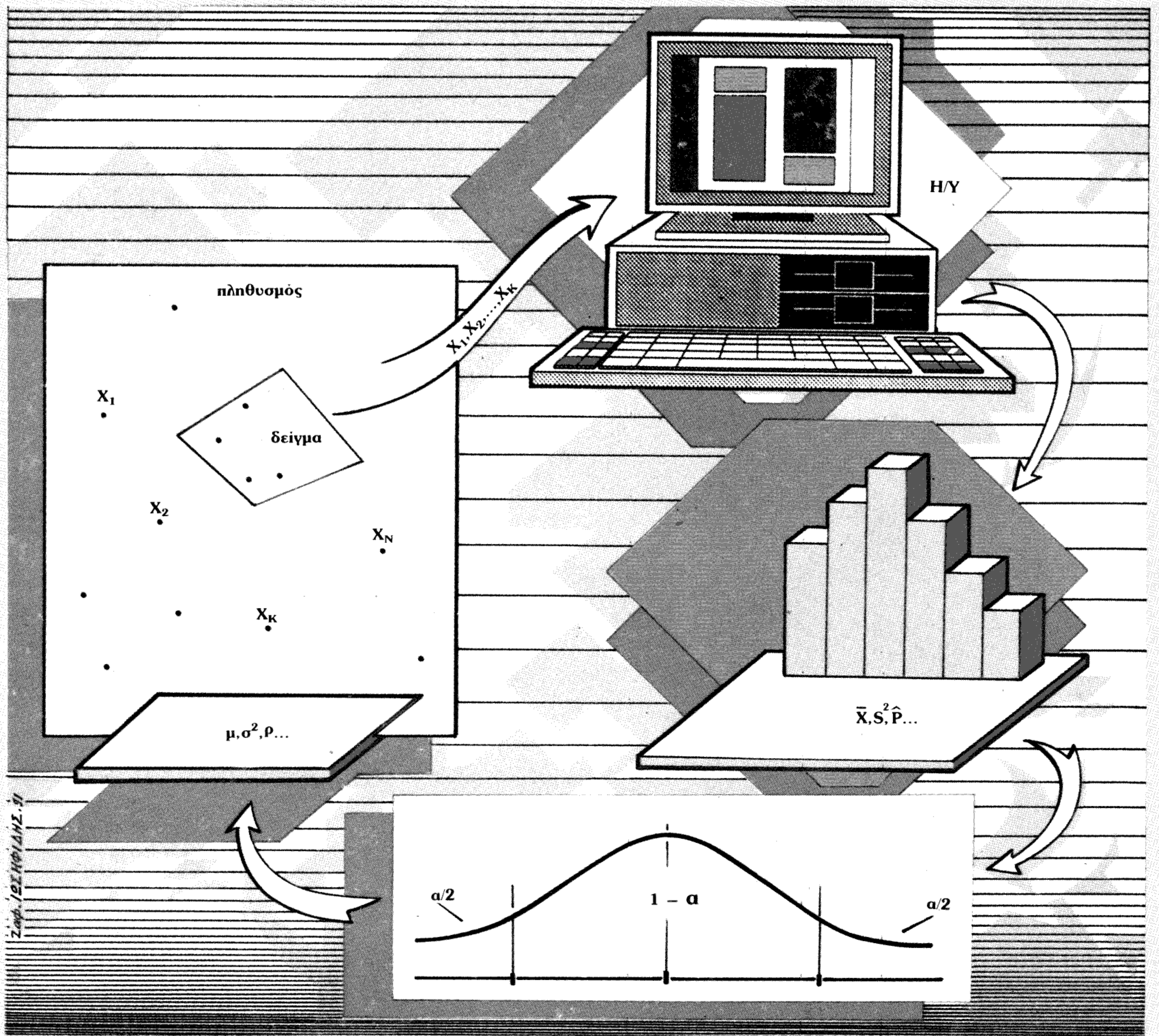


Χρήστος Παρ. Κίτσος
Στατιστικός Μ.Α., Ph.D.

