

Πρόγραμμα Σπουδών Επιλογής

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΓΙΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ
ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΜΕΣΩ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ.
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΞΕΤΑΣΗΣ**

Application of the methods of medical statistics for statistical analysis and statistical conclusions of marks of the students by means of electronic examination.

A comparison of conventional and electronic systems of examination

Πτυχιακή Εργασία

του

Παπαχατζάκη Ιωάννη

Φυσικού

Ηράκλειο 2004

**Αφιερώνεται
στη μητέρα μου Ελένη**

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

Δρ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΑΛΕΓΚΑΚΗΣ

ΤΑ ΜΕΛΗ

ΔΡ ΛΕΩΝΙΔΑΣ ΝΑΟΥΜΙΔΗΣ:

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΤΕΙ

ΔΡ ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ: ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΤΕΙ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	4
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	7
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	9
ABSTRACT	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	13
1.1. ΤΡΟΠΟΙ ΕΞΕΤΑΣΗΣ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ	14
1.2. «ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΙ» ΤΡΟΠΟΙ ΕΞΕΤΑΣΗΣ.....	14
1.2.1. Μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα «συμβατικών» εξετάσεων.....	15
1.2.2. Μέθοδοι μετριάσμου των μειονεκτημάτων της προφορικής εξέτασης.	16
1.3. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΤΡΟΠΟΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ.....	17
1.4. Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ	20
1.4.1. Εποπτικά μέσα διδασκαλίας.....	20
1.4.2. Επίδειξη και προσομοίωση	21
1.4.3. Εργαστηριακή χρήση	22
1.4.4. Διδασκαλία	26
Συμπεράσματα.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	29
2.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ	30
2.1.1. Οργάνωση και γραφική παράσταση στατιστικών δεδομένων	30
2.1.2. Γενικά.....	30
2.1.3. Παρουσίαση ποιοτικών δεδομένων.....	31
2.1.4. Παρουσίαση ποσοτικών δεδομένων.....	31
2.2. ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΜΕΤΡΑ.....	35
2.2.1. Μέτρα κεντρικής τάσης ή θέσης.....	35
2.2.2. Μέτρα διασποράς	37
2.2.3. Θηκόγραμμα.....	40
2.2.4. Μέτρα σχετικής μεταβλητότητας.....	41
2.2.4.1. Μέτρα κύρτωσης.....	42
2.2.4.2. Μέτρα ασυμμετρίας	42
2.3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑ.....	45
2.3.1. Έλεγχος του Lord	45
2.3.2. Έλεγχος κανονικότητας των Shapiro-Wilk.....	45
2.3.3. Τεστ των Wilcoxon-Mann-Whitney	46
2.3.4. Έλεγχος Friedman	49
2.3.5. t-τεστ ανεξαρτήτων δειγμάτων.	50
2.3.6. t-τεστ μη ανεξάρτητων δειγμάτων.	51
2.3.7. Έλεγχος-F.....	53
2.3.8. Ο συντελεστής συσχέτισης του πληθυσμού.	54
2.3.9. Δειγματικός συντελεστής συσχέτισης του Pearson	56
2.3.10. Συντελεστής συσχέτισης του Spearman	58
2.3.11. Έλεγχος του Levene	59
2.3.12. Έλεγχος Kolmogorof-Smirnof δύο δειγμάτων	61
2.3.13. Το κριτήριο Kolmogorof-Smirnov	62
2.3.14. Ο έλεγχος του Wilcoxon για συσχετιζόμενα δείγματα	63
2.3.15. Ο προσημικός έλεγχος	65

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	68
3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	69
3.2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΣΙΟ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	69
3.3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	70
3.3.1. Δείγμα.....	70
3.3.2. Μέθοδος ηλεκτρονικής εξέτασης κατά το έτος 2001.....	70
3.3.3. Μέθοδος συμβατικής εξέτασης κατά το έτος 2001.....	70
3.3.4. Μέθοδος ηλεκτρονικής εξέτασης κατά το έτος 2003.....	71
3.3.5. Μέθοδος συμβατικής εξέτασης κατά το έτος 2003.....	71
3.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΤΟΥΣ 2001 (ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ).....	72
3.4.1. Συμμετοχή δομικών στην εξέταση (εαρινό εξάμηνο 2001).....	72
3.4.2. Συμμετοχή μηχανολόγων στην εξέταση.....	73
3.4.3. Περιγραφικά στατιστικά βαθμολογίας.....	73
3.4.4. Έλεγχοι κανονικότητας βαθμολογίας.....	83
3.4.5. Έλεγχοι διαφορών εξεταστικής περιόδου 2001.....	84
3.4.6. Συσχετίσεις.....	85
3.5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑ ΦΥΛΟ (ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ 2001).....	86
3.5.1. Περιγραφικά στατιστικά.....	86
3.5.2. Έλεγχοι κανονικότητας.....	88
3.5.3. Έλεγχος διαφορών.....	89
3.6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΟΔΟΥ ΚΑΙ Α' ΕΞΕΤΑΣΗΣ (εαρινό εξάμηνο 2001).....	92
3.6.1. Περιγραφικά στατιστικά.....	92
3.6.2. Έλεγχοι κανονικότητας (εαρινό εξάμηνο 2001).....	93
3.7. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΟΔΟΥ ΚΑΙ Β' ΕΞΕΤΑΣΗΣ (εαρινό εξάμηνο 2001).....	96
3.7.1. Περιγραφικά στατιστικά.....	96
3.7.2. Έλεγχοι κανονικότητας.....	97
3.7.3. Έλεγχοι διαφορών.....	98
3.8. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ.....	99
3.8.1. Πρόοδοι-Α' εξετάσεις.....	99
3.8.2. Πρόοδοι-Β' εξετάσεις.....	101
3.8.3. Έλεγχοι διαφορών συνόλου αποτελεσμάτων (εαρινό εξάμηνο 2001).....	103
3.9. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΤΟΥΣ 2003.....	106
3.9.1. Συμμετοχή δομικών στην εξέταση (χειμερινό εξάμηνο 2003).....	106
3.9.2. Συμμετοχή μηχανολόγων στην εξέταση (χειμερινό εξάμηνο 2003).....	106
3.10. ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑΣ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΩΝ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΤΡΕΙΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ.....	106
3.10.1. Περιγραφικά στατιστικά βαθμολογίας.....	106
3.10.2. Έλεγχοι κανονικότητας.....	112
3.10.3. Έλεγχοι διαφορών (εαρινό εξάμηνο 2003).....	113
3.10.4. Συσχετίσεις (χειμερινό εξάμηνο 2003).....	115
3.11. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑ ΦΥΛΟ (χειμερινό εξάμηνο 2003).....	115
3.11.1. Περιγραφικά Στατιστικά.....	115
3.11.2. Έλεγχοι κανονικότητας.....	117
3.11.3. Έλεγχος διαφορών.....	118
3.12. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΟΔΟΥ ΚΑΙ Α' ΕΞΕΤΑΣΗΣ (χειμερινό εξάμηνο 2003).....	121
3.12.1. Περιγραφικά στατιστικά (εαρινό εξάμηνο 2003).....	121
3.12.2. Έλεγχοι κανονικότητας.....	122
3.12.3. Έλεγχος διαφορών.....	123
3.12.4. Συσχετίσεις.....	124

3.13.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ 2003.....	124
3.13.1.	Έλεγχοι κανονικότητας.....	124
3.13.2.	Έλεγχος διακυμάνσεων.....	125
3.13.3	Έλεγχοι διαφορών.....	126
3.13.4.	Έλεγχος διαφορών συνολικού αριθμού επιδόσεων.....	128
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....		132
4.1.	ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	133
4.2.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ -ΣΧΟΛΙΑ.....	138
4.3.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	140
4.4.	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	141
4.5.	ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	144
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	147
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. Πίνακας Εικόνων –Πινάκων.....	151
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.	156

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Για την ερευνητική εργασία του Τμήματος Φυσικής του Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης πάνω στη χρήση του Η/Υ στις εξετάσεις της Φυσικής, άκουσα πρώτη φορά από την τότε σπουδάστρια του Τμήματος Μηχανολογίας, Κετσετζή Αντωνία, η οποία μαζί με τους Θεόδωρο Λυκογιαννάκη, Στυλιανό Φραντζεσκάκη, Γεώργιο Τζαγκαράκη, και Κωνσταντίνο Δαμιανό, πήγαν από 1-4 Νοεμβρίου 2001 στη Χίο, και παρουσίασαν το 1^ο μέρος της εργασίας στο 7^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικής. Η Α. Κετσετζή με προσκάλεσε και παρακολούθησα την παρουσίαση της εργασίας που είχε γίνει αρχές του 2002 στο Εργαστήριο Φυσικής του Α.Τ.Ε.Ι.

Η πτυχιακή μου είναι το δεύτερο μέρος αυτής της ερευνητικής εργασίας. Αναλύει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης Η/Υ στη διδασκαλία και στην εξέταση της Φυσικής, και τα κίνητρα για να πάρω την παρούσα πτυχιακή ήταν τα εξής:

- α) Το θέμα της πτυχιακής είναι ένα σύγχρονο θεωρητικό θέμα.
- β) Τα τεστ που χρησιμοποιούνται μπορούν χρησιμοποιούνται και για την ανάλυση ιατρικών δεδομένων.
- γ) Αυτή η πτυχιακή μου έδωσε την ευκαιρία να ξαναθυμηθώ τη Στατιστική, τα Παιδαγωγικά, και τη Μεθοδολογία Διδασκαλίας της Φυσικής, που είχα διδαχθεί στο Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- δ) Ήθελα να βοηθήσω να επανέλθει η κυρίως συζήτηση στην επιστήμη, γενικότερα, και στη Φυσική, ειδικότερα.

Θέλω να σταθώ, εδώ, στο εξής σημείο: Οι εργασίες στα μαθήματα -μια συχνότατη μέθοδος εξέτασης- συνήθως παραμένει όχι στην ουσία αλλά στην εμφάνιση. Με το παραπάνω εννοώ σύντομες παρουσιάσεις, (15-20min), με πολύ εποπτικό υλικό, (εικόνες), με αποτέλεσμα στις περισσότερες περιπτώσεις να χάνεται η ουσία και η πληρότητα του θέματος, αφού 10-15 διαφάνειες κειμένου προφανέστατα δεν επαρκούν για την πλήρη παρουσίαση θέματος από οποιοδήποτε μάθημα. Οι σπουδαστές, για να ανταποκριθούν σ' αυτές τις εργασίες αρκούνται να ψάχνουν μόνο στο διαδίκτυο, σε σελίδες με εικόνες, αλλά εισαγωγικό και επιφανειακό κείμενο, το οποίο μπορεί να έχει μπει στο διαδίκτυο από τον οποιοδήποτε. Αυτός ο τρόπος εργασίας, όμως, δεν βοηθάει στη μάθηση οποιουδήποτε μαθήματος.

Κλείνοντας, θα ήθελα να ευχαριστήσω:

Τον επιβλέποντα της πτυχιακής, Δρ. Αθανάσιο Αλεγκάκη, για τις οδηγίες που μου έδωσε για το πώς πρέπει να οργανώνεται μια στατιστική μελέτη, για τις συζητήσεις που κάναμε πάνω σε στατιστικά θέματα, για τις συμβουλές του σχετικά με τη δομή της πτυχιακής, και για τη βοήθεια του στη μορφοποίηση του κειμένου και σε άλλα, σχετικά με τη πτυχιακή, θέματα.

Τον Καθηγητή κο Λεωνίδα Ναουμίδα, ο οποίος μου πρότεινε το θέμα αυτής της πτυχιακής, και ο οποίος ευγενικά μου παραχώρησε τα δεδομένα που χρησιμοποίησα για τη μελέτη, για τις συζητήσεις που κάναμε και το χρόνο που διέθεσε για τη πτυχιακή μου.

Τη φίλη στατιστικό κ. Νεκταρία Ανωγειανάκη, για τις συζητήσεις που κάναμε σε πολλά στατιστικά θέματα, για τη βοήθεια της στη χρήση του στατιστικού προγράμματος S.P.S.S., για την τεχνική βοήθεια σε συγκεκριμένα σημεία της εργασίας, και για το χρόνο που διέθεσε για να συζητήσουμε γενικότερα τη πτυχιακή μου.

Τον Αναπληρωτή Καθηγητή της Στατιστικής στο Μαθηματικό Τμήμα του Πανεπιστημίου Αθηνών, κ. Χαράλαμπο Δαμιανού, για μια συζήτηση που κάναμε πάνω στο στατιστικό έλεγχο Mann-Whitney, τα βιβλία του οποίου αποτέλεσαν πολύτιμη πηγή γνώσεων για μένα.

Την κ. Δέσποινα Παχούμη η οποία μου έδωσε ένα άρθρο σχετικό με τη πτυχιακή μου.

Την κ. Κυριακή Τασέλη για τη τεχνική βοήθεια που μου έδωσε σε θέματα της Πτυχιακής μου. Όλους όσους ενδιαφέρθηκαν για την πορεία αυτής της εργασίας με τον οποιονδήποτε τρόπο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός αυτής της πτυχιακής είναι η μελέτη της καταλληλότητας και επάρκειας του ηλεκτρονικού τρόπου εξέτασης στη Φυσική.

Για τη μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκαν στατιστικοί έλεγχοι οι οποίοι χρησιμοποιούνται και για τη μελέτη ιατρικών δεδομένων. Η πτυχιακή χωρίζεται σε τέσσερα κεφάλαια.

Το πρώτο κεφάλαιο αποτελείται από δύο ενότητες. Στην πρώτη ενότητα περιγράφονται οι διάφοροι τρόποι εξέτασης στη Φυσική. Παρουσιάζονται συνοπτικά η προφορική και η γραπτή εξέταση στη Φυσική, και αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους. Στο τέλος εισάγεται η έννοια του ηλεκτρονικού τρόπου εξέτασης. Στη δεύτερη ενότητα παρουσιάζεται η χρήση του Η/Υ στη διδασκαλία της Φυσικής. Παρουσιάζεται η χρήση του Η/Υ: α) στο εργαστήριο β) για επίδειξη γ) για προσομοίωση δ) για προσφορά νέου υλικού στο σπουδαστή με στόχο την εξατομίκευση της διδασκαλίας ε) για τη λύση προβλημάτων και ασκήσεων από το σπουδαστή στ) για συλλογή μαθησιακού υλικού από το διαδίκτυο ζ) για τη λεγόμενη μάθηση εξ' αποστάσεως.

Το δεύτερο κεφάλαιο αποτελείται από δύο ενότητες. Στην πρώτη ενότητα παρουσιάζονται οι γραφικοί τρόποι παρουσίασης στατιστικών δεδομένων (ιστογράμματα, φυλλογράμματα, θηκογράμματα, κ.λ.π.), και γίνεται μια σχετικά πλήρης αναφορά στα μέτρα κεντρικής τάσης ή θέσης, (μέσος, εύρος, διάμεσος, κορυφή κ.λ.π.), στα μέτρα διασποράς, (διακύμανση, τυπική απόκλιση κ.λ.π.), στα μέτρα σχετικής μεταβλητότητας (συντελεστής μεταβλητότητας, συντελεστής Gini), και στα μέτρα ασυμμετρίας και κύρτωσης (συντελεστές ασυμμετρίας και κύρτωσης). Στη δεύτερη ενότητα παρουσιάζονται ακριβώς εκείνοι οι στατιστικοί έλεγχοι που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση η οποία ακολουθεί στο επόμενο κεφάλαιο (έλεγχος του Lord, t- τεστ συσχετισμένων δειγμάτων, t-τεστ ανεξαρτήτων δειγμάτων, προσημικός έλεγχος, κ.λ.π.).

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στην οποία παρουσιάζονται το θεωρητικό πλαίσιο και ο σκοπός της μελέτης, ο τρόπος επιλογής των δειγμάτων, τα στατιστικά προγράμματα, (Excel 2000 για Windows, Statistical Package for Social Sciences (S.P.S.S.) version 12.0, Toolbook II), και οι στατιστικές έρευνες που χρησιμοποιούνται στην Ανάλυση η οποία ακολουθεί. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η Ανάλυση των ετών 2001 και 2003, με πρώτη αυτήν του 2001.

Τα δεδομένα κάθε έτους εξετάζονται κατ' αρχήν ζευγαρωτά, ανά Τμήμα και ανά φύλο, ενώ συγκρίνονται οι επιδόσεις των σπουδαστών και των δύο Τμημάτων μεταξύ τους. Τα δεδομένα παριστάνονται γραφικά με ιστογράμματα, θηκογράμματα και φυλλογράμματα,

υπολογίζονται τέσσερεις M-εκτιμήτριες κεντρικής τάσης των δεδομένων, και τα βασικά περιγραφικά στατιστικά, (μέσος, τυπική απόκλιση, διάμεσος, εύρος, κύρτωση, ασυμμετρία). Υπολογίζονται οι συντελεστές συσχέτισης Pearson και Spearman. Για τον έλεγχο κανονικότητας χρησιμοποιούνται το τεστ Kolmogorov-Smirnov με τη διόρθωση σημαντικότητας κατά Lilliefors και το τεστ Shapiro-Wilk. Ο έλεγχος της ισότητας των διακυμάνσεων ανεξαρτήτων δειγμάτων γίνεται με το F-τεστ και το τεστ του Levene, ενώ οι διαφορές ελέγχονται με το τεστ εύρους του Lord, το t-τεστ συσχετισμένων δειγμάτων, το t-τεστ ανεξαρτήτων δειγμάτων, το προσημικό τεστ, το τεστ του Wilcoxon για συσχετιζόμενα δείγματα, το τεστ των Wilcoxon-Mann-Whitney, και το τεστ Kolmogorov-Smirnov δύο δειγμάτων. Για τη σύγκριση και των τριών εξεταστικών χρησιμοποιείται ο έλεγχος Friedman

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται η συζήτηση πάνω στ'αποτελέσματα της στατιστική ανάλυσης. Τα συμπεράσματα που εξάγονται είναι τα εξής: → Τα ποσοστά συμμετοχής των σπουδαστών σε όλες τις εξετάσεις που ερευνήθηκαν, με την εξαίρεση της προόδου των Δομικών το καλοκαίρι του 2001 κυμάνθηκαν σε μικρά έως μη ικανοποιητικά επίπεδα. → Σε όλες τις εξετάσεις της μελέτης, τα ποσοστά των συμμετεχόντων σπουδαστών που έγραψαν βαθμό /5 κυμάνθηκαν σε πολύ μικρά έως μη ικανοποιητικά επίπεδα. → Στις προόδους Δομικών και Μηχανολόγων του έτους 2003, λόγω της προαιρετικότητας της συμμετοχής, υπήρξαν τα μικρότερα ποσοστά συμμετοχής των σπουδαστών και τα μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας των συμμετεχόντων σπουδαστών. → Ο ηλεκτρονικός τρόπος εξέτασης υπερέρχει του συμβατικού τρόπου εξέτασης τόσο κατά το έτος 2001 όσο και κατά το έτος 2003. → Οι σπουδαστές και των δύο Τμημάτων έχουν σοβαρό πρόβλημα λύσης ασκήσεων Φυσικής. Το μέγεθος της υπεροχής του ηλεκτρονικού τρόπου εξέτασης κατά το έτος 2003 οφείλεται κατά σημαντικό ποσοστό και σ'αυτό.

Στη συνέχεια γίνονται προτάσεις, στις οποίες ο ηλεκτρονικός τρόπος εξέτασης τοποθετείται σ' ένα συνολικό εξεταστικό σύστημα, και τέλος, αναλύεται η περαιτέρω δυνατότητα έρευνας στο συγκεκριμένο αντικείμενο, (ερωτηματολόγια, χρήση μεθόδων πολυμεταβλητής ανάλυσης, κ.λ.π.).

ABSTRACT

The aim of this undergraduate dissertation is the study of suitability and adequacy of the electronic examination in Physics.

The statistical tests who used for this study, are also used for the study of medical data. The dissertation is divided into four charters.

The first charter is consistent of two sections. In the first section are described the various examination methods in Physics. The oral and the written examination in Physics are discussed briefly, and mention their advantages and disadvantages. The meaning of the electronic examination is introduced in the end of this section. The use of P/C in the teaching of Physics is discussed in the second section. It is discussed the use of P/C: a) in Laboratory b) for demonstration c) for stimulation d) for offer of new material to the student with aim the individualization of teaching e) for problem solving from the student f) for collection of new material from internet g) for the so called, distance learning.

The second charter is consist of two sections. In the first section are presented the graphical presentation's ways of statistical data (histograms, stem-leaf plots, box plots, etc.), and comes into existense a relatively complete mention in the central tendency measures (mean, median, mode), in the measures of variance, (range, variance, standard deviation, etc.), in the relative variation measures (coefficient of variation, Gini coefficient etc.), in the skewness measures and in the kyrtnosis measures, (skewness coefficients, kyrtnosis coefficients). In the second section are presented exactly that statistical tests which are used in the analysis which follows in the next charter (Lord test, dependent samples t-test, independend samples t-test, etc.).

In the third charter comes into existence an introduction in which are presented the theoretical limits and the aim of the study, the sampling method, the statistical programs, (Excel 2000 for Windows, Statistical Package for Social Sciences (S.P.S.S.) version 12.0, Toolbook II), and the statistical meanings which are used in the analysis which follows. In the following is presented the analysis of the years 2001 and 2003, with first that of 2003.

The data of each year are examined at first pairly, per department and per sex, while the marks of the students are compared among both departments. The data represented grafically in histograms, box plots and stem-leaf plots, four M-estimators and the basic descriptive statistics, (mean, standard deviation, median, range, kyrtnosis, skewness), are also calculated. Pearson and Spearman correlation coefficients are calculated too. Kolmogorov-Smirnov with Lilliefors significance correction and Shapiro-Wilk normality tests are used for testing the data. The independent samples test of equality of variances comes into existence with F-test and Levene

test, while the differences are tested with Lord test, dependent samples t-test, independent samples t-test, sign test, Wilcoxon test, Wilcoxon-Mann-Whitney test, two samples Kolmogorov-Smirnov test. The test of Friedmann is used for the comparison of the three examinations.

In the forth charter comes into existence the discussion of the results of the statistical analysis. The conclusions from the discussion are →the participation percentage of the students in all the examinations which are searched, with the exception of the proodos of Domikon the summer of 2001 were fluctuated at small till not satisfactory levels →in all examination of this study, the percentages of the students who took part in who whrote mark/5 fluctuated at very small till not satisfactory levels →in Domicon and Mihanologon proodos of 2003, because of the free will choise of the participations there were the smaller participation percentages and the bigger success percentages of the students who took part in →the electronic examination has better results in comparison with the conventional examinations in 2001 and 2003 year →the students of both Departments have serious problem of problem solving in Physics. The size of superiority of electronic examination of 2003, is caused in significant part in this, too.

In succession come into existence proposals in which the electronic examination is placed in a whole examination system and finally is analysed the further possibility of reasearch in this specific object (questionnaires, use of multivariable analysis methd etc.).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1. ΤΡΟΠΟΙ ΕΞΕΤΑΣΗΣ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ

Οι εξετάσεις Φυσικής στην Τριτοβάθμια Εκπαίδευση, χωρίζονται: α) σε εξετάσεις που γίνονται στα πλαίσια μιας συνεχούς αξιολόγησης των σπουδαστών σε ολόκληρο το εκπαιδευτικό εξάμηνο, και β) σε εξετάσεις που γίνονται στο τέλος του εκπαιδευτικού εξαμήνου.