Εισαγωγή στην Εφαρμοσμένη Στατιστική



- Βιομετρία • Κοινωνική Στατιστική
- Στατιστική για: – Οικονομολόγους – Μηχανικούς – Πληροφορικούς

Αθήνα 1991

**Εισαγωγή στην
Εφαρμοσμένη Στατιστική**

519.5
ΚΠ

ΔΩΡΕΑ

Τ.Ε.Ι. ΑΘΗΝΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
Αρ. εισ. 74992

Χρήστος Παρ. Κίτσος
Στατιστικός, Μ.Α., Ph.D

Εισαγωγή στην Εφαρμοσμένη Στατιστική

- Βιομετρία
- Κοινωνική Στατιστική
- Στατιστική για:
 - Οικονομολόγους
 - Μηχανικούς
 - Πειραματιστές

Αθήνα 1991

Κάθε γνήσιο αντίτυπο έχει την υπογραφή του συγγραφέα.

Έκδοση 1η (Copyright) 1991.

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ
Μυκόνου 1, 152 31 Χαλάνδρι
Τηλ. 6726417

Μακέτα εξωφύλλου: Βαγγελιώ Σουλιώτη

Φωτοστοιχειοθεσία - Σελιδοποίηση - Δημιουργία σχημάτων:
«ΦΩΤΟΠΛΕΓΜΑ»
Πανόρμου 56
Αθήνα 115 23
Τηλ. 6929507

Απαγορεύεται η καθιονδήποτε τρόπο αναπαραγωγή του παρόντος βάσει του νόμου copyright, καθώς και η χρήση ιδεών ή παραδειγμάτων άνευ εγγράφου αδείας του συγγραφέα.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα ανάπτυξη των εννοιών της Στατιστικής καταβλήθηκε προσπάθεια να επιτευχθεί με έμφαση στις εφαρμογές της Στατιστικής γι' αυτό και εκλήθη «Εφαρμοσμένη Στατιστική». Στόχος είναι να καλυφθούν βασικά πεδία μελέτης της Στατιστικής, που είναι απαραίτητα, όχι μόνο σ' ένα στατιστικό μα και στους χρήστες της στατιστικής.

- τους ιατρούς, βιολόγους κ.τ.λ.
- τους τεχνικούς (μηχανικούς, πληροφορικούς, κ.τ.λ.)
- τους ασχολούμενους με τις επιστήμες του ανθρώπου (κοινωνιολόγους, κοινωνικούς λειτουργούς, ψυχολόγους κ.τ.λ.)
- τους οικονομολόγους, επιχειρησιακούς ερευνητές κ.τ.λ.
- τους φυσικούς, χημικούς και λοιπούς πειραματιστές.

Ο χρήστης Στατιστικός χρησιμοποιεί τελευταία όλο και λιγότερο χρόνο στο να λύνει το πρόβλημα, χάρη στον Η/Υ, που κοστίζει όλο και λιγότερο και γίνεται όλο και πιο εύχρηστος. Πρέπει όμως να γνωρίζει, πως αξιοποιείται η ανάλυση, που πραγματοποιεί στην εφαρμογή που μελετά. Η διαμάχη άλλωστε, μεταξύ θεωρητικής και εφαρμοσμένης κατεύθυνσης, χρονολογείται από την εποχή του Ευκλείδη και του Αρχιμήδη. Το βιβλίο αυτό υπηρετεί την Αρχιμήδειο άποψη.