Οι εξεταστικές δοκιμασίες των σπουδαστών μπορούν να πραγματοποιηθούν προφορικά, γραπτά και μέσω υπολογιστή. Ο τελευταίος τρόπος είναι ο πλέον πρόσφατος

1.2 «ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΙ» ΤΡΟΠΟΙ ΕΞΕΤΑΣΗΣ

Η προφορική εξέταση, όταν χρησιμοποιείται σαν προαγωγική εξέταση αποσκοπεί στον έλεγχο των γνώσεων των σπουδαστών, ενώ όταν χρησιμοποιείται στα πλαίσια της συνεχούς αξιολόγησης, εκτός από τον έλεγχο των γνώσεων αποσκοπεί και στον έλεγχο:

- 1) του ενδιαφέροντος του σπουδαστή για το μάθημα ή το εργαστήριο, και της ανταπόκρισης του στις υποχρεώσεις που προκύπτουν από τη συμμετοχή του σ' αυτό.
- 2) της επιχειρηματολογίας του σπουδαστή όταν υποστηρίζει μια ορισμένη θέση αναφερόμενος σε κάποιο φυσικό θέμα.
- 3) της ικανότητας του σπουδαστή στην αντιμετώπιση αντεπιχειρημάτων που πιθανόν να κλονίζουν τα επιχειρήματα του.
- 4) της δυνατότητας συμμετοχής του σ' ένα διάλογο με τους άλλους σπουδαστές, και κατ' επέκταση, (στον έλεγχο), της ποιότητας αλληλεπίδρασης με τους συναδέλφους του, δεδομένου ότι και από αυτό εξαρτάται το πόσο καλά μαθαίνει φυσική ο σπουδαστής.

Η γραπτή εξέταση αποσκοπεί στον έλεγχο:

- 1) των γνώσεων των σπουδαστών και της κατανόησης της σχετικής ύλης που διδάχθηκε.
- 2) της ικανότητας ανάλυσης και σύνθεσης του σπουδαστή.
- 3) του ενδιαφέροντος του σπουδαστή για το μάθημα ή το εργαστήριο, και της ανταπόκρισης του στις υποχρεώσεις που προκύπτουν από τη συμμετοχή του σ' αυτό, όταν γίνεται στα πλαίσια της συνεχούς αξιολόγησης των σπουδαστών.

Η γραπτή εξέταση μπορεί να γίνει: α) με ερωτήσεις ανάπτυξης β) με ασκήσεις (στις οποίες μπορεί να περιλαμβάνονται και αποδείξεις συγκεκριμένων σημείων της θεωρίας) γ) με ερωτήσεις αντικειμενικού τύπου (ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, ερωτήσεις του τύπου σωστό-λάθος) δ) με συνδιασμό των παραπάνω τρόπων

1.2.1. Μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα «συμβατικών» εξετάσεων

Ο έλεγχος γνώσεων με προφορική εξέταση επιτρέπει εξ' αντικειμένου τον έλεγχο μικρού μέρους μόνο των γνώσεων των σπουδαστών, και επιπλέον προάγει την απομνημόνευση σε μεγάλο βαθμό, πράγμα που τελικά δεν είναι καλό για την ίδια τη μάθηση. Η μη γόνιμη απομνημόνευση προάγεται και με τη γραπτή εξέταση, όταν αυτή αποτελείται αποκλειστικά από ερωτήσεις ανάπτυξης.

Άλλα μειονεκτήματα της προφορικής και γραπτής εξέτασης είναι (13, 16, 19):

- 1) στις προφορικές αλλά και στις γραπτές εξετάσεις η αντικειμενικότητα της βαθμολογίας επηρεάζεται:
 - α) από τη μη συνειδητή συμπάθεια ή αντιπάθεια του καθηγητή προς το σπουδαστή του και αντίστροφα
 - β) από το φύλο του σπουδαστή, και
 - γ) από τη συμπεριφορά του σπουδαστή
- 2) διαφορετικοί καθηγητές δίνουν διαφορετικές βαθμολογίες για το ίδιο γραπτό ή θα βαθμολογούσαν διαφορετικά μια προφορική εξέταση
- 3) υπάρχει διακύμανση της βαθμολογίας ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του διδάσκοντα όπως:
 - α) το φύλο
 - β) την οικογενειακή κατάσταση
 - γ) τη συναισθηματική κατάσταση
 - δ) την κόπωση
- 4) το πρόβλημα της αντιγραφής στις γραπτές εξετάσεις.
- 5) μια κακή βαθμολογία του σπουδαστή σ' ένα εξάμηνο, συνήθως τον συνοδεύει στο αντίστοιχο μάθημα φυσικής και στο επόμενο εξάμηνο
- 6) πολλοί καθηγητές επειδή δεν είναι σίγουροι ότι βαθμολογούν σωστά, αποφεύγουν να χρησιμοποιούν τους μικρότερους ή τους μεγαλύτερους βαθμούς. Αυτό στη βιβλιογραφία αναφέρεται με τον όρο "πλάνη κεντρικής τάσης". Η πλάνη κεντρικής τάσης ευνοεί τους πολύ κακούς σπουδαστές, αδικεί όμως τους πολύ καλούς και άριστους.

Τα πλεονεκτήματα του παραδοσιακού συστήματος εξετάσεων (έτσι θα μπορούσε να ονομαστεί η προφορική και η γραπτή εξέταση), είναι:

α) ότι ακόμα και με τις αδικίες του ή την υποκειμενικότητα του προετοιμάζει τους σπουδαστές για τη ζωή, όπου επικρατούν πολύ δυσκολότερες συνθήκες, και χρειάζεται εργασία, ρεαλιστικότητα και αγώνα.

β) ότι επιτρέπει στον καθηγητή να αξιολογήσει εκτός από τις γνώσεις του σπουδαστή, την κρίση του και τη συνθετική του ικανότητα

γ) ότι επιτρέπει στον σπουδαστή κατά τη διάρκεια της εξέτασης να συνθέσει τις γνώσεις του και να εργαστεί κατά τρόπο που να έχει αποτέλεσμα.

1.2.2. Μέθοδοι μετριασμού των μειονεκτημάτων της προφορικής εξέτασης.

Για το μετριασμό των μειονεκτημάτων της προφορικής εξέτασης μπορούν να γίνουν τα παρακάτω:

- 1) Καθορισμός των στόχων τους οποίους επιδιώκει η προφορική εξέταση
- 2) Μελέτη από τον διδάσκοντα πολύ καλά της ύλης στην οποία αναφέρεται η εξέταση
- 3) Επιδίωξη όχι μόνο του ελέγχου της απομνημόνευσης της ύλης, αλλά και της ικανότητας κατανόησης, εφαρμογής και αξιολόγησης των σχετικών γνώσεων
- 4) Αποφυγή της μετατροπής των λαθών των σπουδαστών σε ερωτήσεις σε άλλους καθώς και της χρήσης φράσεων που αποθαρρύνουν τους σπουδαστές, όπως, «για να δούμε αν ξέρεις τίποτα», κ.λ.π.
- 5) Προετοιμασία πολύ πριν από την εξέταση των ερωτήσεων με τις οποίες επιδιώκεται ο έλεγχος των στόχων της εξέτασης
- 6) Προετοιμασία για κάθε στόχο ερωτήσεων περισσότερων από τον αριθμό των σπουδαστών που προβλέπονται να εξεταστούν στο διαθέσιμο για το σκοπό αυτό χρόνο.
- 7) Υποβολή ερωτήσεων διαφορετικού βαθμού δυσκολίας. Υποβολή πρώτα των εύκολων ερωτήσεων, και ύστερα των ερωτήσεων που είναι δύσκολες.
- 8) Υποβολή σαφών ερωτήσεων. Ο διδάσκων πρέπει να έχει υπόψιν του το γενικό σκοπό της απάντησης που περιμένει, θέτοντας μια συγκεκριμένη ερώτηση.

1.2.3. Μέθοδοι μετριασμού των μειονεκτημάτων της γραπτής εξέτασης

Για το μετριασμό των μειονεκτημάτων της γραπτής εξέτασης με ερωτήσεις ανάπτυξης, μπορούν να γίνουν τα παρακάτω:

- 1) Ανάγνωση από τον διδάσκοντα μερικών γραπτών πριν αρχίσει τη διόρθωση, προκειμένου να σχηματίσει μια γνώμη για τη μέση ποιότητα των γραπτών που έχει να διορθώσει.
- 2) Μη διακοπή της διόρθωσης των γραπτών ορισμένου τμήματος για μεγάλο χρονικό διάστημα, μετά την έναρξη της διόρθωσης.
- 3) Εξάντληση της διόρθωσης των γραπτών ενός τμήματος, πριν αρχίσει η διόρθωση των γραπτών άλλου τμήματος.

- 4) Διόρθωση, πρώτα, του ίδιου θέματος σε όλα τα γραπτά, και μετά έναρξη της διόρθωσης άλλου θέματος.
- 5) Κάλυψη των ονομάτων των σπουδαστών πριν αρχίσει η διόρθωση. Τα ονόματα να μην αποκαλύπτονται πριν τελειώσει η διόρθωση όλων των γραπτών.

Για το μετριασμό των μειονεκτημάτων της γραπτής εξέτασης με ασκήσεις, μπορούν να γίνουν τα παρακάτω:

- 1) Σε όλη τη διάρκεια του εκπαιδευτικού εξαμήνου, να μην λύνονται μόνο απλά ασκήσεις, αλλά να διδάσκεται συγκεκριμένη μεθοδολογία λύσης ασκήσεων. Έτσι οι διαφορές βαθμολογίας στις εξετάσεις θα οφείλονται, κυρίως, στο διαφορετικό βαθμό κατανόησης αυτής της μεθοδολογίας, και στο διαφορετικό βαθμό γνώσεων, ικανότητας ανάλυσης και ικανότητας σύνθεσης, και όχι σε τυχαίους παράγοντες.
- 2) Αξιολόγηση όχι μόνο του τελικού αποτελέσματος της άσκησης, αλλά και όλης της διαδικασίας της λύσης.

Για το μετριασμό των μειονεκτημάτων της γραπτής εξέτασης με ερωτήσεις αντικειμενικού τύπου, μπορούν να γίνουν τα παρακάτω:

- 1) Εφαρμογή της θεωρίας ανάλυσης ερωτήσεων, για τις ερωτήσεις που θα τεθούν στην εξέταση.
- 2) Εξουδετέρωση του παράγοντα τύχη στις απαντήσεις, με βάση τις δύο διαφορετικές λογικές που υπάρχουν (όπως αναπτύσσονται στην επόμενη παράγραφο).

1.3. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΤΡΟΠΟΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ

Ο όρος ηλεκτρονική εξέταση σημαίνει τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή σαν εξεταστικού μέσου, και την επιλογή μίας κατάλληλης μορφής γραπτής εξέτασης, για τη διεξαγωγή της εξέτασης της Φυσικής, στο Αμφιθέατρο. Με την ευρεία έννοια, ηλεκτρονική εξέταση είναι και η χρήση Η/Υ με πρόγραμμα για τη λύση διαφορικών εξισώσεων της Μαθηματικής Φυσικής σε εξέταση, όπως και η χρήση Η/Υ για εξέταση στα προγράμματα εξ' αποστάσεως διδασκαλίας. Η χρήση όμως Η/Υ για τη λύση διαφορικών εξισώσεων της Μαθηματικής Φυσικής, ενώ παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον στη Διδασκαλία και στο Εργαστήριο, δεν παρουσιάζει ενδιαφέρον σαν εξεταστική μέθοδος. Η χρήση, επίσης, Η/Υ για εξέταση στα προγράμματα εξ' αποστάσεως

διδασκαλίας, έχει και παραμέτρους που δεν είναι παράμετροι Παιδαγωγικής, και η ανάλυση αυτής της περίπτωσης εκφεύγει του σκοπού αυτής της πτυχιακής.

Εδώ θα περιοριστούμε στην εξέταση της περίπτωσης όπου ο Η/Υ χρησιμοποιείται σαν εξεταστικό μέσο, ενώ συγχρόνως επιλέγεται και η κατάλληλη μορφή γραπτής εξέτασης, για τη διεξαγωγή της εξέτασης της Φυσικής, στο Αμφιθέατρο.

Ο σκοπός του ηλεκτρονικού τρόπου εξέτασης είναι η αντικειμενοποίηση, όσο αυτό είναι δυνατόν, του συστήματος της εξέτασης. Γι' αυτό πρέπει:

- 1) η ηλεκτρονική εξέταση να είναι προαιρετική, (άρα πρέπει να ενταχθεί σ' ένα συνολικό σύστημα εξέτασης), και
- 2) να μην τίθενται σ' αυτήν ερωτήσεις ανάπτυξης.

Με την μη ύπαρξη ερωτήσεων ανάπτυξης, δεν θα ευνοούνται αυτοί που έχουν δεξιότητα στην χρήση (π.χ. γρήγορη πληκτρολόγηση)

Εξέταση με ερωτήσεις κλειστού τύπου

Η αποφυγή των ερωτήσεων ανάπτυξης στην ηλεκτρονική εξέταση επιτρέπει τη χρήση των διαδικασιών αντικειμενοποίησης του εξεταστικού τεστ. Έτσι:

- 1) το τεστ πρέπει να αποτελείται από ερωτήσεις του κλειστού τύπου όπως σωστό-λάθος και ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής. Σ' αυτές μπορούν να περιλαμβάνονται και οι ερωτήσεις σύντομου υπολογισμού.
- 2) οι ερωτήσεις του τεστ πρέπει να είναι πολλές, έτσι ώστε να εξουδετερώνεται κατά το δυνατόν ο παράγοντας τύχη στις απαντήσεις των σπουδαστών.
- 3) προκειμένου να εξαληφθεί εντελώς ο παράγοντας τύχη, πρέπει να γίνεται διόρθωση στον αριθμό των ορθών απαντήσεων με βάση συγκεκριμένους τύπους. Υπάρχουν σ' αυτό δύο λογικές. Η πρώτη λέει ότι η διόρθωση πρέπει να γίνεται με βάση τον τύπο

$$S = R - \frac{W}{N-1}$$

όπου R ο αριθμός των ορθών απαντήσεων, W ο αριθμός των λανθασμένων απαντήσεων, (δεν περιλαμβάνονται όσες έχουν παραληφθεί), και N ο αριθμός των δυνατών εναλλακτικών απαντήσεων στον τύπο των ερωτήσεων που χρησιμοποιούνται.

Η δεύτερη λογική ανταμοίβει το σπουδαστή που αντί να απαντήσει στην τύχη άφησε αναπάντητες τις ερωτήσεις που δεν ήξερε, και χρησιμοποιεί τον τύπο

$$S = R + \frac{Q}{N}$$

όπου R ο αριθμός των ορθών απαντήσεων, Q ο αριθμός των απαντήσεων που παραλείφθηκαν, και N ο αριθμός των εναλλακτικών λύσεων του τύπου των ερωτήσεων που χρησιμοποιούνται.

- 4) Πρέπει να γίνεται έλεγχος της αξιοπιστίας του τεστ με βάση γνωστούς τύπους όπως π.χ. ο τύπος των Spearman-Brown όπου υπολογίζονται χωριστά οι επιτυχίες του μονού αριθμού και χωριστά οι επιτυχίες του ζυγού αριθμού των ερωτήσεων, υπολογίζεται ο δείκτης συνάφειας r μεταξύ των δύο μερών του τεστ, και ο δείκτης αξιοπιστίας του τεστ δίνεται από τη σχέση

$$R = \frac{2r}{r+1}$$

- 5) Ένα πρόβλημα που πρέπει να εξεταστεί είναι το αν θα δίνεται συγκεκριμένος χρόνος απάντησης σε κάθε ερώτηση, και πόσος θα είναι αυτός. Προβληματίζει επίσης το θέμα ότι αν δεν επιτρέπεται να γυρίσει σε προηγούμενη ερώτηση ο σπουδαστής για διόρθωση, το τεστ θα βρει μεν τον καλό, πολύ δύσκολα όμως θα βρεί τον άριστο σπουδαστή.

Ο ηλεκτρονικός τρόπος εξέτασης επιτρέπει, τέλος, την άμεση διόρθωση του τεστ, με αποτέλεσμα να εξοικονομεί πολύτιμο χρόνο ο διδάσκων.

Συμπεράσματα:

- 1) ένα βασικό πρόβλημα των διαφόρων μεθόδων εξέτασης στη Φυσική είναι ο βαθμός αντικειμενικότητας τους.
- 2) η ηλεκτρονική μέθοδος εξέτασης είναι σε σημαντικό βαθμό αντικειμενική και αξιόπιστη όταν:
 - α) η συμμετοχή σ' αυτήν είναι προαιρετική
 - β) η εξέταση γίνεται με τεστ πολλαπλής επιλογής
 - γ) γίνει ανάλυση ερωτήσεων στο τεστ πολλαπλής επιλογής πριν από τη χρήση του
 - δ) υπάρχουν, ίσως, συγκεκριμένοι περιορισμοί στο σπουδαστή που εξετάζεται.

1.4. Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

1.4.1. Εποπτικά μέσα διδασκαλίας

Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής ανήκει στα, λεγόμενα, εποπτικά μέσα διδασκαλίας της Φυσικής. Τα εποπτικά, (ή, γενικότερα, οπτικοακουστικά) μέσα διδασκαλίας απευθύνονται στις αισθήσεις της ακοής και κυρίως της όρασης. Βοηθούν τους σπουδαστές να αποκτήσουν μια εποπτεία αντικειμένων και φαινομένων των οποίων η άμεση και ζωντανή εποπτεία μπορεί να είναι δύσκολη ή αδύνατη.

Η αρχή της εποπτείας η οποία πρωτοδιατυπώθηκε από τον Amos Comenius (1592-1670) και σημαίνει να προσφέρεται στους σπουδαστές μαθησιακό υλικό τέτοιο ώστε να αντιλαμβάνονται με τις αισθήσεις.

Η χρήση των εποπτικών μέσων διδασκαλίας προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα στον διδάσκοντα. Συγκεκριμένα, τα οπτικοακουστικά μέσα:

- 1) προκαλούν το ενδιαφέρον των σπουδαστών
- 2) δημιουργούν σαφείς παραστάσεις
- 3) βοηθούν να διατηρηθούν οι παραστάσεις περισσότερο χρόνο
- 4) διεγείρουν, συγκεντρώνουν, και συγκρατούν την προσοχή
- 5) βοηθούν στην καλύτερη κατανόηση του μαθήματος
- 6) εξοικονομούν πολύτιμο χρόνο
- 7) συμβάλλουν στην ενεργητική μάθηση, ενεργοποιούνται όλες οι αισθήσεις και πολλές ψυχικές λειτουργίες (αντίληψη, προσοχή)
- 8) εξυπηρετούν τις ατομικές διαφορές των σπουδαστών στη μάθηση

Τα εποπτικά μέσα διδασκαλίας είναι:

- 1) οι πίνακες (μαυροπίνακας, πίνακες τοίχου ή αφίσες)
- 2) οι προβολείς (επισκόπιο, διασκόπια, προβολείς slides, ανακλαστικός προβολέας-overhead projector)
- 3) ο κινηματογράφος (μηχανές προβολής των 8 mm, και super 8 mm, μηχανές προβολής με κασέτα (film super 8 mm))
- 4) η τηλεόραση, το video και οι βιντεοδίσκοι, και
- 5) ο ηλεκτρονικός υπολογιστής με τα εξαρτήματα συμπαγή δίσκου (CD-DVD)

Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής χρησιμοποιείται στην εκπαιδευτική διαδικασία της Φυσικής για:

- α) Επίδειξη,
- β) Προσομοίωση ή εξομοίωση φυσικών φαινομένων,
- γ) Εργαστηριακή χρήση,
- δ) Εξατομίκευση της Διδασκαλίας,
- στ) Συλλογή εκπαιδευτικού υλικού από το διαδίκτυο,
- ζ) τη λεγόμενη, εξ αποστάσεως Διδασκαλία.

1.4.2. Επίδειξη και προσομοίωση

Ο όρος επίδειξη σημαίνει εποπτεία των φυσικών φαινομένων με τη βοήθεια εικόνων, σχεδιαγραμμάτων κ.λ.π. Οι εικόνες μπορούν να αποθηκεύονται και να ανακαλούνται. Μπορούν επίσης να συνδυάζονται και να παρουσιάζονται σε γρήγορη διαδοχή, έτσι ώστε οι σπουδαστές να έχουν την αίσθηση της κίνησης και επομένως τη χρονική εξέλιξη ενός φυσικού φαινομένου. Μπορούν να έχουν έτσι, για παράδειγμα, εποπτεία της ανάκλασης του φωτός σε διαδοχικά κάτοπτρα, κ.λ.π.

Ο όρος προσομοίωση σημαίνει την κατασκευή ενός μοντέλου για ένα φυσικό φαινόμενο, και την παρακολούθηση με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή της χρονικής εξέλιξης του, δηλαδή του πώς λειτουργεί το μοντέλο κάτω από ορισμένες συνθήκες με τη μεταβολή ορισμένων παραμέτρων και για ορισμένο χρόνο.

Η διαφορά μεταξύ επίδειξης και προσομοίωσης είναι ότι στην επίδειξη παρουσιάζονται σχεδιαγράμματα, εικόνες, ή διαδοχή εικόνων, (το κλασικότερο φιλμ επίδειξης -ξεκίνησε από τη μεγάλη οθόνη- και παρουσιάζει ένα κυματοπακέτο σε περιοδικό δυναμικό), ενώ στην προσομοίωση ο προγραμματιστής κατασκευάζει ένα μοντέλο του φυσικού φαινομένου, και ο σπουδαστής μεταβάλλει παραμέτρους του μοντέλου και παρατηρεί στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή το αποτέλεσμα.

Υπάρχουν δύο περιπτώσεις προσομοιώσεων: Στην πρώτη περίπτωση ο προγραμματιστής αναπαράγει στον υπολογιστή φυσικά φαινόμενα τα οποία λόγω του μεγάλου αριθμού των σωματιδίων που συμμετέχουν και λόγω των πολλών παραμέτρων που τα επηρεάζουν, μόνο στατιστικά είναι δυνατόν να περιγραφούν, (οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι για την αναπαραγωγή τέτοιων φαινομένων είναι οι τεχνικές Monte-Carlo), ενώ στη δεύτερη περίπτωση απλώς «αντιγράφει» και σχεδιάζει στην οθόνη του υπολογιστή φυσικά φαινόμενα της καθημερινής ζωής, των οποίων η εξέλιξη βασίζεται σε μη στοχαστικές διαδικασίες, και οι παράμετροι των οποίων συνήθως δίνονται από το σπουδαστή.

Παραδείγματα φυσικών φαινομένων που μπορεί να παρατηρήσει και να μελετήσει με την προσομοίωση ο σπουδαστής είναι: → η κίνηση Brown, → η σκέδαση σωματιδίων α από κάποιο πυρήνα, → η ανάκλαση εγκάρσιου κύματος σε ακίνητα άκρα (η κίνηση μπορεί να παγώσει σε οποιοδήποτε σημείο θέλει ο σπουδαστής) → η εκτόξευση σώματος από ορισμένο ύψος όπου ο σπουδαστής μπορεί να δίνει διαφορετικές αρχικές ταχύτητες και να παρατηρεί τις διαφορετικές τροχιές → ο κύκλος του Carnot στη θερμοδυναμική → η κίνηση ενός εκκρεμούς → η βολή σώματος στη μηχανική → η συμπίεση ή η εκτόνωση ενός ιδανικού μονοατομικού αερίου, → η ισόχωρη, ισοβαρής και ισόθερμη μεταβολή ενός ιδανικού αερίου

Ο σπουδαστής συνήθως έχει την δυνατότητα να τροποποιεί παραμέτρους της προσομοίωσης. Ως παράδειγμα στο πρόβλημα της ελεύθερης βολής: μπορεί να τροποποιήσει την αρχική ταχύτητα του βλήματος, τη μάζα του βλήματος, τη γωνία βολής. Τέλος ο σπουδαστής μπορεί επίσης να συμπεριλαμβάνει ή να μην συμπεριλαμβάνει την αντίσταση του αέρα

Πρέπει εδώ να λεχθεί ότι πρέπει να προσομοιώνονται μόνο φυσικά φαινόμενα που είναι αδύνατο ή δύσκολο να παρατηρηθούν από τους σπουδαστές, και δεν πρέπει να προσομοιώνονται στον υπολογιστή και να μην εκτελούνται στο εργαστήριο οι εργαστηριακές ασκήσεις, γιατί η πειραματική διαδικασία αποτελεί το θεμέλιο λίθο στη διδασκαλία της φυσικής.

1.4.3. Εργαστηριακή χρήση

Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής μπορεί να διασυνδεθεί με εργαστηριακές διατάξεις είτε με τη χρήση είτε χωρίς τη χρήση καρτών διασύνδεσης. Στη δεύτερη περίπτωση χρησιμοποιούνται οι κοινές αναλογικές και παράλληλες θύρες I/O του υπολογιστή.

Ο υπολογιστής συνδέεται με φωτοαντιστάσεις, θερμοαντιστάσεις, διακόπτες, κ.λ.π. και λαμβάνει σαν σήματα εισόδου μεταβολές τάσης. Τα σήματα εξόδου του είναι επίσης μεταβολές τάσης.

Η πιο συνηθισμένη μέθοδος επίδρασης του εργαστηριακού περιβάλλοντος στον υπολογιστή είναι η γνωστή και χρησιμοποιούμενη σε πολλές εργαστηριακές ασκήσεις μέθοδος της εκφόρτισης πυκνωτή, ενώ ο πιο γνωστός τρόπος επίδρασης του υπολογιστή στο εργαστηριακό περιβάλλον, είναι η εκμετάλευση των ηλεκτρομαγνητικών ιδιοτήτων κινητήρων και άλλων στοιχείων, (διακοπών κ.λ.π.).

Για όλα τα παραπάνω απαιτούνται πολύ απλές και εντελώς στοιχειώδεις γνώσεις χειρισμού υπολογιστή από το σπουδαστή.

Ο σπουδαστής μπορεί να δει στον υπολογιστή κυματομορφές ήχων και ρευμάτων, να δει χαρακτηριστικές καμπύλες διόδων, να μετρήσει θερμοκρασίες, συχνότητες, ταχύτητες, κ.λ.π.

Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής μπορεί να συνδεθεί με ηλεκτρικά ή ηλεκτρονικά στοιχεία κατάλληλα βαθμονομημένα, και να εκτελέσει μετρήσεις ηλεκτρικών ποσοτήτων, υποκαθιστώντας έτσι, βολτόμετρα, αμπερόμετρα, ωμόμετρα, ακόμα και παλμογράφο, έστω και αν δεν επιτυγχάνεται σε όλες τις περιπτώσεις η ίδια ακρίβεια.

Χρειάζεται προσοχή όμως στο εξής. Ο σπουδαστής πρέπει να χρησιμοποιεί κυρίως τα όργανα μέτρησης και δευτερευόντως τον υπολογιστή, και αυτό γιατί:

A) τα όργανα μέτρησης είναι πιο απλά στη χρήση, και

B) η αυτοματοποίηση ενέχει πάντα τον κίνδυνο ο σπουδαστής να εκτελέσει μια άσκηση μηχανικά, χωρίς να μπει στην ουσία και το νόημα της.

Σε έρευνα, (47), του Φυσικού Τμήματος του Πανεπιστημίου Αθηνών πάνω στη χρήση νέων τεχνολογιών, (με Η/Υ), στο Εργαστήριο, έγιναν τα εξής:

Κατά πρώτον, η διαδικασία ξεκίνησε με τρεις 3-ωρες διαλέξεις στο Αμφιθέατρο. Σ' αυτές δόθηκε αναλυτικά η θέση του προβλήματος της μέτρησης. Εισήχθησαν οι βασικές έννοιες συστηματικών και στατιστικών αβεβαιοτήτων, της σχετικής αβεβαιότητας, ενώ δόθηκε και το απαραίτητο μαθηματικό εργαλείο υπολογισμού των. Αναπτύχθηκε και το πρόβλημα της διάδοσης των αβεβαιοτήτων με το κατάλληλο μαθηματικό εργαλείο με τη χρήση μερικών παραγώγων.

Στη συνέχεια επιλέχθηκε σαν πείραμα-πρότυπο η αρμονική ταλάντωση που εκτελεί ελατήριο με μια αναρτημένη μάζα εφαρμόζοντας το νόμο του Hooke. Η προσέγγιση έγινε με τη στατική και δυναμική μέθοδο, δηλαδή με τη μέθοδο της επιμήκυνσης του ελατηρίου με γνωστές μάζες ή τον προσδιορισμό της σταθεράς του ελατηρίου από τις αρμονικές ταλαντώσεις γνωστών μαζών. Αναλύθηκε διεξοδικά το είδος των αβεβαιοτήτων που υπεισέρχονται σε κάθε μέτρηση και έγινε και η ποσοτική της εκτίμηση.

Το δεύτερο στάδιο περιελάμβανε την για πρώτη φορά άσκηση των φοιτητών στα εργαστήρια με τους επιβλέποντες τους όπου πραγματοποίησαν οι ίδιοι την εισαγωγική άσκηση. Η άσκηση αυτή σχεδιάστηκε πάνω στο πείραμα του απλού εκκρεμούς.

Στο τρίτο στάδιο οι φοιτητές συνέχισαν με τη διεξαγωγή 6 εργαστηριακών ασκήσεων Μηχανικής σε εβδομαδιαία βάση. Ανάμεσα σ' αυτές τις ασκήσεις ήταν και 2 εργαστηριακές ασκήσεις Νέων Τεχνολογιών.

Για τη διεξαγωγή της μελέτης υπήρχαν οι παρακάτω συνθήκες: το 85% περίπου των σπουδαστών είχαν εξοικείωση με Η/Υ. Ο διατιθέμενος χρόνος ανά άσκηση είναι 2 ½ ώρες ανά εβδομάδα από διαφορετικούς διδάσκοντες σε κάθε τμήμα. Υπάρχουν 2 φοιτητές ανά θέση και σε κάθε αίθουσα 6 ίδιες ασκήσεις και 1 επιβλέπωντας. Δόθηκε έμφαση στο να απομυθοποιηθεί ο υπολογιστής και οι λοιπές διατάξεις «σαν ένα μαύρο κουτί που τα κάνει όλα μόνο του». Οι

διατάξεις χρησιμοποιούν τροχιές ελαχίστης τριβής με ειδικά αμαξίδια με μαγνήτες και συναφή εξοπλισμό, αισθητήρες τελευταίας τεχνολογίας με το αντίστοιχο λογισμικό και interface, και προσωπικό υπολογιστή συνδεδεμένους σε τοπικό δίκτυο με εκτυπωτή. Οι φοιτητές εξοικειώνονται με τη χρήση αισθητήρων δύναμης, επιτάχυνσης και απόστασης, και προβαίνουν οι ίδιοι στη βαθμονόμηση αυτών πριν από τις μετρήσεις.

Παράλληλα με τη διεξαγωγή των εργαστηριακών ασκήσεων νέων τεχνολογιών έγινε και χρήση του ερωτηματολογίου από το Center of Mathematics Science and Technology που έχει αναπτυχθεί στο Tufts University (U.S.A.) πάνω σε ερωτήσεις της ενότητας «3^{ος} νόμος του Νεύτωνα» (ερωτήσεις #30-39) πριν από τη διεξαγωγή της άσκησης και μετά. Το δείγμα είναι τελικά 85 φοιτητές κυρίως από θετικές κατευθύνσεις (80%) ενώ οι υπόλοιποι είναι Τεχνολογικής κατεύθυνσης.

Τα αποτελέσματα του έτους 2003 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

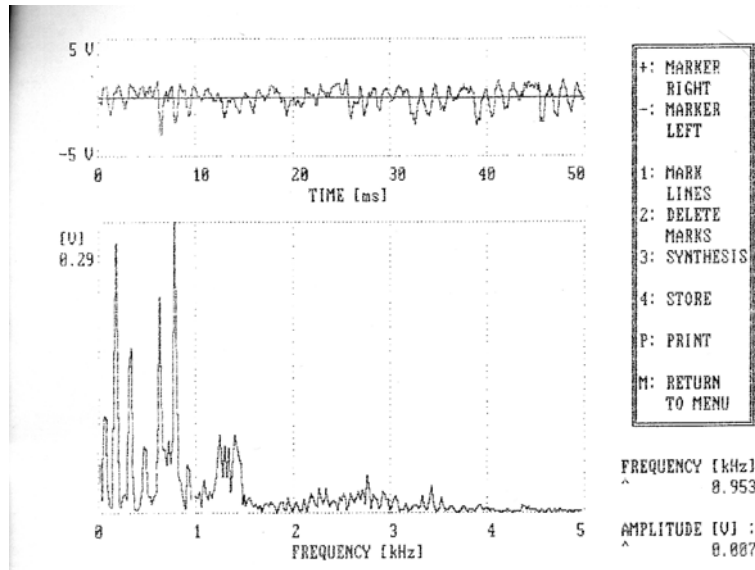
Πίνακας 1.1. Αποτελέσματα μελέτης χρήσης νέων τεχνολογιών στο Εργαστήριο Φυσικής, του Φυσικού Τμήματος, Πανεπιστήμιο Αθηνών

Ερώτηση %	% πριν τα MBL ¹	% μετά τα MBL ¹	% διαφορά
30	37	60	+62
31	33	60	+82
32	40	61	+52
33	87	89	+2
34	44	66	+50
35	39	57	+46
36	17	41	+141
37	60	71	+18
38	11	40	+264
39	44	69	+57

¹ MBL=Microcomputer Based Laboratories

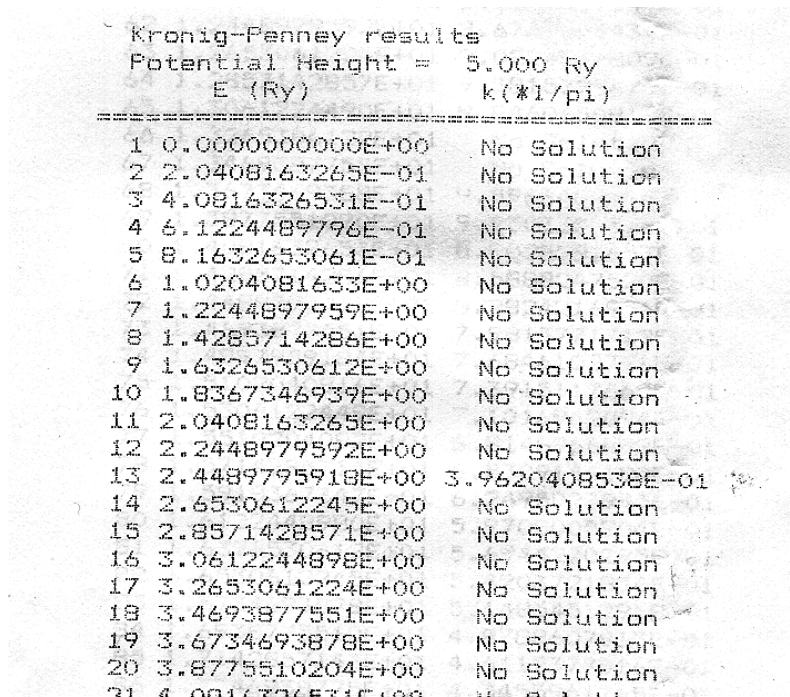
Παραδείγματα: 1) Χρησιμοποιήθηκε διάταξη με μικρόφωνο, ενισχυτή, A/D Converter, ειδική κάρτα διασύνδεσης ενσωματωμένη στον υπολογιστή, με την οποία επιτυγχάνεται η επικοινωνία του υπολογιστή με τον A/D Converter σε συνεργασία και με το κατάλληλο πρόγραμμα που «έτρεχε» σ' αυτόν, υπολογιστής, και δισκέτα με κατάλληλο πρόγραμμα καταγραφής του σήματος και παραπέρα φασματικής ανάλυσης και σύνθεσης Fourier.

Προφέραμε σε μικρή απόσταση (20-25cm), από το μικρόφωνο, το φωνήεν «α», το σήμα καταγράφηκε μετατράπηκε σε τάση και ενισχύθηκε στον ενισχυτή, ο A/D Converter έκανε μια δειγματοληψία και στη συνέχεια μετέτρεψε το σήμα σε ψηφιακό, ο υπολογιστής έκανε ανάλυση Fourier, και τελικά το φάσμα της φωνής μας ήταν το παρακάτω:



Εικόνα 1.1 Γραφική παράσταση φάσματος φωνής του συγγραφέα της πτυχιακής. (sampling rate 5 KHz).

2) Χρησιμοποιήθηκε H/Y με πρόγραμμα το οποίο επιλύει την εξίσωση του Shrodinger, για το μοντέλο Kronig-Penney στη Φυσική Στερεού Σώματος.



Εικόνα 1.2 Τμήμα αρχείου καταγραφής εξόδου του υπολογιστή που επιλύει την εξίσωση Shrodinger για το μοντέλο Kronig-Penney.

1.4.4. Διδασκαλία

Η πιο συνηθισμένη και απλή χρήση του υπολογιστή στη διδασκαλία είναι για να λύνει ο σπουδαστής προβλήματα και ασκήσεις. Ως παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε τη χρήση εκπαιδευτικού CD με θεωρία και ασκήσεις Μηχανικής.

Η πιο σημαντική χρήση τους, όμως, είναι για να προσφέρεται στο σπουδαστή νέο υλικό (π.χ. η εκμάθηση ενός νόμου της Φυσικής). Ο υπολογιστής βέβαια δεν υποκαθιστά το διδάσκοντα με τίποτα, εξατομικεύει όμως τη διδασκαλία, και η ωφέλεια απ' αυτό συνίσταται στο εξής:

Οι σπουδαστές έχουν πολλές εσφαλμένες αντιλήψεις πάνω σε φυσικές έννοιες και φαινόμενα. Οι εσφαλμένες αυτές αντιλήψεις αντέχουν στο χρόνο και δεν αλλάζουν εύκολα με τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας. Ερευνες έχουν δείξει ότι οι σπουδαστές λύνουν ακόμα και σωστά ασκήσεις των βιβλίων, αλλά αποτυγχάνουν όταν έχουν να κάνουν με πραγματικά φυσικά φαινόμενα του γύρω τους φυσικού περιβάλλοντος. Αυτό σημαίνει ότι η φυσική εικόνα που έχει ο σπουδαστής για τον κόσμο δεν έχει ολοκληρωθεί με τη χρήση αφηρημένων μαθηματικών σχέσεων. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται μόνο με την προσωπική συνομιλία του διδάσκοντα με τον κάθε σπουδαστή. Αυτό όμως στις σημερινές συνθήκες διδασκαλίας είναι από δύσκολο έως αδύνατο να πραγματοποιηθεί σε σημαντικό βαθμό. Η εξατομίκευση, τώρα, της διδασκαλίας που προσφέρει ο υπολογιστής, μειώνει τον αναγκαίο χρόνο αυτής της προσωπικής συνομιλίας του διδάσκοντα με τον κάθε σπουδαστή του.

Εδώ πρέπει να παρατηρηθεί, ότι επειδή οι συνθήκες της ζωής, οι συνθήκες διδασκαλίας, και τα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, και ποικίλουν και διαρκώς μεταβάλλονται, οι στατιστικές έρευνες με κατάλληλα διαμορφωμένα ερωτηματολόγια πάνω στις εσφαλμένες αντιλήψεις των σπουδαστών πρέπει να είναι συνεχείς, και η κατασκευή προγραμμάτων για την προσφορά νέου υλικού στους σπουδαστές, πρέπει να βασίζεται ακριβώς πάνω σ' αυτές τις έρευνες (10).

Εκτός από τα παραπάνω, ο υπολογιστής χρησιμοποιείται στην εκπαιδευτική διαδικασία της φυσικής και για τη λεγόμενη εξ' αποστάσεως εκπαίδευση. Μπορεί τότε να χρησιμοποιηθεί το διαδίκτυο και η επικοινωνία να είναι είτε on line είτε off line.

Στην πιο καλή όμως περίπτωση χρησιμοποιούνται ειδικές γραμμές επικοινωνίας, όπως επίσης ειδικά προγράμματα και πρωτόκολλα επικοινωνίας, η επικοινωνία είναι on line, και διδάσκοντες και σπουδαστές έχουν γραπτή, ηχητική, και οπτική επαφή.

Σε έρευνα, (46), βρέθηκε ότι για μια επιτυχημένη on line εξ' αποστάσεως διδασκαλία απαιτούνται:

- α) καλά οργανωμένη παρουσίαση των διδακτικών περιεχομένων
- β) σαφήνεια διατύπωσης των διδακτικών στόχων

γ) προσαρμογή της διδασκαλίας στο επίπεδο των σπουδαστών

δ) δυνατότητα, με τη χρήση τεχνικών μέσων, των σπουδαστών, να διακόψουν το διδάσκοντα και να του θέσουν ερώτημα οποιαδήποτε στιγμή

ε) να λαμβάνει ο διδάσκων υπόψιν του και να αξιοποιεί τα ερωτήματα των σπουδαστών

στ) συχνή χρησιμοποίηση χειρονομιών από τον διδάσκοντα, εκφραστικότητα του προσώπου του, χιούμορ και κίνηση του στο χώρο της αίθουσας παρά την παρουσία της κάμερας και του μικροφώνου

ζ) καλή ποιότητα εικόνας και πιστότητα ήχου

η) προσεγμένες σκηνοθετικές επιλογές με συχνές εναλλαγές παραστάσεων μεταξύ ομιλητών, κοινού, και εποπτικού υλικού, καθώς επίσης και ικανοποιητική προβολή των εκάστοτε ομιλητών στην οθόνη, έτσι ώστε να διακρίνονται τα χαρακτηριστικά του προσώπου τους και οι κινήσεις τους.

Η εκπαίδευση από απόσταση στη φυσική, αν και ιδιαίτερα χρήσιμη σε ορισμένες περιπτώσεις, (διαλέξεις, σεμινάρια, κ.λ.π.), δεν μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί σαν ολοκληρωμένο προπτυχιακό πρόγραμμα εκπαίδευσης στη Φυσική. Ένας βασικός λόγος γι' αυτό είναι ο εξής:

Μάθηση στη Φυσική χωρίς εργαστήριο δεν γίνεται. Αυτό γιατί το πείραμα αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο της μεθοδολογίας της Φυσικής. Ο φυσικός παρατηρεί τη φύση και από τη γενίκευση των παρατηρήσεων του καταλήγει σε κάποιες υποθέσεις, σ' ένα μοντέλο, από το οποίο πάλι καταλήγει σ' ορισμένα συμπεράσματα. Ο έλεγχος των συμπερασμάτων του και η «λυδία λίθος» όπου δοκιμάζεται η ορθότης του μοντέλου και της θεωρίας του είναι το πείραμα. Έτσι ο πειραματισμός, το πείραμα, όπου το πραγματικό φαινόμενο εξελίσσεται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες, είναι μια απαραίτητη προσέγγιση στη διδασκαλία της φυσικής, που βγαίνει από την ίδια τη μεθοδολογία της.

Ο πειραματικός τρόπος παρουσίασης της ύλης της φυσικής διακρίνεται σε

α) πειραματική επίδειξη

β) ομαδικό πείραμα

γ) εργαστηριακή άσκηση κατά ομάδες

δ) ελεύθερο πείραμα

Από απόσταση έχει νόημα και πρακτικά μπορεί να γίνει μόνο πειραματική επίδειξη. Η πειραματική επίδειξη όμως, αν και εποπτική, είναι από τις πλέον λιγότερο «ενεργητικές» μεθόδους παρουσίασης της φυσικής, και διεθνώς υιοθετείται μόνον εκεί όπου ειδικοί λόγοι (π.χ. υποδομής), την επιβάλλουν. Ο σπουδαστής, όμως, δεν θα μάθει π.χ. να χρησιμοποιεί βολτόμετρα, αν δεν τα χρησιμοποιήσει πρώτα ο ίδιος πολλές φορές.

Τέλος το διαδίκτυο είναι γεμάτο με σελίδες οι οποίες προσφέρουν στο σπουδαστή αρκετό υλικό, το οποίο μπορεί να επεξεργαστεί και να χρησιμοποιήσει στις εργασίες του.

Το υλικό αυτό, είναι βέβαια πάντα περιληπτικό, και στο βαθμό που είτε προέρχεται από εκπαιδευτικά ιδρύματα, αναγνωρισμένους φορείς και γνωστούς επιστήμονες, είτε περιέχεται σε γνωστές βάσεις δεδομένων, είναι έγκυρο. Στις υπόλοιπες όμως περιπτώσεις πρέπει να αντιμετωπίζεται με επιφύλαξη.

Η συνήθης πρακτική των σπουδαστών είναι η χρήση εικόνων απ' αυτό το περιληπτικό υλικό, η πρόχειρη μετάφραση του, και η χρήση «φωτογραφικών» προτάσεων από το κείμενο, γιατί «διευκολύνονται», με το να κάνουν «copy-paste» στην εργασία τους, κάτι που δεν προάφει την μάθηση.

Συμπεράσματα

- 1) ο υπολογιστής:
 - α) είναι το πολυτιμότερο εποπτικό μέσον διδασκαλίας γιατί προσφέρει στο διδάσκοντα πολυάριθμες δυνατότητες στη δουλειά του.
 - β) δεν αντικαθιστά κανένα από τα όργανα του εργαστηρίου, (τα οποία είναι εφαρμογή βασικών αρχών της φυσικής), αλλά συμπληρώνει τις δυνατότητες τους.
 - γ) δεν αντικαθιστά το δάσκαλο της φυσικής.
- 2) η από απόσταση διδασκαλία της φυσικής έχει πρακτικά πλεονεκτήματα και παιδαγωγικά μειονεκτήματα.
- 3) οι σπουδαστές πρέπει να ενθαρρύνονται να ψάχνουν κυρίως στη βιβλιοθήκη.
- 4) η αναζήτηση στο διαδίκτυο θα πρέπει να γίνεται μόνο από αξιόπιστες πηγές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ

2.1.1. Οργάνωση και γραφική παράσταση στατιστικών δεδομένων

2.1.2. Γενικά

Τις τυχαίες μεταβλητές μπορούμε να τις διακρίνουμε ανάλογα με το είδος των τιμών που μπορούν να πάρουν σε δύο κατηγορίες α) ποσοτικές τυχαίες μεταβλητές, και β) ποιοτικές τυχαίες μεταβλητές, (1, 2, 4, 9, 21, 23, 24, 33, 36, 43).

Μια τυχαία μεταβλητή θα ονομάζεται ποσοτική αν παίρνει μόνο αριθμητικές τιμές. Παράδειγμα, το βάρος των ατόμων ενός πληθυσμού, η βαθμολογία των σπουδαστών ενός τμήματος του Τ.Ε.Ι. σε ένα μάθημα, κ.λ.π. Αν, τώρα, το σύνολο των τιμών που παίρνει μια ποσοτική τυχαία μεταβλητή είναι πεπερασμένο ή αριθμήσιμο θα λέμε ότι έχουμε μια διακριτή τυχαία μεταβλητή. Αν όμως μια τυχαία μεταβλητή μπορεί να πάρει, έστω και θεωρητικά, κάθε τιμή ενός διαστήματος (χ, ψ) με $-\infty < \chi < \psi < +\infty$, η μεταβλητή θα λέγεται συνεχής. Η βαθμολογία θεωρείται ότι είναι συνεχής τυχαία μεταβλητή, (9), γιατί οι τιμές που παίρνει είναι συγκεκριμένες, οι τιμές όμως που θεωρητικά μπορεί να πάρει είναι οποιεσδήποτε μέσα στο διάστημα $[0, 10]$. Οι τυχαίες μεταβλητές των οποίων οι τιμές μπορούν απλώς να ταξινομηθούν σε κατηγορίες και δεν εκφράζουν απαραίτητα κάτι το μετρήσιμο, ονομάζονται ποιοτικές ή κατηγορηματικές τυχαίες μεταβλητές. Εκείνες οι ποιοτικές τυχαίες μεταβλητές, τώρα, που παίρνουν μόνο δυο τιμές ονομάζονται διχοτομικές. (Παράδειγμα: το φύλο ενός σπουδαστή σε ένα τμήμα είναι μια διχοτομική τυχαία μεταβλητή).