Πολλοί είναι εκείνοι, που με ενθάρρυναν να γραφεί το βιβλίο αυτό: και συνάδελφοι και φοιτητές. Τους ευχαριστώ και από τη θέση τούτη. Την κα Στέλλα Τριανταφυλλοπούλου θερμά ευχαριστώ για την έξοχη δακτυλογράφηση του δύσκολου αυτού κειμένου. Το φοιτητή κο Διονύση Ζέρβα ευχαριστώ, που διάβασε προσεκτικά τα δοκίμια και ιδιαίτερες τις ασκήσεις. Τον κο Χρήστο Κοίλια, καθηγητή του ΤΕΙ - Αθήνας, στο Τμήμα Πληροφορικής, ευχαριστώ για τα χρήσιμα σχόλια του.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλονται στην κα Α.Θ. Συνοδινού, συνεργάτιδα του Πάντειου Πανεπιστημίου, που διάβασε προσεκτικά τα δοκίμια και προέβει σε συντακτικές και άλλες διορθώσεις και είχε την επιμέλεια της έκδοσης του παρόντος, από την εποχή που υπήρχε ως σημειώσεις.

Χ.Π.Κ.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
1. Εισαγωγικές Έννοιες	1
2. Παρουσίαση Στατιστικών Δεδομένων	11
3. Μέτρα θέσεως και διασποράς	31
4. Στοιχεία Πιθανοθεωρίας	64
5. Μοντέλα Τυχαίων Φαινομένων	89
6. Εισαγωγή στη Θεωρία Σφαλμάτων	117
7. Στοιχεία Δειγματοληψίας	137
8. Στοιχεία Εκτιμητικής	161
9. Έλεγχοι Υποθέσεων	185
10. Ανάλυση Παλινδρόμησης	213
11. Πληροφορική Υποστήριξη	247
— Στατιστικοί πίνακες	269
— Αναλυτικά περιεχόμενα	283
— Βιβλιογραφία	291

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ιδιαίτερη ήταν η μέριμνα ώστε το βιβλίο αυτό να εξυπηρετήσει όσους επιθυμούν να ενημερωθούν στο πεδίο χρήσης της Στατιστικής. Βέβαια δεν αναπτύχθηκαν ιδιαίτεροι πολύπλοκοι μέθοδοι - διατηρήθηκε σ' ένα εισαγωγικό επίπεδο και αποφεύχθηκαν οι αποδείξεις των χρησιμοποιούμενων αποτελεσμάτων. Έμφαση δόθηκε στην εφαρμογή των αποτελεσμάτων αυτών, ώστε ο χρήστης να έρθει σε επαφή με την εφαρμογή. Το βιβλίο απευθύνεται σε φοιτητές ΑΕΙ και ΤΕΙ που διδάσκονται το μάθημα Στατιστική (για οποιονδήποτε κλάδο) ή Βιομετρία (για ιατρούς, νοσηλευτές κ.τ.λ.)

Όπως είναι (και θα φανεί στην ανάπτυξη) γνωστό η Στατιστική, και μάλιστα σε εισαγωγικό επίπεδο, είναι ενιαία σαν θεωρία και μόνο η χρήση της, από πεδίο σε πεδίο εφαρμογής, διαφέρει. Γι' αυτό αναπτύχθηκε Στατιστική για μηχανικούς (Engineering Statistics), Στατιστική για Οικονομολόγους (Business Statistics), Στατιστική για κοινωνικές έρευνες (Statistics for Social Studies) κ.τ.λ. Βέβαια, τις πιο πολλές, φορές ιδιαίτερες εφαρμογές έδωσαν αφορμή στην ανάπτυξη αντίστοιχης θεωρίας και αυτό φαίνεται στον Πίνακα 1.1, του κεφαλαίου 1.