Εστω X μια τυχαία μεταβλητή η οποία μετρά ένα χαρακτηριστικό που αφορά τις μονάδες δηλαδή τα άτομα ενός πληθυσμού και X_1, X_2, \dots, X_n ένα τυχαίο δείγμα μεγέθους n από τον πληθυσμό αυτό. Για ένα συγκεκριμένο δείγμα θα συμβολίζουμε με $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$ τις τιμές του χαρακτηριστικού για τα n άτομα του δείγματος και με $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_k$, ($k \leq n$), τις k διαφορετικές μεταξύ τους τιμές από τα $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$. Συχνότητα v_i της τιμής ψ_i θα λέγεται το πλήθος των $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$ που είναι ίσα με ψ_i ενώ σχετική συχνότητα f_i θα λέγεται το αντίστοιχο ποσοστό δηλαδή

$$f_i = \frac{v_i}{n} = \frac{v_i}{\sum_{j=1}^k v_j} \quad i = 1, 2, \dots, k$$

Συνήθως οι ποσότητες ψ_i, v_i, f_i $i=1,2,\dots,k$ για ένα δείγμα συγκεντρώνονται σε ένα συνοπτικό πίνακα ο οποίος ονομάζεται πίνακας συχνοτήτων. Στην περίπτωση ποσοτικών τυχαίων μεταβλητών εκτός από τις ποσότητες v_i, f_i χρησιμοποιούνται συνήθως και οι λεγόμενες αθροιστικές συχνότητες N_i και αθροιστικές σχετικές συχνότητες F_i οι οποίες δίνουν το πλήθος και το ποσοστό αντίστοιχα των παρατηρήσεων που είναι μικρότερες ή ίσες του ψ_i . Αν τα $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_k$ είναι διατεταγμένα κατά αύξουσα σειρά μεγέθους δηλαδή $\psi_1 < \psi_2 < \dots < \psi_k$ τότε

$$N_i = v_1 + v_2 + \dots + v_i \quad i=1,2,\dots,k$$

$$F_i = f_1 + f_2 + \dots + f_i \quad i=1,2,\dots,k$$

$$v_i = N_i - v_{i-1} \quad i=2,3,\dots,k$$

$$f_i = F_i - F_{i-1} \quad i=2,3,\dots,k$$

2.1.3. Παρουσίαση ποιοτικών δεδομένων

Για να κάνουμε γραφική παράσταση ποιοτικών δεδομένων, (1, 2, 26, 41), χρησιμοποιούμε κυρίως δύο είδη διαγραμμάτων α) το ραβδόγραμμα (bar chart), και β) το κυκλικό διάγραμμα συχνοτήτων (pie chart). Στο ραβδόγραμμα, οι κατηγορίες της τυχαίας μεταβλητής παριστάνονται στον οριζόντιο άξονα σε ισομήκη διαστήματα (με κενά συνήθως μεταξύ τους) ενώ οι αντίστοιχες συχνότητες ή σχετικές συχνότητες στον κατακόρυφο. Τα κυκλικά διαγράμματα χρησιμοποιούν για την παράσταση των δεδομένων ένα κύκλο χωρισμένο σε κυκλικά τμήματα. Κάθε κυκλικό τμήμα αναφέρεται σε μια κατηγορία του χαρακτηριστικού και έχει τόξο a_i ανάλογο της αντίστοιχης συχνότητας, δηλαδή

$$a_i = v_i * \frac{360^\circ}{v} = 360 * f_i \quad i=1,2,\dots,k$$

2.1.4 Παρουσίαση ποσοτικών δεδομένων

Όταν έχουμε ποσοτικά δεδομένα και το πλήθος k των διαφορετικών τιμών που πήραμε από το δείγμα είναι μικρό, τότε αφού πρώτα ομαδοποιήσουμε τα δεδομένα μας σε ένα πίνακα συχνοτήτων μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για τη γραφική τους παράσταση, (1, 2, 26, 41), είτε ένα κυκλικό διάγραμμα είτε ένα διάγραμμα συχνοτήτων. Το πρώτο σχηματίζεται ακριβώς με τον ίδιο τρόπο που έχουμε αναφέρει στην αρχή αυτού του κειμένου για τα ποιοτικά δεδομένα ενώ το δεύτερο μοιάζει με το ραβδόγραμμα με τη μόνη διαφορά ότι αντί για συμπαγή ορθογώνια υψώνουμε σε κάθε ψ_i μία κάθετη γραμμή με μήκος ίσο προς την αντίστοιχη συχνότητα ή σχετική συχνότητα. Όταν, όπως γίνεται πολλές φορές σε εργασίες, οι κορυφές των κατακόρυφων γραμμών ενώνονται μεταξύ τους σχηματίζεται το λεγόμενο πολύγωνο

συχνοτήτων (frequency polygon) το οποίο μας δίνει μια γενική ιδέα για τη μεταβολή της συχνότητας ή της σχετικής συχνότητας όσο μεγαλώνει η τιμή της τυχαίας μεταβλητής που μελετούμε στην εργασία μας. Για μικρά σύνολα δεδομένων (λέμε για μικρά σύνολα γιατί αν έχουμε μεγάλο αριθμό δεδομένων η κατασκευή που θα πούμε παρακάτω γίνεται αρκετά κουραστική) μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα διάγραμμα που ονομάζεται σημειόγραμμα (dot diagram). Στο σημειόγραμμα οι παρατηρήσεις παριστάνονται με τελείες στις αντίστοιχες θέσεις ενός οριζώντιου άξονα. Η κλίμακα του άξονα πρέπει να έχει επιλεγεί κατάλληλα από τον ερευνητή ώστε να καλύπτονται όλα τα δεδομένα.

Πάμε τώρα στο πιο συνηθισμένο μέσο περιγραφής ποσοτικών δεδομένων το οποίο είναι το ιστόγραμμα (histogram). Το ιστόγραμμα, (2,23), αποτελείται από διαδοχικά ορθογώνια των οποίων το ύψος επιλέγεται με τέτοιο τρόπο ώστε το εμβαδόν του κάθε ορθογωνίου να είναι ίσο με την αντίστοιχη συχνότητα ή σχετική συχνότητα της τιμής στην οποία αναφέρεται. Για διακριτά δεδομένα τα άκρα των βάσεων των ορθογωνίων επιλέγονται συνήθως σαν τα μεσαία σημεία μεταξύ των διαδοχικών ψ_i .

Λόγω του τρόπου σχηματισμού του ιστογράμματος συχνοτήτων, το συνολικό εμβαδόν όλων των ορθογωνίων είναι ίσο με το μέγεθος του δείγματος, n . Με όμοιο τρόπο σχηματίζεται το ιστόγραμμα σχετικών συχνοτήτων, στο οποίο το συνολικό εμβαδόν όλων των ορθογωνίων είναι ίσο με 1. Με όμοιο τέλος τρόπο σχηματίζονται τα ιστογράμματα αθροιστικών συχνοτήτων και αθροιστικών σχετικών συχνοτήτων.

Αναφέραμε μέχρι εδώ κάποιες μεθόδους παρουσίασης ποσοτικών δεδομένων. Υπάρχει όμως ένα πρόβλημα. Αυτές οι μέθοδοι μπορούν να εφαρμοστούν στην πράξη μόνο όταν ο αριθμός των διαφορετικών παρατηρήσεων είναι σχετικά μικρός. Αν δεν είναι, είναι απαραίτητο να ταξινομήσουμε τα δεδομένα μας σε μικρό αριθμό ομάδων και να θεωρήσουμε όμοιες όλες τις παρατηρήσεις που ανήκουν στην ίδια ομάδα. Μπορούμε έτσι να πάρουμε τις συχνότητες (απόλυτες ή σχετικές) και αθροιστικές συχνότητες των διάφορων ομάδων και να προχωρήσουμε σε πινακοποίηση και γραφική παράσταση των δεδομένων μας. Πρέπει όμως να πούμε ότι πρέπει να προσέξουμε γιατί αν η ομαδοποίηση που θα κάνουμε είναι αυθαίρετη, μπορεί να οδηγηθούμε σε παραπλανητικά συμπεράσματα για τα δεδομένα της εργασίας μας.

Αναλυτικά τα διάφορα βήματα της διαδικασίας ομαδοποίησης των δεδομένων είναι τα εξής: 1) Εκλέγεται ο αριθμός q των ομάδων ή διαστημάτων ή κλάσεων. Ο αριθμός αυτός ορίζεται συνήθως αυθαίρετα από αυτόν που κάνει την έρευνα σύμφωνα με την εμπειρία του, υπάρχει όμως και ένας τύπος στη βιβλιογραφία, ο οποίος είναι γνωστός σαν τύπος του Sturges και ορίζεται ως εξής: $q \approx 1 + 3.22 \log_{10} n$. Σε αυτόν τον τύπο q είναι ο αριθμός των κλάσεων και n το μέγεθος του δείγματος. 2) Προσδιορίζεται το πλάτος των κλάσεων, το οποίο συνιστάται να είναι

το ίδιο για όλες τις κλάσεις. Συνήθως το πλάτος (c) υπολογίζεται διαιρώντας το εύρος (R) του δείγματος δια του αριθμού των διαστημάτων, δηλαδή

$$c = \frac{R}{q}$$

όπου το εύρος $R = \max\{x_i, i=1,2,\dots,n\} - \min\{x_i, i=1,2,\dots,n\}$ ορίζεται σαν η διαφορά της μικρότερης παρατήρησης από τη μεγαλύτερη. Στον υπολογισμό του q και στον υπολογισμό του c είναι πιθανόν να χρειαστούν στρογγυλεύσεις. Αυτές οι στρογγυλεύσεις πρέπει να γίνουν προς τα πάνω ώστε τα q διαστήματα (οι q κλάσεις) πλάτους c να καλύψουν όλες τις διαθέσιμες παρατηρήσεις. 3)Καθορίζονται τα διαστήματα. Το πρώτο διάστημα το επιλέγει ο ερευνητής συνήθως κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να περιέχει τη μικρότερη παρατήρηση ενώ το τελευταίο κατά τέτοιο τρόπο ώστε να περιέχει τη μεγαλύτερη. Πρέπει ακόμα να πούμε ότι η επιλογή του σημείου της αρχής του πρώτου διαστήματος πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε καμιά από τις παρατηρήσεις μας να μην συμπίπτει με άκρο του διαστήματος για να αποφεύγονται οι αμφισβητήσεις σχετικά με το διάστημα στο οποίο βρίσκεται κάθε παρατήρηση.

Για την κατασκευή του ιστογράμματος συχνοτήτων θεωρούμε ένα σύστημα ορθογωνίων αξόνων στον οριζόντιο άξονα του οποίου σημειώνουμε τα όρια των κλάσεων. Στη συνέχεια κατασκευάζουμε ορθογώνια παραλληλόγραμμα που έχουν βάσεις τα διαστήματα των κλάσεων και ύψος τέτοιο ώστε το εμβαδόν του κάθε ορθογωνίου να ισούται με τη συχνότητα των παρατηρήσεων στην αντίστοιχη κλάση. Εάν οι κλάσεις είναι όλες του ίδιου εύρους τότε τα ορθογώνια έχουν ύψος ανάλογο της αντίστοιχης συχνότητας.

Ενώνοντας τα μέσα των άνω βάσεων των ορθογωνίων και προσθέτοντας δύο ακόμη υποθετικές κλάσεις με συχνότητα μηδέν δεξιά και αριστερά των πραγματικών κλάσεων, σχηματίζουμε το πολύγωνο συχνοτήτων. Αυτό χρησιμοποιείται κυρίως όταν η μεταβλητή είναι συνεχής. Το εμβαδόν που περικλείεται κάτω από την πολυγωνική γραμμή και τον οριζόντιο άξονα είναι ίσο με το άθροισμα των συχνοτήτων δηλαδή με το συνολικό αριθμό παρατηρήσεων.

Με τον ίδιο τρόπο όπως το ιστόγραμμα συχνοτήτων κατασκευάζονται και τα ιστογράμματα αθροιστικών συχνοτήτων, σχετικών συχνοτήτων και αθροιστικών σχετικών συχνοτήτων. Στο ιστόγραμμα αθροιστικών συχνοτήτων ενώνοντας τα δεξιά άκρα των άνω βάσεων των ορθογωνίων παραλληλογράμων παίρνουμε το λεγόμενο αθροιστικό διάγραμμα (ogive) της κατανομής του χαρακτηριστικού των παρατηρήσεων. Παρόλο που ένα ιστόγραμμα μας δίνει μια γενική ιδέα για τη μορφή της κατανομής του χαρακτηριστικού για το οποίο έχουμε πάρει τις παρατηρήσεις, εν τούτοις είναι δυνατόν πολλές φορές δύο ιστογράμματα που έχουν κατασκευαστεί από τις ίδιες παρατηρήσεις να δίνουν μάλλον διαφορετικές εντυπώσεις. Οι

διαφορές αυτές προκύπτουν συνήθως από τον διαφορετικό αριθμό (και εύρος) κλάσεων που επιλέγονται για τα συγκεκριμένα δεδομένα.

Εκτός από τους παραδοσιακούς τρόπους παρουσίασης δεδομένων στην περιγραφική στατιστική, όπως τα ιστογράμματα και οι πίνακες συχνοτήτων, άλλες είναι τα λεγόμενα φυλλογραφήματα (steam-leaf plots).

Τα βήματα για την κατασκευή ενός φυλλογραφήματος είναι τα εξής:

- 1) Επιλέγουμε πρώτα τα steams (οδηγούνται ψηφία) και τα leaves (επόμενα ψηφία).
- 2) Καταγράφουμε τα stems και τα leaves.
- 3) Διατάσσουμε τα stems κατ' αύξουσα τάξη γράφοντας τα κατακόρυφα.
- 4) Γράφουμε τα leaves στην ίδια γραμμή που βρίσκεται το αντίστοιχο τους stem.
- 5) Ελέγχουμε αν έχουμε καταγράψει όλα τα leaves (ο αριθμός τους είναι ίσος με το συνολικό αριθμό των παρατηρήσεων).

Παράδειγμα: Το νοητικό πηλίκο 20 μαθητών δίνεται από τον επόμενο πίνακα.

103	97	98	116	115	123	92	118	106	110
104	112	118	112	100	109	130	97	96	96

Επιλέγοντας ως stem τις 10δες έχουμε

stems	leaves
9	782766
10	36409
11	6580282
12	3
13	0

Διατεταγμένο φυλλογράφημα.

9	266778
10	03469
11	0225688
12	3
13	0

Αν κάνουμε το αντίστοιχο ιστόγραμμα βλέπουμε ότι τα φυλλογραφήματα είναι στην πραγματικότητα τα ιστογράμματα με στραμμένους τους άξονες τους κατά 90^0 . Το πλεονέκτημα

του φυλλογραφήματος σε σχέση με το ιστόγραμμα είναι ότι το φυλλογράφημα διατηρεί τις αρχικές παρατηρήσεις. Έτσι από ένα φυλλογράφημα μπορεί κανείς αμέσως να διαπιστώσει αν μια συγκεκριμένη παρατήρηση υπάρχει ή όχι στο δείγμα. Αντίθετα από ένα ιστόγραμμα που έχει προκύψει με ομαδοποίηση αυτό δεν είναι εφικτό.

2.2. ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

Τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα χρησιμοποιούνται προκειμένου να σχηματίσει ο ερευνητής μια συνοπτική εικόνα για τα δεδομένα του με τη χρήση πολύ μικρού σε σχέση με τις αρχικές του παρατηρήσεις πλήθους αριθμητικών στοιχείων, όπως επίσης και για τη θεωρία της στατιστικής συμπερασματολογίας. Τα κυριότερα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες: α) μέτρα κεντρικής τάσης ή θέσης, και β) μέτρα διασποράς.

2.2.1. Μέτρα κεντρικής τάσης ή θέσης.

- 1) Μέση τιμή, (1, 2, 4, 21, 23, 24, 33, 36, 43), ή δειγματική μέση τιμή λέγεται το άθροισμα των τιμών των παρατηρήσεων του δείγματος προς το πλήθος των παρατηρήσεων, δηλαδή

$$\bar{x} = \frac{1}{v} \sum_{i=1}^v x_i$$

Όταν χρησιμοποιούμε πίνακα συχνοτήτων, η μέση τιμή δίνεται από τον τύπο

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^k v_i \psi_i}{\sum_{i=1}^k v_i} = \frac{\sum_{i=1}^k f_i \psi_i}{\sum_{i=1}^k f_i}$$

Μειονέκτημα της μέσης τιμής είναι ότι επηρεάζεται από πιθανές ακραίες τιμές με αποτέλεσμα να μην αντιστοιχεί πάντα σε "λογικές" τιμές της τυχαίας μεταβλητής που εξετάζουμε.

- 2) Κορυφή (mode), (1,2,4,21,23,24,33,36,43), ή επικρατούσα τιμή M_0 ενός συνόλου παρατηρήσεων ορίζεται η παρατήρηση με τη μεγαλύτερη συχνότητα.
- 3) Διάμεσος (median), (1,2,4,21,23,24,33,36,43), δ ενός δείγματος είναι η τιμή που χωρίζει το δείγμα σε δύο ίσα μέρη έτσι ώστε ο αριθμός των παρατηρήσεων που είναι μικρότερες ή ίσες από το δ να είναι ίσος με τον αριθμό των παρατηρήσεων που είναι μεγαλύτερες ή ίσες από το δ .

Έτσι αν διατάξουμε τις v παρατηρήσεις $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_v$ και συμβολίσουμε με $\chi_{(1)}[\chi_{(2)}[\dots[\chi_{(v)}$ το αντίστοιχο διατεταγμένο δείγμα τότε η διάμεσος δ ορίζεται από τη σχέση

$$\delta = x_{(r)}, \quad \text{αν } v = 2r - 1$$

ή

$$\delta = \frac{x_{(r)} + x_{(r+1)}}{2}, \quad \text{αν } v = 2r$$

4) Το α -στο ποσοστημόριο (quantile) p_α ενός συνόλου παρατηρήσεων, (2), είναι η τιμή για την οποία το $\alpha\%$ των παρατηρήσεων είναι μικρότερες ή ίσες του p_α και το $(100-\alpha)\%$ των παρατηρήσεων μεγαλύτερες ή ίσες του p_α .

Αν το α είναι ακέραιος ($\alpha=1,2,\dots,99$) τότε τα αντίστοιχα ποσοστημόρια λέγονται εκατοστημόρια (percentiles). Συνήθως εξετάζουμε το $10_0, 20_0, \dots, 90_0$ εκατοστημόρια τα οποία λέγονται δεκατημόρια (deciles) ($1_0, 2_0, \dots, 9_0$ δεκατημόριο αντίστοιχα).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν επίσης τα τεταρτημόρια (quartiles) που αντιστοιχούν σε $\alpha=25, 50, 75$. Το p_{25} συμβολίζεται με Q_1 και λέγεται πρώτο τεταρτημόριο ενώ το p_{75} με Q_3 και λέγεται τρίτο τεταρτημόριο. Το δεύτερο τεταρτημόριο p_{50} συμπίπτει με τη διάμεσο των παρατηρήσεων.

Τα ποσοστημόρια είναι μια γενίκευση της έννοιας της διαμέσου.

Αν τα δεδομένα μας δίνονται με τη μορφή πινάκων συχνοτήτων στους οποίους έχει γίνει ομαδοποίηση, και με την υπόθεση ότι οι τιμές σε κάθε κλάση κατανέμονται ομοιόμορφα οπότε οι παρατηρήσεις που ανήκουν σε αυτή μπορούν να αντιπροσωπευτούν από την κεντρική τιμή της κλάσης (ημιάθροισμα των άκρων της), έχουμε τα εξής:

1) Η μέση τιμή, (2), γράφεται στη μορφή

$$\bar{x} = \frac{1}{v} \sum_{i=1}^k v_i \psi_i = \sum_{i=1}^k f_i \psi_i$$

όπου ψ_i η κεντρική τιμή της i κλάσης και v_i, f_i η αντίστοιχη συχνότητα και σχετική συχνότητα.

2) Η κορυφή M_0 , (2), δίνεται από τη σχέση

$$M_0 = L_i + \frac{\Delta_1}{\Delta_1 + \Delta_2} * c$$

L_i είναι το κάτω όριο της επικρατούσας κλάσης (της ομάδας με τη μεγαλύτερη συχνότητα), c είναι το πλάτος των κλάσεων, $\Delta_1 = v_i - v_{i-1}$ είναι η διαφορά μεταξύ της μεγαλύτερης συχνότητας και της συχνότητας της προηγούμενης κλάσης, και $\Delta_2 = v_{i+1} - v_i$ είναι η διαφορά μεταξύ της μεγαλύτερης συχνότητας και της συχνότητας της επόμενης κλάσης.

3) Για τον υπολογισμό της διαμέσου, (2), υπολογίζουμε πρώτα τη μεσαία κλάση δηλαδή το διάστημα στο οποίο ανήκει η διατεταγμένη παρατήρηση με σειρά $\frac{v+1}{2}$ (αν το v είναι άρτιος μας ενδιαφέρουν οι παρατηρήσεις με σειρά $\frac{v}{2}$ και $\frac{v+1}{2}$) και έστω L_i το κάτω όριο της. Η διάμεσος δ δίνεται τότε από τη σχέση

$$\delta = L_i + \frac{\frac{v}{2} + N_{i-1}}{v_i} * c$$

όπου c είναι το πλάτος των κλάσεων, v_i είναι η συχνότητα της κλάσης με κάτω όριο L_i , και $N_{i-1} = N_1 + N_2 + \dots + N_{i-1}$ είναι η αθροιστική συχνότητα της κλάσης με άνω όριο το L_i .

4) Το a -στο εκατοστημόριο p_a , (2), δίνεται από τη σχέση

$$p_a = L_i + \frac{\frac{a}{100} v - N_{i-1}}{v_i} * c$$

όπου c είναι το πλάτος των κλάσεων, L_i είναι το κάτω όριο της κλάσης που περιέχει τη διατεταγμένη παρατήρηση με σειρά $\frac{av}{100}$, v_i είναι η συχνότητα της κλάσης με κάτω όριο το L_i , και $N_{i-1} = N_1 + N_2 + \dots + N_{i-1}$ είναι η αθροιστική συχνότητα της κλάσης με άνω όριο το L_i .

Για το πρώτο και το τρίτο τεταρτημόριο έχουμε τους τύπους

$$Q_1 = L_i + \frac{\frac{v}{4} - N_{i-1}}{v_i} * c$$

$$Q_3 = L_i + \frac{\frac{3v}{4} - N_{i-1}}{v_i} * c$$

2.2.2. Μέτρα διασποράς

Τα μέτρα διασποράς εκφράζουν τις αποκλίσεις των τιμών από τα μέτρα κεντρικής τάσης.

Τα πιο συνήθη από αυτά είναι τα εξής:

1) Το εύρος (range) R ή κύμανση, (1, 2, 4, 21, 23, 24, 33, 36, 43), είναι η διαφορά της ελάχιστης παρατήρησης από τη μέγιστη παρατήρηση. Όταν τα δεδομένα μας είναι ταξινομημένα

σε κατανομή συχνότητας, το εύρος είναι η διαφορά μεταξύ του κατώτερου ορίου του πρώτου διαστήματος και του ανώτερου ορίου του τελευταίου διαστήματος.

Το εύρος δεν είναι αξιόπιστο μέτρο διασποράς γιατί βασίζεται μόνο στις δύο ακραίες τιμές και δεν επηρεάζεται καθόλου από την κατανομή των υπολοίπων τιμών στο ενδιάμεσο διάστημα.

2) Η ενδοτεταρτημοριακή απόκλιση (interquantile deviation), (2, 41), είναι η διαφορά του πρώτου τεταρτημορίου Q_1 από το τρίτο τεταρτημόριο Q_3 . Στο μεταξύ τους διάστημα περιλαμβάνεται το 50% των τιμών της κατανομής. Επομένως όσο μικρότερο είναι αυτό το διάστημα, τόσο τόσο μεγαλύτερη θα είναι η συγκέντρωση των τιμών και άρα μικρότερη η διασπορά των τιμών της μεταβλητής. Το μισό της διαφοράς $Q_3 - Q_1$ είναι το ημιενδοτεταρτημοριακό εύρος ή απόκλιση (semi-interquantile deviation) και συμβολίζεται με Q , δηλαδή

$$Q = \frac{Q_3 - Q_1}{2}$$

Το Q μετριέται με τις ίδιες μονάδες της μεταβλητής και δεν εξαρτάται από όλες τις τιμές αλλά μόνο από εκείνες που περιλαμβάνονται στον υπολογισμό των Q_1 και Q_3 .

3) Η μέση απόκλιση (mean deviation), (2), ορίζεται από τη σχέση

$$MD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|$$

Η μέση απόκλιση είναι ο αριθμητικός μέσος των απολύτων τιμών των αποκλίσεων των τιμών της μεταβλητής από τη μέση τιμή τους. Όσο μεγαλύτερη είναι η μέση απόκλιση, τόσο περισσότερο απέχουν οι τιμές της μεταβλητής από τη μέση τιμή.

Όταν τα στατιστικά δεδομένα δίνονται υπό μορφήν πινάκων συχνοτήτων, τότε η μέση απόκλιση δίνεται από τον τύπο

$$MD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k v_i |\psi_i - \bar{\psi}|$$

Ο ίδιος τύπος ισχύει και για ομαδοποιημένα δεδομένα, αν στη θέση των ψ_i χρησιμοποιήσουμε την κεντρική τιμή των αντίστοιχων κλάσεων.

4) Η δειγματική διασπορά ή διακύμανση (variance), (1, 2, 4, 21, 23, 24, 33, 36, 43), δίνεται από τον τύπο

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Η προηγούμενη σχέση μπορεί να γραφεί και στη μορφή

$$s^2 = \frac{1}{v-1} \left[\sum_{i=1}^v x_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^v x_i \right)^2}{v} \right]$$

Στις περιπτώσεις δεδομένων που δίδονται με τη μορφή πινάκων συχνοτήτων η διασπορά δίνεται από τη σχέση

$$s^2 = \frac{1}{v-1} \sum_{i=1}^k v_i (\psi_i - \bar{\psi})^2$$

ή, ισοδύναμα, από τη σχέση

$$s^2 = \frac{1}{v-1} \left[\sum_{i=1}^k v_i \psi_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^k v_i \psi_i \right)^2}{v} \right]$$

Ο ίδιος τύπος ισχύει και για ομαδοποιημένα δεδομένα, αρκεί στη θέση των ψ_i να χρησιμοποιήσουμε την κεντρική τιμή των αντίστοιχων κλάσεων.

5) Η μέση απόκλιση τετραγώνου ή τυπική απόκλιση (standard deviation), (1, 2, 4, 21, 23, 24, 33, 36, 43), είναι η τετραγωνική ρίζα της διακύμανσης και δίνεται από τη σχέση

$$s = \sqrt{\frac{1}{v-1} \sum_{i=1}^v (x_i - \bar{x})^2}$$

Όταν τα δεδομένα δίνονται υπό μορφήν πινάκων συχνοτήτων η τυπική απόκλιση δίνεται από τη σχέση

$$s = \sqrt{\frac{1}{v-1} \left[\sum_{i=1}^k v_i \psi_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^k v_i \psi_i \right)^2}{v} \right]}$$

Ο ίδιος τύπος ισχύει και για ομαδοποιημένα δεδομένα αρκεί στη θέση των ψ_i να χρησιμοποιήσουμε την κεντρική τιμή των αντίστοιχων κλάσεων.

Όταν όμως θέλουμε να βρούμε την τυπική απόκλιση χρησιμοποιώντας ομαδοποιημένες τιμές έχουμε πάντα ένα σφάλμα που οφείλεται στο γεγονός ότι οι παρατηρήσεις θεωρούνται συγκεντρωμένες στο μέσον των εκλεγμένων διαστημάτων (κλάσεων). Έτσι η τιμή του s που βρίσκουμε χρησιμοποιώντας ομαδοποίηση των δεδομένων δεν είναι παρά μία προσέγγιση της πραγματικής τιμής της τυπικής απόκλισης των αρχικών παρατηρήσεων του δείγματος.

Κάτω όμως από ορισμένες συνθήκες οι προσεγγιστικές αυτές τιμές είναι δυνατόν να διορθωθούν. Στην περίπτωση που η κατανομή παρουσιάζει συμμετρία γύρω από τη μέση τιμή

της και το εύρος των κλάσεων είναι το ίδιο, έστω c , (σύμφωνα με το συμβολισμό που χρησιμοποιούμε μέχρι τώρα στην εργασία), τότε το σφάλμα που προκύπτει από τον υπολογισμό της διασποράς με χρήση ομαδοποίησης ισούται με το ένα δωδέκατο του τετραγώνου του εύρους των κλάσεων.

Δηλαδή αν s^2 είναι η διασπορά όπως προκύπτει από τις ομαδοποιημένες παρατηρήσεις, τότε η διορθωμένη διασπορά δίνεται από τη σχέση

$$s_{\delta}^2 = s^2 - \frac{c^2}{12}$$

Η παραπάνω διόρθωση, (2), οφείλεται στον W. Sheppard. Η διορθωμένη τυπική απόκλιση κατά Sheppard είναι αντίστοιχα

$$s_{\delta} = \sqrt{s_{\delta}^2} = \sqrt{s^2 - \frac{c^2}{12}}$$

6) Η μέση διαφορά κατά Gini, (2, 23), ορίζεται από τη σχέση

$$d = \frac{\sum_{i,j}^v |x_i - x_j|}{v^2} = \frac{2 \sum_{i \leq j}^v |x_i - x_j|}{v^2}$$

προκειμένου για μη ομαδοποιημένες παρατηρήσεις, ή από τη σχέση

$$d = \frac{2c \sum_{i=1}^k (v - N_i) N_i}{v^2}$$

στην περίπτωση ομαδοποιημένων παρατηρήσεων με κοινό μήκος κλάσεων c .

Η μέση διαφορά κατά Gini μας δίνει πόσο διαφέρει κάθε μέτρηση από όλες τις άλλες κατά μέσο όρο και απόλυτη τιμή.

2.2.3. Θηκόγραμμα.

Τώρα που έχουμε παρουσιάσει στην εργασία μας τα μέτρα κεντρικής τάσης και τα μέτρα διασποράς, είμαστε σε θέση να παρουσιάσουμε το θηκόγραμμα (box plot), (2, 26, 41), το οποίο είναι ένας απλός τρόπος παρουσίασης των κυριότερων χαρακτηριστικών μίας κατανομής μέσω μίας γραφικής παράστασης.

Αρχικά βρίσκουμε για τα δεδομένα που έχουμε τα δύο τεταρτημόρια Q_1 και Q_3 και τη διάμεσο δ . Μετά κατασκευάζουμε ένα ορθογώνιο με την κάτω βάση στο Q_1 και την άνω βάση στο Q_3 . Το μήκος των βάσεων του ορθογώνιου λαμβάνεται αυθαίρετα. Η διάμεσος παριστάνεται σαν ένα ευθύγραμμο τμήμα μέσα στο ορθογώνιο παράλληλο με τις βάσεις.

Στη συνέχεια διακεκομμένες γραμμές εκτείνονται από τα μέσα των βάσεων του ορθογωνίου μέχρι τις οριακές (adjacent) τιμές που προκύπτουν ως εξής: Η άνω οριακή τιμή ορίζεται σαν η μεγαλύτερη παρατήρηση η οποία είναι μικρότερη ή ίση από το $Q_3 + 1,5(Q_3 - Q_1)$.

Η κατώτερη οριακή τιμή ορίζεται σαν η μικρότερη παρατήρηση η οποία είναι μεγαλύτερη ή ίση από το $Q_1 - 1,5(Q_3 - Q_1)$.

Εάν υπάρχουν ακόμα παρατηρήσεις που βρίσκονται έξω από το εύρος των δύο οριακών τιμών, αυτές καλούνται εξωτερικές τιμές και παριστάνονται με κάποιο ιδιαίτερο σύμβολο (π.χ.*).

Το θηκόγραμμα μας δίνει το κεντρικό διάστημα με το 50% των παρατηρήσεων.

Οι διακεκομμένες γραμμές και η θέση της διαμέσου μας δίνουν μια εικόνα για τη συμμετρικότητα της κατανομής. Οι εξωτερικές τιμές μπορεί να μας καθοδηγήσουν στην αναζήτηση τυχόν έκτροπων τιμών (outliers), αν και οι εξωτερικές τιμές δεν είναι πάντα κατ'ανάγκη έκτροπες παρατηρήσεις.

2.2.4 Μέτρα σχετικής μεταβλητότητας

Για ένα σύνολο παρατηρήσεων ο λόγος της δειγματικής τυπικής απόκλισης προς τη δειγματική μέση τιμή, δηλαδή το πηλίκο

$$V = \frac{s}{\bar{x}}$$

λέγεται συντελεστής μεταβλητότητας (coefficient of variation), (2, 21). Συνήθως εκφράζεται και σαν ποσοστό, δηλαδή

$$V = \frac{\text{τυπική απόκλιση}}{\text{μέση τιμή}} = \frac{\text{τυπική απόκλιση}}{\text{μέση τιμή}} 100\%$$

Ο συντελεστής μεταβλητότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για συγκρίσεις ομάδων τιμών, οι οποίες είτε εκφράζονται σε διαφορετικές μονάδες μέτρησης είτε εκφράζονται στην ίδια μονάδα μέτρησης αλλά έχουν εντελώς διαφορετικές μέσες τιμές. Είναι δηλαδή ένα μέτρο της σχετικής μεταβλητότητας των τιμών και όχι της απόλυτης μεταβλητότητας.

Γενικά θα δεχόμαστε ότι ένα δείγμα τιμών μίας μεταβλητής θα είναι ομοιογενές εάν ο συντελεστής μεταβλητότητας δεν ξεπερνά το 10%. Προφανώς ο συντελεστής μεταβλητότητας είναι ανεξάρτητος από τις χρησιμοποιούμενες μονάδες μέτρησης των τιμών των διαφόρων μεταβλητών.

Ένα δεύτερο μέτρο σχετικής μεταβλητότητας των δεδομένων είναι ο συντελεστής Gini, (2, 23), ο οποίος ορίζεται από τη σχέση

$$g = \frac{d}{2x}$$

όπου d είναι η μέση διαφορά κατά Gini και \bar{x} ο δειγματικός μέσος. Ο συντελεστής Gini είναι ένα μέτρο σχετικής μεταβλητότητας ανάλογος του συντελεστή μεταβλητότητας V .

2.2.4.1. Μέτρα κύρτωσης

Τα μέτρα κύρτωσης, (2, 23, 41), αφορούν το βαθμό συγκέντρωσης των δεδομένων γύρω από το μέσο και τα άκρα της κατανομής και είναι τα εξής:

1) Ο συντελεστής κύρτωσης του Pearson, (2, 23, 41), ο οποίος ορίζεται από τη σχέση

$$\beta_2 = \frac{m_4}{m_2^2}$$

Μερικές φορές αντί για β_2 ο συντελεστής κύρτωσης του Pearson συμβολίζεται με α_4 , ενώ m_4 και m_2 είναι οι κεντρικές ροπές 4^{ης} και 2^{ης} τάξης αντίστοιχα.

Επειδή για κανονικές κατανομές έχουμε $\beta_2=3$ συνηθίζεται συνηθίζεται να μετράμε την κυρτότητα με τη διαφορά β_2-3 η οποία για λεπτόκυρτες κατανομές παίρνει θετικές τιμές (θετική κύρτωση) ενώ για πλατύκυρτες κατανομές γίνεται αρνητική (αρνητική κύρτωση).

2) Ο ποσοστημοριακός συντελεστής κύρτωσης (quantile coefficient of kurtosis), (2, 23, 41), χρησιμοποιεί τα τεταρτημόρια και δεκατημόρια της κατανομής και ορίζεται από τον τύπο

$$k = \frac{Q}{p_{90} - p_{10}}$$

όπου Q είναι η ενδοτεταρτημοριακή απόκλιση και p_{10} , p_{90} το 10% και 90% δεκατημόριο αντίστοιχα.

Η τιμή του ποσοστημοριακού συντελεστή κύρτωσης για την κανονική κατανομή είναι $k=50,263$.

2.2.4.2. Μέτρα ασυμμετρίας

Υπάρχουν δύο ειδών ασυμμετρίας: 1) Η θετική ασυμμετρία με την οποία εννοούμε ότι οι περισσότερες παρατηρήσεις βρίσκονται δεξιά της κορυφής M_0 . Στην ίδια κατεύθυνση βρίσκονται και η διάμεσος με τη μέση τιμή. 2) Στην αντίθετη περίπτωση θα λέμε ότι η κατανομή παρουσιάζει αρνητική ασυμμετρία.

Τα μέτρα (ή συντελεστές) καθορισμού της ασυμμετρίας, (2, 23, 41), είναι τα εξής:

1) Οι συντελεστές ασυμμετρίας του K. Pearson, (2, 23, 41), οι οποίοι ορίζονται από τις σχέσεις

$$\gamma_1 = \frac{\bar{x} - M_0}{s} \quad \gamma_2 = \frac{3(\bar{x} - \delta)}{s}$$

και λέγονται πρώτος και δεύτερος συντελεστής ασυμμετρίας του Pearson (Pearson first and second coefficient of skewness) αντίστοιχα.

Σε περίπτωση μέτριας ασυμμετρίας ισχύει προσεγγιστικά η σχέση $\gamma_1 \approx \gamma_2 \approx \gamma$. Για $\gamma = 0$ έχουμε $\bar{x} = \delta = M_0$ (συμμετρία), για $\gamma < 0$ έχουμε $\bar{x} < \delta < M_0$ ενώ για $\gamma > 0$ έχουμε $\bar{x} > \delta > M_0$.

2) Ο συντελεστής ασυμμετρίας του Bowley (Bowley's coefficient of skewness), (2, 23, 41), ή τεταρτημοριακός συντελεστής ασυμμετρίας (quartile coefficient of skewness) ορίζεται από τη σχέση

$$S_A = \frac{Q_1 + Q_3 - 2\delta}{Q_3 - Q_1} = \frac{(Q_3 - \delta) - (\delta - Q_1)}{Q_3 - Q_1}$$

Ο συντελεστής αυτός παίρνει τιμές μεταξύ 21 και 11. Για $S_A=0$ έχουμε συμμετρική κατανομή αφού $Q_3 \approx 2\delta \approx 2Q_1$, για $S_A > 0$ έχουμε τη μεγαλύτερη δυνατή θετική ασυμμετρία (με το πρώτο τεταρτημόριο να προσεγγίζει τη διάμεσο δ), ενώ για $S_A < 0$ έχουμε τη μεγαλύτερη αρνητική ασυμμετρία, αφού το τρίτο τεταρτημόριο τείνει τότε στη διάμεσο δ .

3) Για να ορίσουμε το συντελεστή ασυμμετρίας με βάση τις ροπές πρέπει πρώτα να ορίσουμε τις δειγματικές κεντρικές ροπές, (2, 23, 41).

Οι δειγματικές κεντρικές ροπές (central moments) r τάξης ορίζονται από τη σχέση

$$m_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^r \quad r = 2, 3, \dots$$

ή, ισοδύναμα, αν διαθέτουμε πίνακα συχνοτήτων από τη σχέση

$$m_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k v_i (\psi_i - \bar{\psi})^r \quad r = 2, 3, \dots$$

Η προηγούμενη σχέση μπορεί να χρησιμοποιηθεί και με ομαδοποιημένα δεδομένα, θεωρώντας τα ψ_i σαν τα κέντρα των κλάσεων. (Παρατηρούμε ότι όταν τα δεδομένα είναι συμμετρικά τοποθετημένα γύρω από τη μέση τιμή τους, οι κεντρικές ροπές περριτής τάξης μηδενίζονται).

Ο συντελεστής ασυμμετρίας, (2, 23, 41), με βάση τις ροπές (moment coefficient of skewness), τώρα, ορίζεται από τη σχέση

$$\beta_1 = \frac{m_3}{m_2^{3/2}}$$

και εκφράζει τη συμμετρία ($\beta_1 = 0$) ή ασυμμετρία ($\beta_1 \neq 0$) των δεδομένων.

Ο συντελεστής β_1 δεν καθορίζει το είδος της ασυμμετρίας (θετική ή αρνητική) αφού παίρνει μόνο θετικές τιμές. Για το λόγο αυτό, παράλληλα με το β_1 θα πρέπει να ελέγχει κανείς και το

πρόσημο της κεντρικής ροπής τρίτης τάξης m_3 . Πιο συγκεκριμένα αν $m_3 \geq 0$ θα λέμε ότι υπάρχει θετική ασυμμετρία ενώ αν $m_3 < 0$ αρνητική ασυμμετρία.

Συχνά στη βιβλιογραφία αντί του συντελεστή ασυμμετρίας β_1 χρησιμοποιείται η ποσότητα

$$a_3 = \frac{m_3}{m_2^2}$$

για την οποία προφανώς ισχύει $\beta_1 = 5a_3^2$. Το πλεονέκτημα του συντελεστή ασυμμετρίας a_3 σε σχέση με το β_1 είναι ότι ο πρώτος εκτός της ύπαρξης ($a_3 = 0$) ή όχι ($a_3 \neq 0$) ασυμμετρίας καθορίζει και το είδος της (θετική/αρνητική).

2.3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

2.3.1. Έλεγχος του Lord

Το τεστ εύρους, ή τεστ του Lord, (3), αναπτύχθηκε από τον Lord, (E.LORD, Biometrika,(1947)), και είναι ένα εναλλακτικό τεστ στο t-τεστ, στο οποίο το εύρος υποκαθιστά τη δειγματική τυπική απόκλιση στον παρανομαστή του t. Το τεστ αυτό είναι αποτελεσματικό για μικρά δείγματα, και μπορεί να οδηγήσει σε οριστικά συμπεράσματα έτσι ώστε να μην υπάρχει ανάγκη να υπολογίσουμε το t της κατανομής Student. Όπως συμβαίνει και στο t-τεστ, το τεστ εύρους υποθέτει μια κανονική κατανομή. Έχει πινακοποιηθεί μέχρι $n=20$. Μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί και για $n>20$, με τον εξής τρόπο:

Εστω π.χ. ότι έχουμε δύο συσχετισμένα δείγματα με $n=26$. Το κάθε δείγμα διαιρείται κατά τυχαίο τρόπο σε δύο ομάδες των 13. Βρίσκεται το εύρος για κάθε ομάδα, και υπολογίζεται ο μέσος όρος για τα τέσσερα εύρη. Ο Lord έχει δώσει και για το σκοπό αυτό τους απορραϊτήτους πίνακες.

Το τεστ εύρους μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για ανεξάρτητα δείγματα με τη διαφορά των μέσων να υποκαθιστά το μέσο της διαφοράς της περίπτωσης των συσχετισμένων δειγμάτων, και το μέσο όρο των ευρών των δύο δειγμάτων να υποκαθιστά το εύρος της διαφοράς, (των συσχετισμένων δειγμάτων).

2.3.2. Έλεγχος κανονικότητας των Shapiro-Wilk.

Ο W-έλεγχος κανονικότητας των Shapiro και Wilk, (43), (Biometrika 52, 1965) είναι αποτελεσματικός για μεγάλο φάσμα εφαρμογών και είναι αποτελεσματικός ακόμη και για μικρό μέγεθος του δείγματος.

Εστω n παρατηρήσεις x_1, x_2, \dots, x_n . Η W στατιστική συνάρτηση υπολογίζεται ως εξής:

1) Βάζουμε τις παρατηρήσεις κατά σειράν μεγέθους ώστε να έχουμε το διατεταγμένο δείγμα

$$x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(n)}$$

2) Υπολογίζουμε τα

$$\bar{x} = \frac{(\sum x_i)}{n}, S^2 = \sum x_i^2 - n * \bar{x}^2$$

3) Υπολογίζουμε το

$$b = \sum_{i=1}^k a_{n-i+1} [x_{(n-i+1)} - x_{(i)}]$$

όπου $k = \frac{n}{2}$ εάν n άρτιος και $k = \frac{(n-1)}{2}$ εάν n περιττός. (Οι τιμές των α_{n+1} δίνονται σε πίνακα).

4) Τότε

$$W = \frac{b^2}{S^2}$$

Η υπόθεση της κανονικότητας απορρίπτεται σε επίπεδο $p\%$ εάν $W \leq W_p$. Οι κρίσιμες τιμές του W_p δίνονται σε πίνακα. (Η κατανομή του W δεν είναι γνωστή γι' αυτό και τα ποσοστιαία σημεία υπολογίζονται χρησιμοποιώντας προσομοίωση και κατάλληλη εξομάλυνση).

2.3.3. Τεστ των Wilcoxon-Mann-Whitney

Το τεστ των Wilcoxon-Mann-Whitney, (4, 12, 43), είναι βαθμολογικός έλεγχος της μηδενικής υπόθεσης

$$H_0 : F_x = F_\psi$$

όπου F_x, F_ψ , οι αθροιστικές συναρτήσεις κατανομής των πληθυσμών από τους οποίους προέρχονται τα ανεξάρτητα δείγματα $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$ και $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_m$ αντίστοιχα.

Για τον έλεγχο της παραπάνω μηδενικής υπόθεσης, ο Wilcoxon, το 1945, πρότεινε το κριτήριο

$$U = \text{αριθμός ζευγών } (\chi_i, \psi_j), \text{ με } \chi_i > \psi_j$$

Το παραπάνω κριτήριο συνδέεται γραμμικά με το κριτήριο που πρότειναν οι Mann και Whitney, το 1947, (και το οποίο υπολογίζεται ευκολότερα),

$$W = \sum_{i=1}^n r_i$$

όπου r_i παριστάνει τον βαθμό του χ_i ($i=1,2,3,\dots,n$) στο μικτό δείγμα των n χ_i και των m ψ_j .

Πράγματι μπορεί να αποδειχθεί ότι τα κριτήρια W και U συνδέονται με τη σχέση

$$W = U + \frac{1}{2} * n * (n + 1)$$

προσδιορίζοντας έτσι τον ίδιο βαθμολογικό έλεγχο.

Αν οι μεταβλητές X και Ψ , έχουν την ίδια κατανομή τότε τα χ_i και ψ_i στο μικτό διατεταγμένο δείγμα αναμένεται να είναι καλά ανακατεμένα, δηλαδή να μην υπάρχει συσσώρευση των χ_i ή ψ_i δεξιά ή αριστερά, οπότε το W , (ή το U), αναμένεται να έχει μέτριες τιμές αν ισχύει η H_0 .

Αν η εναλλακτική υπόθεση είναι η

$$H_{-1} : F_x < F_\psi$$

η X είναι στοχαστικώς μικρότερη της Ψ και η H_0 θα απορρίπτεται όταν το W ή το U έχει πολύ «μικρή» τιμή (οι βαθμοί r_i των χ_i είναι μικρότεροι από τους βαθμούς των ψ_i).

Όταν η εναλλακτική υπόθεση είναι η

$$H_2 : F_\chi \exists F_\psi$$

η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται όταν το W ή το U έχει πολύ «μεγάλες» τιμές.