Στο βιβλίο αυτό ιδιαίτερη ήταν η μέριμνα στην παράθεση παραδειγμάτων από όλους τους κλάδους, τα οποία αντιμετωπίζονται υποδειγματικά. Περιέχονται συνολικά 84 λυμένα παραδείγματα. Ιδιαίτερα, σε κάθε κεφάλαιο υπάρχει μια εκτενής παράγραφος, που αναπτύσσει το πως εφαρμόζεται η θεωρία, που παρουσιάστηκε στο (τρέχον) κεφάλαιο σε διάφορους κλάδους επιστημών, όπως σε

- Βιομετρία
- Μηχανικούς - Πληροφορικούς
- Κοινωνικές επιστήμες
- Οικονομολόγους
- Πειραματικές επιστήμες

Η πρωτοτυπία αυτή, που δεν την αντιμετωπίσαμε ούτε στη διεθνή βιβλιογραφία, θα είναι χρήσιμη στο μελετητή αφού π.χ. ο ιατρός ενδια-

φέρεται μεν για βιομετρία, αλλά όχι για μηχανικές εφαρμογές, που ενδιαφέρουν ένα μηχανικό, ο οποίος έχει άλλωστε και άλλο υπόβαθρο μαθηματικών.

Κάθε κεφάλαιο είναι εμπλουτισμένο με ασκήσεις, που αναπτύσσονται σε δύο επίπεδα.

- Ασκήσεις
- Συμπληρώσεις - Ασκήσεις

Το πρώτο επίπεδο (Ασκήσεις) καλύπτει άμεσες εφαρμογές της θεωρίας και το δεύτερο επίπεδο (Συμπληρώσεις - Ασκήσεις) καλύπτει θεωρητικές συμπληρώσεις και περαιτέρω εφαρμογή των όσων αναπτύχθηκαν. Αναφορά στις ασκήσεις γίνεται, με την παράθεση του κεφαλαίου, του είδους της άσκησης και του αριθμού της π.χ. 4A5 (4ο κεφάλαιο, 5η Άσκηση), 6ΣΑ3 (6ο κεφάλαιο, 3η Συμπλήρωση - Άσκηση).

Κάθε κεφάλαιο περιέχει ένα (τουλάχιστο) παράρτημα που αναφέρεται στη χρήση μεθόδων του κεφαλαίου με τον Η/Υ. Η γλώσσα που χρησιμοποιείται είναι η FORTRAN για εκπαιδευτικούς λόγους. Όχι μόνο επειδή διδάσκεται ευρύτατα, αλλά είναι εύκολη - και ο αδαής την αντιλαμβάνεται - από τον τρόπο, που είναι κωδικοποιημένη. Όλα τα προγράμματα είναι εύχρηστα, μα στο χρήστη συνιστάται να τα κωδικοποιήσει, αν είναι δυνατόν, και σε άλλες γλώσσες π.χ. BASIC, PASCAL.

Τέλος, και αυτό είναι μια άλλη πρωτοτυπία του βιβλίου, κάθε κεφάλαιο έχει την αγγλική ορολογία του κεφαλαίου. Η εξάπλωση των αγγλικών είναι δεδομένη σ' όλο τον κόσμο πια, και τα αγγλικά είναι το μέσο επικοινωνίας. Άλλωστε η κύρια βιβλιογραφία είναι στα αγγλικά και ο ενδιαφερόμενος αναγνώστης, αν προσπαθήσει το επι πλέον, αυτό θα είναι κυρίως στην αγγλική βιβλιογραφία, και άρα θα έχει μια γνώση της ορολογίας.

Ελπίζεται ότι το παρόν θα αποτελέσει βοήθημα χρήσιμο στον ενδιαφερόμενο χρήστη της Στατιστικής. Της Στατιστικής, που αποδείχθηκε πρόθυμη να συνδράμει όλους τους τομείς έρευνας και εφαρμογών.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

(Κατά κεφάλαιο και παράγραφο)