Όταν η εναλλακτική υπόθεση είναι η δίπλευρη

$$H_3 : F_\chi \# F_\psi$$

τότε η H_0 απορρίπτεται σε επίπεδο σημαντικότητας α όταν το U είναι ή πολύ μικρό ή πολύ μεγάλο, δηλαδή όταν

$$U \leq c_\alpha \text{ ή } U \geq n * m - c_\alpha, \text{ με } P[U \leq c_\alpha] = P[U \geq n * m - c_\alpha] = \frac{\alpha}{2}$$

Το U, τώρα, μπορεί να γραφεί στη μορφή

$$U = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m z_{ij}$$

όπου οι τυχαίες μεταβλητές z_{ij} ορίζονται από τη σχέση

$$z_{ij} = 1 \text{ εάν } \chi_i > \psi_j$$

$$z_{ij} = 0 \text{ εάν } \chi_i < \psi_j$$

οπότε

$$E[z_{ij} / H_0] = \frac{1}{2}$$

Έτσι,

$$E[U / H_0] = \frac{n * m}{2}$$

Ακόμα,

$$E(z_{ij} z_{sk}) = P[\chi_i > \psi_j, \chi_s > \psi_k] =$$

$$\frac{1}{2} \text{ για } i = s \text{ και } j = k$$

$$\frac{1}{4} \text{ για } i \neq s \text{ και } j \neq k$$

$$\frac{1}{3} \text{ για } i = s \text{ και } j \neq k \text{ ή } i \neq s \text{ και } j = k.$$

Έτσι

$$\sigma_U^2 = \sum_i \sum_j \sum_s \sum_k \text{cov}(z_{ij}, z_{sk}) = \frac{1}{12} n * m * (n + m + 1)$$

Για μεγάλες τιμές των n και m , η κατανομή

$$z = \frac{U - E(U)}{\sigma_U} = \frac{U - n * m}{\sqrt{\frac{1}{12} * n * m * (n + m + 1)}}$$

προσεγγίζεται από την τυπική κανονική κατανομή.

Τότε ο έλεγχος της μηδενικής υπόθεσης H_0 με βάση το κανονικό κριτήριο z έχει κρίσιμες περιοχές

1) Για την εναλλακτική υπόθεση H_1 ,

$$\kappa : z < -z_\alpha$$

2) Για την εναλλακτική υπόθεση H_2 ,

$$\kappa : z > z_\alpha$$

3) Για την εναλλακτική υπόθεση H_3 ,

$$\kappa : |z| > \frac{z_\alpha}{2}$$

όπου z_α το α -σημείο της τυποποιημένης κανονικής κατανομής.

Παρατηρήσεις

1) Το κριτήριο των Wilcoxon-Mann-Whitney είναι το αντίστοιχο απαραμετρικό κριτήριο του κλασσικού κριτηρίου t για τη σύγκριση δύο ανεξαρτήτων δειγμάτων.

2) Η μηδενική υπόθεση είναι η H_0 : τα δείγματα προέρχονται από πληθυσμούς με την ίδια αθροιστική συνάρτηση κατανομής, δηλαδή

$$H_0 : F_\chi = F_\psi$$

και ελέγχεται κατά της μονόπλευρης εναλλακτικής υπόθεσης ότι ο πληθυσμός από τον οποίο προέρχεται το δείγμα $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$ είναι στοχαστικά μικρότερος του πληθυσμού από τον οποίο προέρχεται το δείγμα $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_m$, δηλαδή

$$H_1 : F_\chi < F_\psi$$

ή ότι ο πληθυσμός από τον οποίο προέρχεται το δείγμα $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$ είναι στοχαστικά μεγαλύτερος του πληθυσμού από τον οποίο προέρχεται το δείγμα $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_m$, δηλαδή

$$H_2 : F_\chi > F_\psi$$

ή ότι ο πληθυσμός από τον οποίο προέρχεται το δείγμα $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$ είναι στοχαστικά διάφορος του πληθυσμού από τον οποίο προέρχεται το δείγμα $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_m$, δηλαδή

$$H_3 : F_\chi \neq F_\psi .$$

Αν υποθέσουμε ότι οι δύο πληθυσμοί έχουν ίσες διασπορές και είναι συμμετρικοί γύρω από τις μέσες τιμές τους, μ_χ και μ_ψ , η μηδενική και οι εναλλακτικές υποθέσεις ανάγονται ισοδύναμα στις

$$H_0: \mu_\chi = \mu_\psi$$

$$H_1: \mu_\chi < \mu_\psi$$

$$H_2: \mu_\chi > \mu_\psi$$

$$H_3: \mu_\chi \neq \mu_\psi$$

3) Στις εφαρμογές υπολογίζεται το

$$U_1 = n * m + \frac{n * (n + 1)}{2} - R_1$$

(όπου R_1 =άθροισμα βαθμών των παρατηρήσεων που προέρχονται από το δείγμα $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$), όπως επίσης και το

$$U_2 = n * m + \frac{m * (m + 1)}{2} - R_2$$

(όπου R_2 =άθροισμα βαθμών των παρατηρήσεων που προέρχονται από το δείγμα $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_m$) και σαν U λαμβάνεται το μικρότερο των U_1, U_2 .

Τότε η εναλλακτική υπόθεση H_0 απορρίπτεται προς όφελος της δίπλευρης εναλλακτικής H_3 , σε επίπεδο σημαντικότητας α , αν η τιμή του U είναι μικρότερη ή ίση από την μικρότερη τιμή πίνακα που αντιστοιχεί στις τιμές των n και m .

Για τις μονόπλευρες εναλλακτικές H_1, H_2 , η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται όταν η τιμή του U είναι μικρότερη ή ίση από τη μικρότερη τιμή του πίνακα ή μεγαλύτερη ή ίση από τη μεγαλύτερη τιμή του πίνακα, αντίστοιχα.

2.3.4. Έλεγχος Friedman

Ο έλεγχος Friedman (12,21), θεωρείται σαν γενίκευση του προσημικού ελέγχου για την περίπτωση που έχουμε $k > 2$ συσχετισμένα δείγματα.

Έστω ότι έχουμε k δείγματα μεγέθους n το καθένα. Συμβολίζουμε με $\chi_{i1}, \chi_{i2}, \dots, \chi_{in}$ τις τιμές του i -δείγματος και τις τοποθετούμε σαν στοιχεία της i -στήλης ενός πίνακα για $I=1, 2, \dots, k$. Έτσι οι παρατηρήσεις μπορούν να ταξινομηθούν σε ένα $n \times k$ πίνακα με n γραμμές και k στήλες.

Ο έλεγχος συνίσταται στον καθορισμό βαθμών, (ranks), για τα στοιχεία κάθε γραμμής, (block), ανάλογα με το μέγεθος τους, και γίνεται με το στατιστικό

$$F = \frac{12}{n * k * (k + 1)} * \sum_{i=1}^k R_i^2 - 3n * (k + 1)$$

όπου:

k=το πλήθος των δειγμάτων

n=το μέγεθος των δειγμάτων (κοινό για όλα τα δείγματα).

R_i =το άθροισμα των βαθμών, (ranks), του i-δείγματος.

Σε ίσες παρατηρήσεις, (ties), δίνουμε για βαθμούς, (ranks), τις μέσες τιμές των αντίστοιχων βαθμών που θα έπαιρναν αν δεν είχαμε δεσμούς.

Η μηδενική υπόθεση είναι :

$$H_0: \text{τα } k \text{ δείγματα προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό}$$

ενώ η εναλλακτική υπόθεση είναι:

$$H_1: \text{τα } k \text{ δείγματα δεν προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό.}$$

Η H_0 απορρίπτεται όταν:

$$F > F_{n,k;a}$$

όπου οι τιμές $F_{n,k;a}$ βρίσκονται από πίνακες για $k=3$ και $n=2,3,\dots,9$ ή $k=4$ και $n=2,3,4$, και όταν:

$F > \chi_{k-1;a}^2$ για τις άλλες τιμές των n και k καθόσον η ασυμπτωτική κατανομή της ποσότητας F είναι η χ_{k-1}^2 .

2.3.5. t-τεστ ανεξαρτήτων δειγμάτων.

Εστω δύο ανεξάρτητα δείγματα $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$, και $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_m$, αντίστοιχα, τα οποία ακολουθούν, το καθ'ένα χωριστά, κανονικές κατανομές με διακυμάνσεις σ_χ^2 και σ_ψ^2 άγνωστες, αλλά ίσες.

Η, προς έλεγχο, μηδενική υπόθεση είναι:

$$H_0: \mu_\chi = \mu_\psi$$

όπου μ_χ και μ_ψ είναι οι μέσοι των πληθυσμών από τους οποίους προέρχονται τα δείγματα.

Διακρίνουμε τρεις δυνατές εναλλακτικές υποθέσεις, τις εξής:

$$H_1: \mu_\chi > \mu_\psi$$

$$H_2: \mu_\chi < \mu_\psi$$

$$H_3: \mu_\chi \neq \mu_\psi$$

Συμβολίζουμε με σ^2 την κοινή τιμή των δύο διακυμάνσεων σ_χ^2 και σ_ψ^2 , δηλαδή, $\sigma^2 = \sigma_\chi^2 = \sigma_\psi^2$. (Ο έλεγχος της ισότητας των γίνεται είτε με F-τεστ, είτε με Levene-τεστ). Τότε, ο έλεγχος της H_0 γίνεται με το στατιστικό, (3, 7, 8, 9),

$$t = \frac{\bar{X} - \bar{\Psi}}{S^* \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{m}}}$$

όπου

$$S^2 = \frac{(n-1)S_\chi^2 + (m-1)S_\psi^2}{n+m-2}$$

και S_χ^2, S_ψ^2 οι δειγματικές διακυμάνσεις των δύο δειγμάτων.

Οι περιοχές απόρριψης της H_0 , ανάλογα με τη μορφή της εναλλακτικής υπόθεσης, είναι οι εξής:

$$t \geq t_{\alpha; n+m-2}$$

για την εναλλακτική υπόθεση H_1 ,

$$t \leq -t_{\alpha; n+m-2}$$

για την εναλλακτική υπόθεση H_2 , και,

$$|t| \geq t_{\frac{\alpha}{2}; n+m-2}$$

για την εναλλακτική υπόθεση, H_3 , αντίστοιχα.

2.3.6 t-τεστ μη ανεξάρτητων δειγμάτων.

Εστω δύο μη ανεξάρτητα δείγματα $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$, και $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_n$, αντίστοιχα, για παράδειγμα, δείγματα τα οποία προέρχονται από πειράματα τα οποία είναι γνωστά με το όνομα ΠΡΙΝ-ΜΕΤΑ. Στα πειράματα αυτά έχουμε n πειραματικές μονάδες και σε κάθε μία μετράμε κάποιο φυσικό μέγεθος πριν από την εφαρμογή μιάς δοκιμασίας. Μετά παρέλευση κάποιου χρόνου από την εφαρμογή της δοκιμασίας, μετράμε, στις ίδιες πειραματικές μονάδες, το ίδιο φυσικό μέγεθος που μετρήσαμε και πριν την εφαρμογή της.

Η προς έλεγχο μηδενική υπόθεση είναι η

$$H_0: \mu_\chi = \mu_\psi$$

με δυνατές εναλλακτικές υποθέσεις τις

$$H_1: \mu_\chi > \mu_\psi$$

$$H_2: \mu_\chi < \mu_\psi$$

$$H_3: \mu_\chi \neq \mu_\psi$$

Ο έλεγχος της μηδενικής υπόθεσης H_0 γίνεται ως εξής:

1) Σχηματίζουμε τις διαφορές

$$d_i = \chi_i - \psi_i \quad (i = 1, 2, \dots, n).$$

2) Υπολογίζουμε τη δειγματική μέση τιμή \bar{d} και διακύμανση S_d^2 των d_i , ($i = 1, 2, \dots, n$), από τις σχέσεις

$$\bar{d} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n d_i$$

και

$$S_d^2 = \frac{1}{n-1} * \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2$$

3) Ο έλεγχος της μηδενικής υπόθεσης

$$H_0 : \mu_\chi = \mu_\psi$$

είναι ισοδύναμος με τον έλεγχο της υπόθεσης

$$H_0 : \mu_d = 0,$$

όπου μ_d είναι η αληθινή μέση τιμή ενός υποτιθέμενου πληθυσμού από τον οποίο προήλθε το δείγμα των d_i ($i=1,2,\dots,n$).

Γενικά, έχουμε ισοδύναμα,

$$H_0 : \mu_d = 0$$

$$H_1 : \mu_d > 0$$

$$H_2 : \mu_d < 0$$

$$H_3 : \mu_d \neq 0$$

4) Αν τα d_i ($i=1,2,\dots,n$), ακολουθούν κανονική κατανομή τότε ο έλεγχος της H_0 γίνεται με το στατιστικό, (3, 7, 8, 9),

$$t = \frac{\bar{d}}{\sqrt{\frac{S_d^2}{n}}}$$

5)) Αν τα d_i ($i=1,2,\dots,n$), δεν ακολουθούν κανονική κατανομή, το Κεντρικό Οριακό Θεώρημα επιτρέπει τον έλεγχο, αρκεί το n να είναι αρκετά μεγάλο. (Πρακτικά, όπως αναφέρεται στο μεγαλύτερο μέρος της βιβλιογραφίας, πρέπει $n > 30$).

6) Οι περιοχές απόρριψης της H_0 ανάλογα με τη μορφή της εναλλακτικής υπόθεσης, είναι οι εξής:

$$t \geq t_{\alpha; n-1}$$

για την εναλλακτική υπόθεση H_1 ,

$$t \leq -t_{\alpha; n-1}$$

για την εναλλακτική υπόθεση H_2 , και

$$|t| \geq t_{\frac{\alpha}{2}; n-1}$$

για την εναλλακτική υπόθεση H_3 .

2.3.7. Έλεγχος-F.

Υποθέτουμε ότι έχουμε δύο τυχαία δείγματα $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$, (από ένα πληθυσμό με μέση τιμή μ_χ και διακύμανση σ_χ^2), και $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_m$ (από ένα πληθυσμό με μέση τιμή μ_ψ και διακύμανση σ_ψ^2).

Στην περίπτωση αυτή μπορούμε να ελέγξουμε τη μηδενική υπόθεση

$$H_0: \sigma_\chi^2 = \sigma_\psi^2$$

ως προς μία από τις εναλλακτικές υποθέσεις

$$H_1: \sigma_\chi^2 > \sigma_\psi^2$$

$$H_2: \sigma_\chi^2 < \sigma_\psi^2$$

$$H_3: \sigma_\chi^2 \neq \sigma_\psi^2$$

Για τον έλεγχο της μηδενικής υπόθεσης διακρίνουμε δύο περιπτώσεις:

Στην πρώτη περίπτωση τα δύο δείγματα $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$ και $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_m$ είναι ανεξάρτητα ενώ στη δεύτερη δεν είναι. Εδώ θα εξεταστεί μόνο η πρώτη περίπτωση.

Στην περίπτωση των ανεξαρτήτων δειγμάτων, δεν υπάρχει ένα στατιστικό, (9), για τον έλεγχο της

$$H_0: \sigma_\chi^2 = \sigma_\psi^2$$

αλλά το στατιστικό, όπως και η περιοχή απόρριψης της H_0 , εξαρτάται από τη μορφή της εναλλακτικής υπόθεσης. Οι διάφορες εναλλακτικές υποθέσεις, τα αντίστοιχα στατιστικά, και οι περιοχές απόρριψης της H_0 δίνονται παρακάτω:

Εναλλακτική Υπόθεση	Στατιστικό	Περιοχή απόρριψης H_0
$H_1: \sigma_\chi^2 > \sigma_\psi^2$	$F = \frac{S_\chi^2}{S_\psi^2}$	$F \geq F_{\alpha; n-1, m-1}$
$H_2: \sigma_\chi^2 < \sigma_\psi^2$	$F = \frac{S_\psi^2}{S_\chi^2}$	$F \geq F_{\alpha; m-1, n-1}$
$H_3: \sigma_\chi^2 \neq \sigma_\psi^2$	$F = \frac{S_\chi^2}{S_\psi^2}, \text{ αν } S_\chi^2 \geq S_\psi^2$	$F \geq F_{\frac{\alpha}{2}; n-1, m-1}$
	ή	
	$F = \frac{S_\psi^2}{S_\chi^2}, \text{ αν } S_\chi^2 < S_\psi^2$	$F \geq F_{\frac{\alpha}{2}; m-1, n-1}$

Απαραίτητη προϋπόθεση για τη χρήση των στατιστικών και των αντίστοιχων περιοχών απόρριψης, όπως αυτά δόθηκαν προηγούμενα, είναι καθ'ένα από τα δύο δείγματα να ακολουθεί κανονική κατανομή.

2.3.8. Ο συντελεστής συσχέτισης του πληθυσμού.

Θεωρούμε τις τυχαίες μεταβλητές X και Ψ με μέσους

$$\mu_x = E(X), \quad \mu_\psi = E(\Psi)$$

και διακυμάνσεις

$$\sigma_x^2 = \text{Var}(X), \quad \sigma_\psi^2 = \text{Var}(\Psi)$$

Η συνδιακύμανση των X και Ψ μας δίνει ένα μέτρο του βαθμού με τον οποίο οι μεταβλητές X και Ψ συσχετίζονται και ορίζεται από τη σχέση

$$\text{Cov}(X, \Psi) = E[(X - \mu_x) * (\Psi - \mu_\psi)] = E(X\Psi) - E(X) * E(\Psi)$$

Στην περίπτωση που η συνδιακύμανση είναι διάφορη του μηδενός, οι δύο τυχαίες μεταβλητές παρουσιάζουν γραμμική εξάρτηση. Αν:

- 1) υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ των X και Ψ , τότε η συνδιακύμανση είναι θετική. $\text{Cov}(X, \Psi) > 0$.
- 2) υπάρχει αρνητική συσχέτιση μεταξύ των X και Ψ , τότε η συνδιακύμανση είναι αρνητική. $\text{Cov}(X, \Psi) < 0$.
- 3) δεν υπάρχει γραμμική συσχέτιση ανάμεσα στις X και Ψ , τότε η συνδιακύμανση είναι μηδέν. $\text{Cov}(X, \Psi) = 0$.

Υπάρχουν δύο βασικές αδυναμίες της συνδιακύμανσης ως μέτρου της γραμμικής συσχέτισης των μεταβλητών X και Ψ .

A) Είναι γνωστό ότι αν οι X και Ψ είναι στοχαστικώς ή στατιστικώς ανεξάρτητες, τότε $\text{Cov}(X, \Psi) = 0$. Όμως αν $\text{Cov}(X, \Psi) = 0$, αυτό δεν συνεπάγεται ότι οι X και Ψ είναι στοχαστικώς ανεξάρτητες.

B) Η δεύτερη αδυναμία είναι ότι η τιμή της συνδιακύμανσης εξαρτάται από τις μονάδες μέτρησης των μεταβλητών. Για το λόγο αυτό, η συνδιακύμανση δεν ενδείκνυται ως μέτρο της γραμμικής συσχέτισης ανάμεσα σε δύο μεταβλητές, γιατί το μέτρο πρέπει να είναι απαλλαγμένο από τις μονάδες μέτρησης.

Το μέτρο αυτό μπορεί να προκύψει, αν η συνδιακύμανση διαιρεθεί με το γινόμενο των τυπικών αποκλίσεων των δύο μεταβλητών X και Ψ .

Το μέτρο ή ο συντελεστής που προκύπτει, ο οποίος συμβολίζεται με ρ , (ή $\rho_{\chi\psi}$), ονομάζεται συντελεστής συσχέτισης του πληθυσμού (25), και ορίζεται ως:

$$\rho = \frac{\text{Cov}(X, \Psi)}{\sigma_{\chi} * \sigma_{\psi}}$$

Ιδιότητες του ρ :

1) ο συντελεστής συσχέτισης ρ είναι η προσδοκώμενη τιμή του γινομένου των τυποποιημένων τυχαιών μεταβλητών. Πράγματι:

$$\rho = \frac{\text{Cov}(X, \Psi)}{\sigma_{\chi} * \sigma_{\psi}} = \frac{E[(X - \mu_{\chi}) * (\Psi - \mu_{\psi})]}{\sigma_{\chi} * \sigma_{\psi}} = E\left[\left(\frac{X - \mu_{\chi}}{\sigma_{\chi}}\right) * \left(\frac{\Psi - \mu_{\psi}}{\sigma_{\psi}}\right)\right] = E(Z_{\chi} * Z_{\psi})$$

όπου Z_{χ} και Z_{ψ} είναι οι τυποποιημένες μεταβλητές

$$Z_{\chi} = \frac{X - \mu_{\chi}}{\sigma_{\chi}}, \quad Z_{\psi} = \frac{\Psi - \mu_{\psi}}{\sigma_{\psi}}$$

2) $\rho = \text{Cov}(Z_{\chi}, Z_{\psi})$

Επειδή έχουμε τυποποιημένες μεταβλητές Z_{χ}, Z_{ψ} ,

$$E(Z_{\chi}) = \mu_{Z_{\chi}} = 0, \quad E(Z_{\psi}) = \mu_{Z_{\psi}} = 0,$$

οπότε

$$\rho = E[(Z_{\chi} - \mu_{Z_{\chi}}) * (Z_{\psi} - \mu_{Z_{\psi}})] = \text{Cov}(Z_{\chi} * Z_{\psi})$$

Έτσι ο συντελεστής συσχέτισης του πληθυσμού είναι η συνδιακύμανση των τυποποιημένων τυχαιών μεταβλητών

3) ο συντελεστής συσχέτισης του πληθυσμού ρ παίρνει τιμές από +1 έως και -1 με τις ακόλουθες ερμηνείες:

α) Όταν $\rho=0$ συνεπάγεται ότι δεν υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα στις δύο μεταβλητές, δεν συνεπάγεται όμως ότι οι X και Ψ είναι ανεξάρτητες.

Στην περίπτωση που οι κατανομές περιθωρίου των τυχαιών μεταβλητών X και Ψ είναι κανονικές, τότε η από κοινού κατανομή των X και Ψ είναι η διδιάστατη κανονική κατανομή. Μια από τις παραμέτρους της διδιάστατης κανονικής κατανομής είναι και ο συντελεστής συσχέτισης του πληθυσμού, ρ . Αν $\rho=0$, στη διδιάστατη κανονική κατανομή, τότε οι δύο μεταβλητές είναι ανεξάρτητες.

Για τις τυχαιές μεταβλητές X και Ψ , θεωρούμε τις διαφορές:

$$\chi_1 = X - \mu_{\chi} \quad \text{και} \quad \Psi_1 = \Psi - \mu_{\psi}$$

Εστω, επίσης, $\Phi(\xi)$ η συνάρτηση

$$\Phi(\xi) = E(X_1 + \xi * \Psi_1)^2 \geq 0, \quad \xi \in \mathbb{R}$$

Η $\Phi(\xi)$ αναπτυσσόμενη μας δίνει:

$$\Phi(\xi) = \xi^2 * E(\Psi_1^2) + 2\xi * E(X_1 * \Psi_1) + E(X_1^2) \geq 0$$

η οποία είναι δευτεροβάθμιος συνάρτηση του ξ . Για να ισχύει η ανισότητα για κάθε ξ , πρέπει η διακρίνουσα να είναι αρνητική:

$$E(X_1 * \Psi_1)^2 - E(X_1^2) * E(\Psi_1^2) \leq 0$$

ή,

$$E(X_1 * \Psi_1)^2 \leq E(X_1^2) * E(\Psi_1^2)$$

ή

$$\frac{E(X_1 * \Psi_1)^2}{E(X_1^2) * E(\Psi_1^2)} \leq 1$$

$$\frac{E[(X - \mu_x) * (\Psi - \mu_\psi)]^2}{E(X - \mu_x)^2 * E(\Psi - \mu_\psi)^2} \leq 1$$

ή

$$\rho^2 \leq 1$$

ή

$$-1 \leq \rho \leq 1$$

Η σχέση αυτή δείχνει, επίσης, ότι ο συντελεστής συσχέτισεως δεν μεταβάλλεται, μεταβαλομένης της κλίμακας της μεταβλητής.

β) όταν $\rho=1$, υπάρχει πλήρης θετική γραμμική συσχέτιση ανάμεσα στις δύο μεταβλητές.

γ) όταν $\rho=-1$, υπάρχει πλήρης αρνητική γραμμική συσχέτιση ανάμεσα στις δύο μεταβλητές.