	Σελ.
1ο: Εισαγωγικές Έννοιες	1
1.1 Ιστορική αναδρομή	1
1.2 Πρακτικά προβλήματα σαν πηγή ανάπτυξης της στατιστικής.	3
1.3 Πεδία εφαρμογής της Στατιστικής	5
1.4 Ορισμός της Στατιστικής	5
1.5 Πρώτες έννοιες	6
Ασκήσεις	8
Παράρτημα	9
2ο: Παρουσίαση Στατιστικών Δεδομένων	11
2.1 Εισαγωγή	11
2.2 Γραφική Παράσταση Δεδομένων	16
2.3 Σχόλια	19
2.4 Εφαρμογές	
2.4.1 Βιομετρία	25
2.4.2 Κοινωνικές επιστήμες	
2.4.3 Μηχανικοί - Πληροφορικοί	
2.4.4 Οικονομικές επιστήμες	
2.4.5 Πειραματικές επιστήμες	
Ασκήσεις	26
Συμπληρώσεις - Ασκήσεις	27
Αγγλική Ορολογία	29

3ο: Μέτρα Θέσεως και Διασποράς	31
3.1 Μέτρηση πληθυσμών και δειγμάτων	31
3.2 Μέτρα θέσεως	32
3.3 Μέτρα διασποράς	37
3.4 Ομαδοποιημένα δεδομένα	40
3.5 Το ποσοστό σε δείγμα	43
3.6 Μέτρα ασυμμετρίας και κύρτωσης	44
3.7 Ροπές	48
3.8 Διάφορα άλλα μέτρα	50
3.9 Εφαρμογές	52
3.9.1 Βιομετρία	
3.9.2 Κοινωνικές επιστήμες	
3.9.3 Μηχανικοί - Πληροφορικοί	
3.9.4 Οικονομικές επιστήμες	
3.9.5 Πειραματικές επιστήμες	
Ασκήσεις	54
Συμπληρώσεις - Ασκήσεις	57
Αγγλική Ορολογία	59
Παράρτημα	60
4ο: Στοιχεία Πιθανοθεωρίας	63
4.1 Βασικές έννοιες	63
4.2 Αρχές υπολογισμού πιθανότητας	65
4.2.1 Πολλαπλασιαστική αρχή	
4.2.2 Προσθετική αρχή	
4.2.3 Μεταθέσεις - Διατάξεις	
4.2.4 Συνδυασμοί	
4.2.5 Επαναληπτικές μεταθέσεις	
4.3 Δεσμευμένη πιθανότης	69
4.4 Τυχαίες μεταβλητές	70
4.5 Εφαρμογές	76

4.5.1 Βιομετρία	
4.5.2 Κοινωνικές επιστήμες	
4.5.3 Μηχανικοί - Πληροφορικοί	
4.5.4 Οικονομικές επιστήμες	
4.5.5 Πειραματικές επιστήμες	
Ασκήσεις	81
Συμπληρώσεις - Ασκήσεις	83
Αγγλική Ορολογία	85
Παράρτημα	86
5ο: Μοντέλα Τυχαίων Φαινομένων	89
5.1 Εισαγωγή	89
5.2 Διακριτές κατανομές	90
5.2.1 Ομοιόμορφη	
5.2.2 Διωνυμική	
5.2.3 Υπεργεωμετρική	
5.2.4 Poisson	
5.3 Συνεχείς	96
5.3.1 Ομοιόμορφος	
5.3.2 Εκθετική	
5.3.3 Κανονική	
5.3.4 Τυποποιημένη κανονική	
5.4 Κεντρικό Οριακό Θεώρημα (ΚΟΘ)	105
5.5 Εφαρμογές	107
5.5.1 Βιομετρία	
5.5.2 Κοινωνικές επιστήμες	
5.5.3 Μηχανικούς - Πληροφορικούς	
5.5.4 Οικονομικές επιστήμες	
5.5.5 Πειραματικές επιστήμες	
Ασκήσεις	109
Συμπληρώσεις - Ασκήσεις	111

Αγγλική Ορολογία	113
Παράρτημα - Α	113
Παράρτημα - Β	114
60: Εισαγωγή στη Θεωρία των Σφαλμάτων	117
6.1 Εισαγωγή	117
6.2 Διασπορά του μέσου	118
6.3 Παράδειγμα Μεροληψίας	119
6.4 Ο Νόμος της διάδοσης των σφαλμάτων	121
6.5 Εύρος και διασπορά	123
6.6 Πεπερασμένος πληθυσμός	124
6.7 Αποτελεσματικότητας	128
6.8 Παρατήρηση - ορολογία	129
6.9 Εφαρμογές	129
6.9.1 Βιομετρία	
6.9.2 Κοινωνικές επιστήμες	
6.9.3 Μηχανικούς - Πληροφορικούς	
6.9.4 Οικονομικές επιστήμες	
6.9.5 Πειραματικές επιστήμες	
Ασκήσεις	132
Συμπληρώσεις - Ασκήσεις	133
Αγγλική Ορολογία	134
Παράρτημα	135
70: Στοιχεία Δειγματοληψίας	137
7.1 Εισαγωγή	137
7.2 Απογραφές	138
7.3 Δειγματοληψία	138
7.3.1 Σφάλμα δειγματοληψίας (αυτής καθ' αυτής)	
7.3.2 Μεροληψίας	
7.3.3 Εξωτερικά σφάλματα	

7.4	Γιατί δειγματοληψία και όχι απογραφή	141
7.5	Τυχαία δειγματοληψία	142
7.6	Συστηματική δειγματοληψία	144
7.7	Στρωματοποιημένη δειγματοληψία	145
	7.7.1 Αναλογικά	
	7.7.2 Λαμβανομένου υπόψη και άλλων παραμέτρων	
7.8	Σχόλια	149
7.9	Χρήση μικρών δειγμάτων	149
7.10	Εφαρμογές	153
	7.10.1 Βιομετρία	
	7.10.2 Κοινωνικές επιστήμες	
	7.10.3 Μηχανικοί - Πληροφοριστές	
	7.10.4 Οικονομικές επιστήμες	
	7.10.5 Πειραματικές επιστήμες	
	Ασκήσεις	155
	Συμπληρώσεις - Ασκήσεις	156
	Αγγλική Ορολογία	157
	Παράρτημα - Α	158
	Παράρτημα - Β	158
80:	Στοιχεία Εκτιμητικής	161
8.1	Εισαγωγή	161
8.2	Σημειακή εκτίμηση	162
	8.2.1 Εκτιμητές μεγίστης πιθανοφάνειας	
	8.2.2 Παρατήρηση	
8.3	Διαστήματα εμπιστοσύνης για μέσους	164
8.4	Διαστήματα εμπιστοσύνης για ποσοστά	170
8.5	Διαστήματα εμπιστοσύνης για διασπορά	172
8.6	Μέγεθος δείγματος	173
8.7	Εφαρμογές	174
	8.7.1 Βιομετρία	
	8.7.2 Κοινωνικές επιστήμες	

8.7.3 Μηχανικοί - Πληροφοριστές	
8.7.4 Οικονομία	
8.7.5 Πειραματικές επιστήμες	
Ασκήσεις	177
Συμπληρώσεις - Ασκήσεις	180
Αγγλική Ορολογία	181
Παράρτημα - Α	182
Παράρτημα - Β	182
9ο: Έλεγχοι Υποθέσεων	185
9.1 Εισαγωγή	185
9.2 Σφάλματα τύπου I και II	186
9.3 Γενική θεώρηση του ελέγχου υποθέσεων	191
9.4 Στατιστικοί έλεγχοι για μέσους	192
9.5 Στατιστικοί έλεγχοι για ποσοστά	197
9.6 Στατιστικοί έλεγχοι για την διασπορά	199
9.7 Στατιστικοί έλεγχοι ποιοτικών χαρακτηριστικών	202
9.7.1 Έλεγχος προσαρμογής	
9.7.2 Έλεγχος ανεξαρτησίας	
9.7.3 Έλεγχος ομοιογένειας	
9.8 Εφαρμογές	207
9.8.1 Βιομετρία	
9.8.2 Κοινωνικές επιστήμες	
9.8.3 Μηχανικοί - Πληροφοριστές	
9.8.4 Οικονομία	
9.8.5 Πειραματικές επιστήμες	
Ασκήσεις	209
Συμπληρώσεις - Ασκήσεις	211
Αγγλική Ορολογία	212
Παράρτημα	212