2.3.9. Δειγματικός συντελεστής συσχέτισης του Pearson

Εστω X, Ψ δύο τυχαίες μεταβλητές και $\rho(X, \Psi)$ ο αντίστοιχος πληθυσμιακός συντελεστής συσχέτισεως. Τότε, ένας εκτιμητής του $\rho(X, \Psi)$, βασισμένος σ' ένα τυχαίο δείγμα $(\chi_1, \psi_1), (\chi_2, \psi_2), \dots, (\chi_n, \psi_n)$ μεγέθους n , είναι (45), είναι ο δειγματικός συντελεστής συσχέτισεως του Pearson, ο οποίος ορίζεται από τη σχέση:

$$r(\chi, \psi) = \frac{\sum_{i=1}^n (\chi_i - \bar{\chi}) * (\psi_i - \bar{\psi})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\chi_i - \bar{\chi})^2} * \sqrt{\sum_{i=1}^n (\psi_i - \bar{\psi})^2}}$$

Η μηδενική υπόθεση

$$H_0: \rho = 0$$

ελέγχεται έναντι των εναλλακτικών υποθέσεων

$$H_1: \rho > 0$$

$$H_2: \rho < 0$$

$$H_3: \rho \neq 0$$

Ο έλεγχος γίνεται με το στατιστικό

$$t = r * \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$$

του οποίου η κατανομή είναι η t_{n-2} , όταν η από κοινού κατανομή των X και Ψ είναι η διδιάστατος κανονική κατανομή.

Επειδή η υπόθεση

$$H_0: \rho = 0$$

είναι ισοδύναμη με την υπόθεση

$$H_0: \beta_1 = 0$$

όπου β_1 είναι το β_1 της σχέσης

$$\psi_i = \beta_0 + \beta_1 * \chi_i + \varepsilon_i \quad (i=1,2,\dots,n)$$

της απλής γραμμικής παλινδρόμησης και επειδή ο έλεγχος της

$$H_0: \beta_1 = 0$$

απαιτεί τα σφάλματα ε_i να ακολουθούν κανονική κατανομή, έπεται ότι για τον έλεγχο της υπόθεσης

$$H_0: \rho = 0$$

η υπόθεση της διδιάστατης κανονικής κατανομής μπορεί να αντικατασταθεί από την υπόθεση τουλάχιστον μία από τις X και Ψ να ακολουθεί την κανονική κατανομή.

Η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται όταν

$$a) t \geq t_{\alpha; n-2}$$

$$\beta) t \leq -t_{\alpha; n-2}$$

$$\gamma) |t| \geq t_{\frac{\alpha}{2}; n-2}$$

αντίστοιχα, ανάλογα με τη μορφή της εναλλακτικής υπόθεσης.

Εάν, τώρα, r είναι ο δειγματικός συντελεστής συσχέτισης του Pearson, από ένα τυχαίο δείγμα $(\chi_1, \psi_1), (\chi_2, \psi_2), \dots, (\chi_n, \psi_n)$ από κανονική κατανομή, και ρ ο αντίστοιχος πληθυσμιακός συντελεστής συσχέτισης, τότε ασυμπτωτικώς, (δηλαδή όταν $n \rightarrow \infty$),

$$\sqrt{n} * (r - \rho) \rightarrow N(0, (1 - \rho^2)^2)$$

Αυτό δεν έχει μεγάλη πρακτική σημασία γιατί η σύγκλιση είναι βραδεία. Αν χρησιμοποιήσουμε όμως τον διασποροσταθεροποιητικό μετασχηματισμό του Fisher

$$\zeta = g(\rho) = \int \frac{d\rho}{1 - \rho^2} = \frac{1}{2} \log \frac{1 + \rho}{1 - \rho} = \tanh^{-1} \rho$$

και επομένως την

$$z = \frac{1}{2} \log \frac{1 + r}{1 - r} = \tanh^{-1} r,$$

η σύγκλιση προς την κανονική είναι πολύ ταχύτερη.

Ειδικότερα η προσέγγιση

$$\sqrt{n-3} * (z - \zeta) \rightarrow N(0,1)$$

είναι ικανοποιητική για μέτριες τιμές του n (n>50, ή n>20, κατ'άλλους συγγραφείς στη βιβλιογραφία).

2.3.10. Συντελεστής συσχέτισης του Spearman

Εστω δύο τυχαίες μεταβλητές X και Ψ καμμία από τις οποίες δεν ακολουθεί κανονική κατανομή. Τότε, για την εκτίμηση του πληθυσμιακού συντελεστή συσχέτισης δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο δειγματικός συντελεστής συσχέτισης του Pearson. Ο συντελεστής που χρησιμοποιείται είναι ο βαθμολογικός συντελεστής συσχέτισης του Spearman, (1), ο οποίος ορίζεται ως εξής:

Όταν <n> αντικείμενα τοποθετηθούν κατά τάξη προτιμήσεως, το άθροισμα των τάξεων είναι:

$$1 + 2 + \dots + n = \frac{1}{2} * n * (n + 1)$$

και, εάν συμβολίσουμε με X την τάξη, τότε

$$\bar{X} = \frac{1}{2} * (n + 1)$$

Επίσης

$$\sum_{i=1}^n X_i^2 = 1^2 + 2^2 + \dots + n^2 = \frac{1}{6} * n * (n + 1) * (2n + 1)$$

Ετσι,

$$\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 = \sum_{i=1}^n X_i^2 - n * \bar{X}^2 = \frac{1}{6} * n * (n + 1) * (2n + 1) - \frac{1}{4} * n * (n + 1)^2 = \frac{n * (n^2 - 1)}{12}$$

Αντίστοιχα,

$$\bar{\Psi} = \frac{1}{2} * (n+1), \quad \sum_{i=1}^n (\Psi_i - \bar{\Psi})^2 = \frac{n * (n^2 - 1)}{12}$$

και

$$n\bar{X}\bar{\Psi} = \frac{1}{4} * n * (n+1) \quad \sqrt{\left[\sum (X_i - \bar{X})^2 \right] \left[\sum (\Psi_i - \bar{\Psi})^2 \right]} = \frac{1}{12} * n * (n^2 - 1)$$

Αν χρησιμοποιήσουμε τον τύπο του συντελεστή συσχέτισης του Pearson, θα έχουμε

$$r_s = \frac{\sum (X_i - \bar{X}) * (\Psi_i - \bar{\Psi})}{\sqrt{\left[\sum (X_i - \bar{X})^2 \right] * \left[\sum (\Psi_i - \bar{\Psi})^2 \right]}}, \quad \acute{\eta},$$

$$r_s = \frac{\sum X_i \Psi_i - n\bar{X}\bar{\Psi}}{\frac{1}{12} n * (n^2 - 1)} = \frac{\sum X_i \Psi_i - \frac{1}{4} n * (n+1)^2}{\frac{1}{12} n * (n^2 - 1)}$$

Ο παραπάνω τρόπος είναι ένας πολύ καλός τρόπος υπολογισμού του r_s συνήθως όμως χρησιμοποιείται ένας τύπος που στηρίζεται στις διαφορές των τάξεων $d_i = (X_i - \Psi_i)$ για κάθε δείγμα.

$$\sum_{i=1}^n d_i^2 = \sum_{i=1}^n (X_i - \Psi_i)^2 = \sum_{i=1}^n X_i^2 - 2 \sum_{i=1}^n X_i \Psi_i + \sum_{i=1}^n \Psi_i^2 = \frac{1}{3} n * (n+1) * (2n+1) - 2 \sum_{i=1}^n X_i \Psi_i$$

Έτσι,

$$\sum_{i=1}^n X_i \Psi_i = \frac{1}{6} n * (n+1) * (2n+1) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n d_i^2$$

Οπότε,

$$r_s = \frac{\frac{1}{6} n * (n+1) * (2n+1) - \frac{1}{4} n * (n+1)^2 - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n d_i^2}{\frac{1}{12} n * (n^2 - 1)} = \frac{\frac{1}{12} n * (n^2 - 1) - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n d_i^2}{\frac{1}{12} n * (n^2 - 1)} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n * (n^2 - 1)}$$

2.3.11.Ελεγχος του Levene

Μία από τις προϋποθέσεις που τίθενται στην ανάλυση διακύμανσης είναι η ισότητα των πληθυσμιακών διασπορών μεταξύ των διαφόρων ομάδων. Η προϋπόθεση αυτή είναι απαραίτητο να διερευνάται, προκειμένου να εξασφαλίζεται η ακεραιότητα της ανάλυσης. Για τον έλεγχο της ισότητας δύο ή περισσότερων πληθυσμιακών διακυμάνσεων χρησιμοποιούνται διάφορα τεστ, ένα από τα οποία είναι το τεστ του Levene.

Το τεστ του Levene, (8, 35), βασίζεται ουσιαστικά σε μια νέα ανάλυση διακύμανσης που πραγματοποιείται, όχι όμως στις αρχικές τιμές των παρατηρήσεων χ_{ij} , αλλά σε νέες που προκύπτουν με μετασχηματισμό των αρχικών.

Οι νέες μεταβλητές που ορίζονται, προκύπτουν από τις τιμές των αρχικών παρατηρήσεων, αφαιρώντας από κάθε μία τη δειγματική μέση τιμή της ομάδας στην οποία ανήκει και παίρνοντας την απόλυτη τιμή αυτής της διαφοράς:

$$\psi_{ij} = \left| \chi_{ij} - \bar{\chi}_j \right| \quad i=1,2,\dots,n_j, \quad j=1,2,\dots,k$$

Όταν δημιουργηθούν οι νέες τιμές ψ_{ij} πραγματοποιείται μια ανάλυση διακύμανσης με χρήση αυτών των νέων τιμών ψ_{ij} . Η μηδενική υπόθεση του ελέγχου αυτής της ανάλυσης είναι η

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2$$

ενώ η εναλλακτική υπόθεση είναι η

$$H_1: \text{Δύο τουλάχιστον από τις } \sigma_1^2, \sigma_2^2, \dots, \sigma_k^2 \text{ διαφέρουν μεταξύ τους.}$$

Το κριτήριο του ελέγχου είναι η ποσότητα

$$F = \frac{s_b^2}{s_w^2}$$

όπου

$$s_b^2$$

το μέσο τετράγωνο μεταξύ των ομάδων για τις νέες τιμές και

$$s_w^2$$

το αντίστοιχο μέσο τετράγωνο στο εσωτερικό των ομάδων.

Όταν ισχύει η μηδενική υπόθεση της ισότητας των διασπορών, ο λόγος

$$F = \frac{s_b^2}{s_w^2}$$

ακολουθεί την κατανομή F με $k-1$ και $N-k$ βαθμούς ελευθερίας.

Αν και οι νέες τιμές ψ_{ij} μπορεί να μην ακολουθούν την κανονική κατανομή, εντούτοις ο έλεγχος του Levene, ακόμη και σε περιπτώσεις ασύμμετρων κατανομών, δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα. Σε περιπτώσεις έντονα ασύμμετρων κατανομών, μπορεί κατά τον υπολογισμό των ψ_{ij} , αντί των δειγματικών μέσων τιμών των ομάδων, να χρησιμοποιούνται οι διάμεσοι των ομάδων. Επίσης, σε περιπτώσεις έντονα λεπτόκυρτων ή πλατύκυρτων κατανομών μπορεί, αντί των δειγματικών μέσων τιμών, να χρησιμοποιούνται οι 10% «ξακρισμένες» μέσες τιμές των ομάδων.

2.3.12. Έλεγχος Kolmogorof-Smirnof δύο δειγμάτων

Με το τεστ αυτό, (4,12), ελέγχεται η ομοιογένεια δύο ανεξάρτητων πληθυσμών.

Εστω ότι έχουμε δύο ανεξάρτητα τυχαία δείγματα, $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$, και $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_m$, από τις κατανομές $A(\chi)$ και $B(\chi)$ αντίστοιχα. Η μηδενική υπόθεση είναι:

$$H_0: \text{τα δύο δείγματα προέρχονται από την ίδια κατανομή}$$

δηλαδή,

$$H_0: A(\chi) = B(\chi) \text{ για κάθε } \chi$$

Οι εναλλακτικές υποθέσεις είναι

$$H_1: A(\chi) \geq B(\chi) \text{ για κάθε } \chi \text{ με το } > \text{ να ισχύει για ένα τουλάχιστον } \chi$$

$$H_2: A(\chi) \leq B(\chi) \text{ για κάθε } \chi \text{ με το } < \text{ να ισχύει για ένα τουλάχιστον } \chi$$

$$H_3: A(\chi) \neq B(\chi) \text{ για ένα τουλάχιστον } \chi$$

Ο έλεγχος της μηδενικής υπόθεσης H_0 έναντι της εναλλακτικής υπόθεσης H_3 γίνεται με το κριτήριο

$$D_{n,m} = \sup_{-\infty < \chi < \infty} |A_n(\chi) - B_m(\chi)|$$

όπου $A_n(\chi)$ είναι η εμπειρική συνάρτηση κατανομής του χ -δείγματος, η οποία ορίζεται από τη σχέση

$$A_n(\chi) = \frac{1}{n} * \{\text{αριθμός των } \chi_i \leq \chi\},$$

για κάθε χ με $-\infty < \chi < \infty$, και $B_m(\chi)$ η εμπειρική συνάρτηση κατανομής του ψ -δείγματος, η οποία ορίζεται από τη σχέση

$$B_m(\chi) = \frac{1}{m} * \{\text{αριθμός των } \psi_i \leq \psi\} \text{ για κάθε } \psi \text{ } -\infty < \chi < \infty.$$

Η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται για μεγάλες τιμές του $D_{n,m}$. Η κρίσιμη περιοχή σε επίπεδο σημαντικότητας α για τον έλεγχο της μηδενικής υπόθεσης H_0 , ορίζεται από τη σχέση

$$D_{n,m} \geq D_{n,m}(\alpha)$$

όπου τα κρίσιμα σημεία $D_{n,m}(\alpha)$ δίνονται σε πίνακες για τις διάφορες τιμές των α, n, m .

Για τον έλεγχο της μηδενικής υπόθεσης H_0 έναντι της μονόπλευρης εναλλακτικής H_1 , χρησιμοποιείται το κριτήριο

$$D_{n,m}^+ = \sup_{-\infty < \chi < \infty} [A_n(\chi) - B_m(\chi)]$$

με κρίσιμη περιοχή

$$D_{n,m}^+ \geq D_{n,m}^+(\alpha)$$

Ομοια, για τον έλεγχο της μηδενικής υπόθεσης H_0 έναντι της μονόπλευρης εναλλακτικής υπόθεσης H_2 , χρησιμοποιείται το κριτήριο

$$D_{n,m}^- = \sup_{-\infty < \chi < \infty} [A_n(\chi) - B_m(\chi)]$$

με κρίσιμη περιοχή

$$D_{n,m}^- \geq D_{n,m}^-(\alpha)$$

Τα $D_{n,m}(\alpha)$ και $D_{n,m}^+(\alpha)$ ορίζονται έτσι ώστε

$$P[D_{n,m} \geq D_{n,m}(\alpha)] = \alpha$$

και

$$P[D_{n,m}^+ \geq D_{n,m}^+(\alpha)] = \alpha$$

αντίστοιχα, και δίνονται σε πίνακες.

2.3.13. Το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov

Θεωρούμε ένα τυχαίο δείγμα από κάποια κατανομή $F(\chi)$. Η μηδενική υπόθεση είναι η

$$H_0: F(\chi) = F_0(\chi) \text{ για κάθε } \chi$$

όπου $F_0(\chi)$ δοθείσα συνάρτηση κατανομής. Η δίπλευρος εναλλακτική υπόθεση είναι η

$$H_1: F(\chi) \neq F_0(\chi)$$

Για τον έλεγχο, (4), ο Kolmogorov πρότεινε το κριτήριο

$$D_n = \sup_x |F_n(\chi) - F_0(\chi)|$$

και απόρριψη της H_0 όταν το D_n είναι πολύ μεγάλο, δηλαδή όταν

$$D_n > c_\alpha$$

όπου c_α σταθερά που πληρεί τη σχέση

$$P[D_n > c_\alpha / H_0] = \alpha$$

$F_n(\chi)$ είναι η εμπειρική συνάρτηση κατανομής τυχαίου δείγματος $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$.

Επί πλέον έδειξε ότι η ασυμπτωτική κατανομή. (του $n \rightarrow \infty$), του D_n δίνεται από τη σχέση

$$K(\chi) = \lim_{n \rightarrow \infty} P[\sqrt{n} * D_n \leq \chi] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} (-1)^k e^{-2k^2 \chi^2} = 1 - 2 \sum_{j=1}^{\infty} (-1)^{j-1} e^{-2j \chi^2}$$

κάτω από τη μηδενική υπόθεση H_0 και για κάθε συνεχή συνάρτηση κατανομής $F_0(\chi)$. Ανω σημεία της $D_n(x)$ για διάφορες τιμές του α δίδονται σε πίνακες.

Για $n > 80$ οι κρίσιμες τιμές του D_n μπορούν να ληφθούν ίσες προς

$$\frac{1,36}{\sqrt{\nu}}$$

για $\alpha=0,05$, και

$$\frac{1,63}{\sqrt{\nu}}$$

για $\alpha=0,01$.

Όταν ελέγχουμε τη μηδενική υπόθεση H_0 , έναντι της μονόπλευρης εναλλακτικής υπόθεσης

$$H_1 : F_1(\chi) \geq F_0(\chi)$$

χρησιμοποιούμε το προσημασμένο στατιστικό κριτήριο

$$D_{\nu}^{+} = \sup_{\chi} [F_{\nu}(\chi) - F_0(\chi)]$$

και απορρίπτουμε όταν η D_{ν}^{+} είναι πολύ μεγάλη.

Ο Smirnof έδωσε την ακριβή συνάρτηση κατανομής του D_{ν}^{+} :

$$P[D_{\nu}^{+} \leq \chi] = \chi * \sum_{j=0}^{\lfloor \nu \chi \rfloor} \binom{\nu}{j} * \left(\frac{j}{\nu} - \chi\right)^j * \left(1 - \frac{j}{\nu + \chi}\right)^{\nu-j-1} \quad 0 \leq \chi \leq 1$$

όπως και την ασυμπτωτική:

$$K_{\nu}^{+}(\chi) = \lim_{\nu \rightarrow \infty} \left[\sqrt{\nu} * D_{\nu}^{+} \leq \chi \right] = 1 - e^{-2\chi^2} \quad \chi > 0$$

Εάν η F_0 δεν είναι συνεχής, μπορεί να δειχθεί ότι η χρήση των D_{ν} και D_{ν}^{+} καθώς και των αντίστοιχων κατανομών δίνει συντηρητικούς ελέγχους, υπό την έννοια ότι το αληθές μέγεθος του ελέγχου είναι μικρότερο του υποτιθέμενου επιπέδου α .

Εφ'όσον οι δειγματοληπτούμενες κατανομές είναι συνεχείς, οι κατανομές των κριτηρίων D_{ν} και D_{ν}^{+} είναι οι ίδιες για όλες τις εν λόγω συνεχείς κατανομές. Αυτό είναι συνέπεια του μετασχηματισμού του ολοκληρώματος πιθανότητας. (Η απόδειξη εκφεύγει του σκοπού της πτυχιακής).

2.3.14.Ο έλεγχος του Wilcoxon για συσχετιζόμενα δείγματα

Ο προσημικός έλεγχος μας δίνει τη δυνατότητα, με ένα σχετικά απλό τρόπο και χωρίς ιδιαίτερες παραδοχές, να ελέγξουμε τις διαφορές των τιμών δύο κατά ζεύγη πληθυσμών. Το πρόβλημα με τον προσημικό έλεγχο είναι ότι λαμβάνει υπόψιν μόνο το πρόσημο των διαφορών και όχι το μέγεθος τους, γεγονός που μειώνει σημαντικά την ισχύ του. Το αποτέλεσμα είναι ότι ο προσημικός έλεγχος δεν χρησιμοποιείται συχνά στην πράξη, και οι έλεγχοι των διαφορών δύο συσχετιζόμενων δειγμάτων γίνονται κυρίως με τη δοκιμασία των προσημασμένων θέσεων του Wilcoxon, (8).Ο έλεγχος του Wilcoxon, όπως και όλοι οι έλεγχοι

που αναφέρονται σε ζεύγη συσχετιζόμενων τιμών, δεν εξετάζει τις τιμές των δειγμάτων χωριστά, αλλά εξετάζει τις διαφορές των συσχετιζόμενων τιμών με τρόπο ενιαίο. Δεν απαιτεί η κατανομή των διαφορών να είναι κανονική, ενώ λαμβάνει υπ' όψιν του εκτός του προσήμου των διαφορών και το μέγεθος τους. Η μηδενική υπόθεση του ελέγχου του Wilcoxon είναι ότι η τιμή της διαμέσου των πληθυσμιακών διαφορών είναι ίση με 0.

Για την πραγματοποίηση του ελέγχου του Wilcoxon, ξεκινάμε κατ' αρχάς με την επιλογή ενός τυχαίου δείγματος n συσχετιζόμενων τιμών.

Για την πραγματοποίηση του ελέγχου του Wilcoxon ξεκινάμε κατ' αρχήν με την επιλογή ενός τυχαίου δείγματος n συσχετιζόμενων τιμών. Για κάθε ζεύγος τιμών υπολογίζουμε τη διαφορά τους και στη συνέχεια, αγνοώντας τα πρόσημα των διαφορών αυτών, τις διατάσσουμε κατ' απόλυτο τιμή από τις μικρότερες ως τις μεγαλύτερες.

Διαφορές ίσες με το 0 απομακρύνονται από την ανάλυση, ενώ το μέγεθος του δείγματος ελαττώνεται κατά 1 μονάδα για κάθε ζεύγος μηδενικής διαφοράς. Διαφορές με την ίδια τιμή λαμβάνουν ως σχετική θέση (rank) κατά τη διάταξη τους τη μέση τιμή των αρχικών θέσεων τους, π.χ. αν η 4^η και η 5^η θέση κατά τη διάταξη των διαφορών έχουν την ίδια απόλυτη τιμή, η σχετική θέση των δύο αυτών διαφορών στην τελική διάταξη ορίζεται ως

$$\frac{(4+5)}{2} = 4,5$$

ενώ η αμέσως μεγαλύτερη από αυτές παίρνει τη θέση 6.

Στις σχετικές θέσεις που προκύπτουν με τη διαδικασία αυτή τίθεται ως πρόσημο το πρόσημο των αρχικών διαφορών των τιμών. Π.χ. αν η διαφορά δύο τιμών είναι ίση με -12 και η θέση που καταλαμβάνει η συγκεκριμένη τιμή στη διάταξη των διαφορών είναι η 3^η, τότε η προσημασμένη θέση της διαφοράς είναι -3.

Τελικό στάδιο κατά την εφαρμογή της διαδικασίας του Wilcoxon είναι ο υπολογισμός του αθροίσματος των θετικών θέσεων T_+ και των αρνητικών θέσεων T_- που έχουν προκύψει. Το μικρότερο κατ' απόλυτο τιμή από τα δύο αυτά αθροίσματα συμβολίζεται με T . Αποδεχόμενοι τη μηδενική υπόθεση ότι η διάμεσος των διαφορών είναι ίση με το 0, αναμένουμε ότι ο αριθμός των προσημασμένων θέσεων με θετικό και αρνητικό πρόσημο να είναι περίπου ο ίδιος και, επιπλέον, το άθροισμα των θετικών θέσεων να είναι περίπου ίσο με το άθροισμα των αρνητικών θέσεων. Η στατιστική συνάρτηση του ελέγχου είναι η ποσότητα T , η οποία εφ' όσον ισχύει η μηδενική υπόθεση και ο αριθμός n_1 των συσχετιζόμενων τιμών με μη μηδενική διαφορά είναι επαρκώς μεγάλος ($n_1/20$), ακολουθεί την κανονική κατανομή με μέση τιμή

$$\mu_T = \frac{n_1 * (n_1 + 1)}{4}$$

και διακύμανση

$$\sigma_T^2 = \frac{n_1 * (n_1 + 1) * (2n_1 + 1)}{24}.$$

Αρα η τυχαία μεταβλητή

$$Z_T = \frac{T - \mu_T}{\sigma_T}$$

ακολουθεί την τυπική κανονική κατανομή.