10ο: Ανάλυση Παλινδρόμησης	213
10.1 Εισαγωγή	213
10.2 Γραμμική παλινδρόμηση	214
10.3 Προσαρμογή δευτεροβάθμιας καμπύλης	221
10.4 Διαστήματα εμπιστοσύνης	222
10.5 Έλεγχοι υποθέσεως	226
10.6 Το γενικό γραμμικό μοντέλο	227
10.7 Συσχέτιση	232
10.8 Εφαρμογές	234
10.8.1 Βιομετρία	
10.8.2 Κοινωνικές επιστήμες	
10.8.3 Μηχανικούς - Πληροφορικούς	
10.8.4 Οικονομία	
10.8.5 Πειραματικές επιστήμες	
Ασκήσεις	239
Συμπληρώσεις - Ασκήσεις	241
Αγγλική Ορολογία	242
Παράρτημα	243
11ο: Πληροφορική Υποστήριξη	247
11.1 Εισαγωγή	247
11.2 Μέθοδοι μηχανογράφησης	248
11.3 Βασικές εντολές MINITAB	249
11.3.0 Γενικές πληροφορίες	
11.3.1 Εισαγωγή - Αριθμών	
11.3.2 Εκτύπωση	
11.3.3 Διαγράμματα	
11.3.4 Τυχαίοι αριθμοί	
11.3.5 Αριθμητικές πράξεις	
11.3.6 Συναρτήσεις	
11.3.7 Ενέργειες σε στήλες	
11.3.8 Στατιστική σε μια στήλη στοιχείων	

11.3.9 Παλινδρόμηση

11.3.10 Διάφορες στατιστικές

11.3.11 Πίνακες

11.3.12 Επιμέρους εντολές

Παράρτημα

A. Ανάλυση διακυμάνσεως 256

B. Δείκτες 261

Ασκήσεις 264

Συμπληρώσεις - Ασκήσεις 264

Αγγλική Ορολογία 265

Επίλογος 267

Παράρτημα: Στατιστικοί Πίνακες 269

Βιβλιογραφία 291

Το βιβλίο αυτό, βασικό εγχειρίδιο θεμάτων Στατιστικής, συνδυάζει τη θεωρία με την εφαρμογή. Δίνει έμφαση στην εφαρμογή και κάθε κεφάλαιο, εκτός από πλήθος λυμένων παραδειγμάτων που περιέχει έχει σε παράρτημα υποδείγματα προγραμμάτων για τον Η/Υ. Οι εφαρμογές καταμερίζονται για θέματα που αφορούν.

- Βιολογία (ιατρούς, νοσηλευτές, φαρμακοποιούς, κτλ.)
- Κοινωνικές επιστήμες (κοινωνιολόγους, κοινωνικούς λειτουργούς)
- Μηχανική - πληροφορική (μηχανολόγους, πολιτικούς, πληροφορικούς κτλ.)
- Οικονομικές επιστήμες (οικονομολόγους, marketing κτλ.)
- Πειραματικές επιστήμες (χημικούς, φυσικούς, βιολόγους κτλ.)

Ο χρήστης της Στατιστικής έχει την επιλογή να ασχοληθεί με τις εφαρμογές που τον απασχολούν και να γίνει κοινωνός του πώς εφαρμόζεται η Στατιστική, το δεξί αυτό χέρι των εφαρμοσμένων επιστημών, σ' όλους τους κλάδους.