Για τη βελτίωση της προσέγγισης της κατανομής της ποσότητας T από την κανονική κατανομή και εφ'όσον δεν υπάρχουν ζεύγη τιμών με μηδενικές διαφορές (ties), κατά τον υπολογισμό της τυχαίας μεταβλητής Z_T μπορεί να υπεισέρχεται η διόρθωση συνεχείας

$$Z_T = \frac{(T + 0,5) - \mu_T}{\sigma_T}$$

Χρησιμοποιώντας τον πίνακα τιμών της τυπικής κανονικής κατανομής για ένα δεδομένο επίπεδο σημαντικότητας, α , μπορούμε να απορρίψουμε ή να μην απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση.

Σε περίπτωση όπου ο αριθμός των μη μηδενικών διαφορών είναι μικρότερος του 20, δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι η τυχαία μεταβλητή Z_T ακολουθεί την τυπική κανονική κατανομή. Σ' αυτή την περίπτωση υπάρχουν πίνακες, βάσει των οποίων μπορούμε να αποφασίσουμε αν θα απορρίψουμε ή όχι τη μηδενική υπόθεση.

2.3.15. Ο προσημικός έλεγχος

Ο προσημικός έλεγχος, (4), είναι ένας γενικός μη παραμετρικός έλεγχος, μια μερική περίπτωση του οποίου, ο προσημικός έλεγχος της διαμέσου, χρησιμοποιείται όταν δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί το t-τεστ συσχετισμένων δειγμάτων, επειδή η διαφορά των ζευγών αυτών των δειγμάτων δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή. Πιο συγκεκριμένα:

Εστω λ_p το p ποσοστιαίο σημείο της συνάρτησης κατανομής F , δηλαδή μια λύση της εξίσωσης

$$F[\lambda_p] = p$$

Υποθέτουμε ότι θέλουμε να ελέγξουμε τη μηδενική υπόθεση

$$H_0 : \lambda_p \leq \chi_0$$

με εναλλακτική υπόθεση την

$$H_1 : \lambda_p > \chi_0$$

Το χ_0 χωρίς απώλεια της γενικότητας μπορεί να θεωρηθεί ίσο προς 0, γιατί εάν η F έχει $\lambda_p = \chi_0$, τότε η $F - \chi_0$ έχει $\lambda_p = 0$. Τότε ο προσημικός έλεγχος της

$$H_0 : \lambda_p \leq 0$$

έναντι της

$$H_1 : \lambda_p > 0$$

απρρίπτει όταν ο αριθμός S_v^+ των θετικών χ_i είναι πολύ μεγάλος, δηλαδή όταν

$$S_v^+ > \kappa$$

όπου το κ θα πληρεί τη σχέση

$$P[S_v^+ > \kappa / H_0] = \sum_{i=\kappa+1}^v \binom{v}{i} * p^{v-i} * (1-p)^i = \alpha$$

αφού η κατανομή του S_v είναι η διωνυμική κατανομή.

Σημειώνεται ότι

$$S_v^+ = v - r_0$$

όπου r_0 είναι ο βαθμός, (rank), του 0.

Όταν $p=0,5$ έχουμε τον προσημικό έλεγχο της διαμέσου $\lambda_{0,5}$.

Ο παραπάνω έλεγχος μπορεί να εφαρμοστεί και για τον έλεγχο της μηδενικής υπόθεσης

$$H_0 : P[X_i > \Psi_i] = P[X_i < \Psi_i], \quad i = 1, 2, \dots, v$$

πάνω στη βάση των ζευγών $(\chi_1, \psi_1), \dots, (\chi_v, \psi_v)$ τα οποία υποτίθενται ανεξάρτητα αλλά όχι κατ'ανάγκη ισόνομα.

Με την υπόθεση ότι οι κατανομές των ζευγών είναι συνεχείς, περιμένουμε κάτω από την H_0 ότι οι μισές περίπου από τις διαφορές

$$d_i = \chi_i - \psi_i \quad i = 1, 2, \dots, v$$

είναι θετικές και οι υπόλοιπες αρνητικές.

Προφανώς, αν ισχύει η H_0 η διάμεσος της d_i είναι το 0, δηλαδή

$$P_{H_0}[d_i > 0] = P[d_i < 0] = \frac{1}{2} \quad i = 1, 2, \dots, v$$

Εάν τώρα θεωρήσουμε π.χ. τη μονόπλευρη εναλλακτική υπόθεση

$$H_1 : P[\chi_i > \psi_i] = p > \frac{1}{2},$$

τότε απορρίπτουμε την H_0 εάν ο αριθμός S_v^+ των θετικών d_i είναι πολύ μεγάλος. Αν, πάλι, η εναλλακτική υπόθεση είναι η δίπλευρη

$$H_2 : P[d_i > 0] = p \neq \frac{1}{2}$$

τότε η H_0 απορρίπτεται όταν

$$\max(S_v^+, S_v^-) \geq \kappa_\alpha$$

όπου το κ_α λόγω της συμμετρίας της διωνυμικής κατανομής για $p = \frac{1}{2}$ ικανοποιεί τη σχέση

$$\sum_{\kappa=\kappa_\alpha}^v \binom{v}{\kappa} \left(\frac{1}{2}\right)^v \leq \frac{\alpha}{2}$$

Παρατηρήσεις: α) δοθέντων ανεξαρτήτων ζευγών $(\chi_1, \psi_1), \dots, (\chi_v, \psi_v)$ ο προσημικός έλεγχος, ο οποίος αφορά την πιθανότητα $p = P[\chi_i > \psi_i]$ ($i = 1, 2, 3, \dots, v$)

απαιτεί όπως η παραπάνω πιθανότητα είναι η ίδια για όλα τα ζεύγη. Η ανεξαρτησία του χ_i και ψ_i δεν είναι απαραίτητη, όπως επίσης δεξεν είναι απαραίτητο ούτε και το ισόνομο των (χ_i, ψ_i) . Αυτό είναι σημαντικό πλεονέκτημα σε σύγκριση με το t-τεστ συσχετισμένων δειγμάτων το οποίο προϋποθέτει κανονικότητα των διαφορών $\chi_i - \psi_i$.

Ο προσημικός έλεγχος δηλαδή, εξαρτώμενος μόνο από τα πρόσημα των διαφορών d_i , δεν απαιτεί τις τιμές αυτές καθ'εαυτές των χ_i και ψ_i αλλά αρκείται στη διαπίστωση του κατά πόσον το χ_i είναι μεγαλύτερο ή μικρότερο από το ψ_i . Αυτό καθιστά τον προσημικό έλεγχο πολύ εύχρηστο και γρήγορο, αφού απαιτεί στοιχειώδη απαρίθμηση των + και -.

Υπάρχουν άλλωστε περιπτώσεις κατά τις οποίες το t- τεστ δεν είναι εφαρμόσιμο, γιατί είναι αδύνατο ή πολύ δύσκολο να μετρήσουμε τα χ_i και ψ_i , όπως π.χ. κατά τον έλεγχο της ισότητας της αντοχής τάσης δύο ειδών χάλυβα μπορεί να μην έχουμε τα όργανα που απαιτούνται για τη μέτρηση της αντοχής, ενώ εύκολα μπορούμε να παρατηρήσουμε ποιο από τα δύο κομμάτια χάλυβα, (όταν υπόκεινται στην αυτή τάση), θραύεται πρώτο, μάλιστα δεν είναι ανάγκη να περιμένουμε τη θραύση του δευτέρου κομματιού.

β) μειονέκτημα του προσημικού ελέγχου είναι το ότι προϋποθέτει ζεύγη παρατηρήσεων και άρα τον ίδιο αριθμό χ και ψ . Επίσης το γεγονός ότι οι τιμές των χ_i και ψ_i υπεισέρχονται μόνο στον προσδιορισμό του $d_i = \chi_i - \psi_i$ συνεπάγεται απώλεια πληροφοριών, η οποία απώλεια εξαρτάται από τη φύση των πληθυσμών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τη συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία επιχειρείται να ερευνηθεί εάν υπάρχουν διαφορές στην απόδοση των σπουδαστών του Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης με βάση δύο διαφορετικές εξεταστικές μεθόδους. Επιμέρους στόχος είναι η εκτίμηση της καταλληλότητας και επάρκειας του ηλεκτρονικού τρόπου εξέτασης στο μάθημα της Φυσικής.

Προκειμένου να επιτευχθεί το παραπάνω, σπουδαστές από τις Σχολές Μηχανολογίας και Πολιτικών Δομικών Εργων εξετάστηκαν με τον ένα ή τον άλλο τρόπο εξέτασης ή και με τους δύο.

3.2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΣΙΟ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η χρήση ερωτήσεων αντικειμενικού τύπου, (ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, ερωτήσεις του τύπου σωστό-λάθος), σε εξετάσεις, έχει δεχτεί από ορισμένους σφοδρή κριτική από παλιά. Για παράδειγμα, ο R.D. Mayer, όπως αναφέρεται από τον Stones, (31), λέει ότι η χρήση των ερωτήσεων αντικειμενικού τύπου, δεν κάνει τίποτε άλλο από το να μετακινεί το λάθος από το στάδιο της βαθμολογήσεως στο στάδιο της γραφής των ερωτήσεων. Υπάρχει βέβαια και ο αντίλογος, και από τον ίδιο τον Stones, (31), και άλλους, (π.χ. 27,28,29,30), ο οποίος έχει επικρατήσει.

Η χρήση ερωτήσεων αντικειμενικού τύπου σε εξετάσεις Φυσικής δεν είναι καθόλου συνηθής στην Τριτοβάθμια εκπαίδευση στην Ελλάδα.

Ο Η/Υ είναι το βασικότερο εποπτικό μέσο διδασκαλίας της Φυσικής. Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας υπολογιστών και δικτύων τα τελευταία χρόνια, δημιούργησε δυνατότητες προσομοίωσης, νέες εργαστηριακές δυνατότητες, και δυνατότητες διδασκαλίας από απόσταση.

Η χρήση Η/Υ για εξέταση στο μάθημα της Φυσικής είναι εξαιρετικά ασυνήθης στην Ελληνική Τριτοβάθμια Εκπαίδευση.

Με ερέθισμα τις παραπάνω παρατηρήσεις, ο Τομέας Φυσικής του Τ.Ε.Ι. Κρήτης και ειδικότερα οι κ.κ. Ναουμίδης και Αλεγκάκης, ξεκίνησαν πριν τρία χρόνια μια έρευνα για τη δυνατότητα χρήσης ερωτήσεων αντικειμενικού τύπου στις εξετάσεις του μαθήματος της Φυσικής, και τη χρήση του Η/Υ για τη διεξαγωγή της εξέτασης.

Το πρώτο μέρος αυτής της έρευνας παρουσιάστηκε τον Ιανουάριο του έτους 2002 στο συνέδριο της Ένωσης Ελλήνων Φυσικών στη Χίο. Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελεί το δεύτερο μέρος αυτής της έρευνας.

3.3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.3.1. Δείγμα

Ο πληθυσμός αναφοράς είναι οι σπουδαστές των Τμημάτων Πολιτικών Δομικών Εργων (Π.Δ.Ε.), και Μηχανολογίας (ΜΧ), της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών (Σ.Τ.ΕΦ.) του Τ.Ε.Ι. Κρήτης.

Ως δείγμα επιλέχθηκαν οι σπουδαστές που συμμετείχαν στο μάθημα της Φυσικής την περίοδο «Θερινό Εξάμηνο 2001». Το δείγμα επανελήφθη την περίοδο «Χειμερινό Εξάμηνο 2003». Ως μεταβλητή θεωρήθηκε η επίδοση τους (βαθμολογία) στο συγκεκριμένο μάθημα σε τρεις διαφορετικές εξετάσεις. Χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα των εξετάσεων προόδου, α' και β' εξεταστικής από τα δύο δείγματα και από τα δύο τμήματα.

Συμπληρωματικά με τη βαθμολογία ελήφθησαν στοιχεία, όπως, φύλο, εξάμηνο, και Τμήμα.

3.3.2. Μέθοδος ηλεκτρονικής εξέτασης κατά το έτος 2001.

Ο ηλεκτρονικός τρόπος εξέτασης χρησιμοποιήθηκε στην α' και στη β' εξεταστική. Οι συμμετέχοντες απάντησαν σε 40 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής. Οι ερωτήσεις επιλεγόταν τυχαία από μια ρουτίνα 400 ερωτήσεων. Για κάθε ερώτηση πολλαπλής επιλογής υπήρχε ένα χρονικό όριο απάντησης, το οποίο εποίκιλε από 30sec έως 5min. (Το όριο των 5min υπήρχε σε ερωτήσεις στις οποίες χρειαζόταν ένας σύντομος υπολογισμός πριν από την επιλογή της ορθής απάντησης).

Κάθε ερώτηση που δεν απαντιόταν μέσα στο ορισμένα χρονικό διάστημα «κλειδωνόταν» από το πρόγραμμα και εθεωρείτο ως αναπάντητη. Στο τέλος της εξέτασης συλλεγόταν τα αποτελέσματα, και τα υπόλοιπα, (προσωπικά και μη), στοιχεία, (ονοματεπώνυμο, εξάμηνο, τελικό σκόρ, σκόρ σε κάθε ερώτηση).

3.3.3. Μέθοδος συμβατικής εξέτασης κατά το έτος 2001.

Ο συμβατικός τρόπος εξέτασης χρησιμοποιήθηκε στην πρόοδο. Οι συμμετέχοντες απάντησαν σε 40 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, στις οποίες συμπεριλαμβάνοντο και ερωτήσεις στις οποίες χρειαζόταν ένας σύντομος υπολογισμός πριν από την επιλογή της ορθής απάντησης. Οι ερωτήσεις επιλεγόταν τυχαία με κατάλληλη ρουτίνα από ένα σύνολο 400 ερωτήσεων. Δημιουργήθηκαν 12 διαφορετικές ομάδες θεμάτων προκειμένου να προφυλαχθεί η εξέταση από πιθανή αντιγραφή.

Δεν υπήρχε συγκεκριμένος περιορισμός στο χρόνο απάντησης πέραν του χρονικού ορίου της εξέτασης, (2 ώρες).

3.3.4. Μέθοδος ηλεκτρονικής εξέτασης κατά το έτος 2003.

Ο ηλεκτρονικός τρόπος εξέτασης χρησιμοποιήθηκε στην πρόοδο. Οι συμμετέχοντες απάντησαν σε 40 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής. Οι ερωτήσεις επιλεγόταν τυχαία από μια ρουτίνα 400 ερωτήσεων. Για κάθε ερώτηση πολλαπλής επιλογής υπήρχε ένα χρονικό όριο απάντησης, το οποίο ποίκιλλε από 30sec έως 5min. (Το όριο των 5min υπήρχε σε ερωτήσεις στις οποίες χρειαζόταν ένας σύντομος υπολογισμός πριν από την επιλογή της ορθής απάντησης).

Κάθε ερώτηση που δεν απαντιόταν μέσα στο ορισμένα χρονικό διάστημα «κλειδωνόταν» από το πρόγραμμα και εθεωρείτο ως αναπάντητη. Στο τέλος της εξέτασης συλλεγόταν τα αποτελέσματα, και τα υπόλοιπα, (προσωπικά και μη), στοιχεία, (ονοματεπώνυμο, εξάμηνο, τελικό σκόρ, σκόρ σε κάθε ερώτηση).

3.3.5. Μέθοδος συμβατικής εξέτασης κατά το έτος 2003.

Ο συμβατικός τρόπος εξέτασης χρησιμοποιήθηκε στην α' και στη β' εξέταστική. Οι συμμετέχοντες έπρεπε να επιλύσουν 5 ασκήσεις και να απαντήσουν σε 2 ερωτήσεις ανάπτυξης. Δημιουργήθηκαν 12 διαφορετικές ομάδες θεμάτων προκειμένου να προφυλαχθεί η εξέταση από πιθανή αντιγραφή. Η χρονική διάρκεια της εξέτασης ήταν 2 ώρες.

3.3.6. Στατιστική επεξεργασία των δεδομένων.

Τα περιγραφικά στατιστικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση, η διάμεσος και το εύρος. Υπολογίστηκαν επίσης η κύρτωση, η ασυμμετρία, και οι Μ-εκτιμήτριες κεντρικής τάσης των δεδομένων. Για την γραφική παρουσίαση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν ιστογράμματα, θηκαγράμματα και φυλλογράμματα.

Για τον έλεγχο κανονικότητας χρησιμοποιήθηκαν το τεστ Kolmogorof-Smirnof με τη διόρθωση σημαντικότητας κατά Lilliefors, και το τεστ Shapiro-Wilk. Ανάλογα με τα αποτελέσματα των ελέγχων κανονικότητας και με το αν οι μετρήσεις θεωρήθηκαν ανεξάρτητες ή κατά ζεύγη, χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω στατιστικοί έλεγχοι για τις διαφορές των μετρήσεων: έλεγχος του Lord, έλεγχος t (t-τεστ) για ανεξάρτητες μετρήσεις και για μετρήσεις κατά ζεύγη (παραμετρικοί έλεγχοι), προσημικός έλεγχος (sign-test), έλεγχος Wilcoxon, έλεγχος Friedmann, έλεγχος Mann-Whitney, έλεγχος Kolmogorof-Smirnof δύο δειγμάτων (μη παραμετρικοί έλεγχοι).

Για τον έλεγχο της ισότητας των διακυμάνσεων ανεξαρτήτων δειγμάτων χρησιμοποιήθηκαν ο έλεγχος F και ο έλεγχος Levene. Τέλος, υπολογίστηκαν οι συντελεστές συσχέτισης Pearson και Spearman. Ως επίπεδο σημαντικότητας θεωρήθηκε το $\alpha=0,05$.

Παρατήρηση: Οι παραπάνω έλεγχοι είναι έλεγχοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για τη μελέτη ιατρικών δεδομένων.

Προβληματιστήκαμε αν με τους παραπάνω στατιστικούς ελέγχους μπορούσαμε να συγκρίνουμε την πρόοδο του 2003 με την α' εξεταστική ή τη β' εξεταστική του ίδιου έτους, γιατί εκτός του ότι η εξέταση της προόδου διεξήχθη με τον ηλεκτρονικό τρόπο και η α' εξεταστική με τη β' εξεταστική με το συμβατικό τρόπο εξέτασης, η εξέταση της προόδου έγινε πάνω σε θέματα πολλαπλής επιλογής ενώ κατά την α' ή τη β' εξεταστική οι σπουδαστές κλήθηκαν να επιλύσουν 5 ασκήσεις και να απαντήσουν σε δύο ερωτήσεις ανάπτυξης. Καταλήξαμε ότι μπορούμε, γιατί:

- 1) στηριχτήκαμε σε τέσσερις έρευνες, (27, 28, 29, 30), οι οποίες αναφέρουν ότι τεστ με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και τεστ με ερωτήσεις ανάπτυξης μετρούν ακριβώς τις ίδιες ή σχεδόν τις ίδιες νοητικές (γνωστικές) διαστάσεις.
- 2) στο τεστ πολλαπλής επιλογής υπήρχαν και μικρές ερωτήσεις υπολογισμού, δηλαδή μικρές ασκήσεις.

Για τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα: Excel 2000 για Windows και το Statistical Package for Social Sciences (S.P.S.S.), version 12.0. Για την ανάπτυξη της ηλεκτρονικής πλατφόρμας εξέτασης χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Toolbook II.

Παρουσίαση αποτελεσμάτων. Στα επόμενα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης, με πρώτα αυτά του έτους 2001.

3.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΤΟΥΣ 2001 (ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ)

3.4.1. Συμμετοχή δομικών στην εξέταση (εαρινό εξάμηνο 2001)

Από τους 171 εγγεγραμμένους έδωσαν πρόοδο 170 σπουδαστές ήτοι ποσοστό 99,42%, α' εξέταση 102 σπουδαστές ήτοι ποσοστό 59,65%, και β' εξέταση 61 σπουδαστές ήτοι ποσοστό 35,67%.

Από αυτούς που έδωσαν πρόοδο έγραψαν βαθμό ≤ 5 οι 31 ήτοι ποσοστό 18,24%, από αυτούς που έγραψαν α' εξέταση έγραψαν βαθμό ≤ 5 οι 29 ήτοι ποσοστό 28,43%, και από αυτούς που έγραψαν β' εξέταση έγραψαν βαθμό ≤ 5 οι 21 ήτοι ποσοστό 34,43%.

3.4.2. Συμμετοχή μηχανολόγων στην εξέταση

Από τους 341 εγγεγραμμένους έδωσαν πρόοδο 182 σπουδαστές ήτοι ποσοστό 53,37%, α' εξέταση 110 σπουδαστές ήτοι ποσοστό 32,26%, και β' εξέταση 72 σπουδαστές ήτοι ποσοστό 21,11%.

Από αυτούς που έδωσαν πρόοδο έγραψαν βαθμό <5 οι 29 ήτοι ποσοστό 15,93%, από αυτούς που έγραψαν α' εξέταση έγραψαν βαθμό <5 οι 39 ήτοι ποσοστό 35,45%, και από αυτούς που έγραψαν β' εξέταση έγραψαν βαθμό <5 οι 27 ήτοι ποσοστό 37,50%.

3.4.3. Περιγραφικά στατιστικά βαθμολογίας

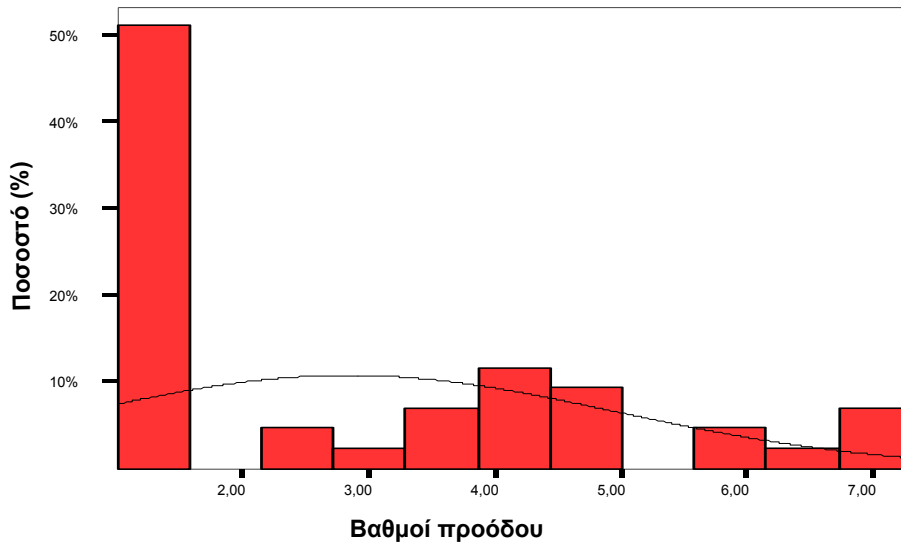
Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζονται οι επιδόσεις των φοιτητών των τμημάτων Πολιτικών Δομικών Έργων (ΠΔΕ) και Μηχανολογίας (ΜΧ) της Σχολής ΣΤΕΦ στο μάθημα της Φυσικής. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των φοιτητών που συμμετείχαν και στις τρεις εξεταστικές. Η παρουσίαση γίνεται με τα κατάλληλα μέτρα θέσης και διασποράς και κατάλληλα διαγράμματα.

Πίνακας 3.1. Περιγραφικά στατιστικά βαθμολογίας προόδου, α' και β' εξεταστικής των σπουδαστών ΠΔΕ και ΜΧ στο μάθημα Φυσικής εαρινού εξαμήνου 2001

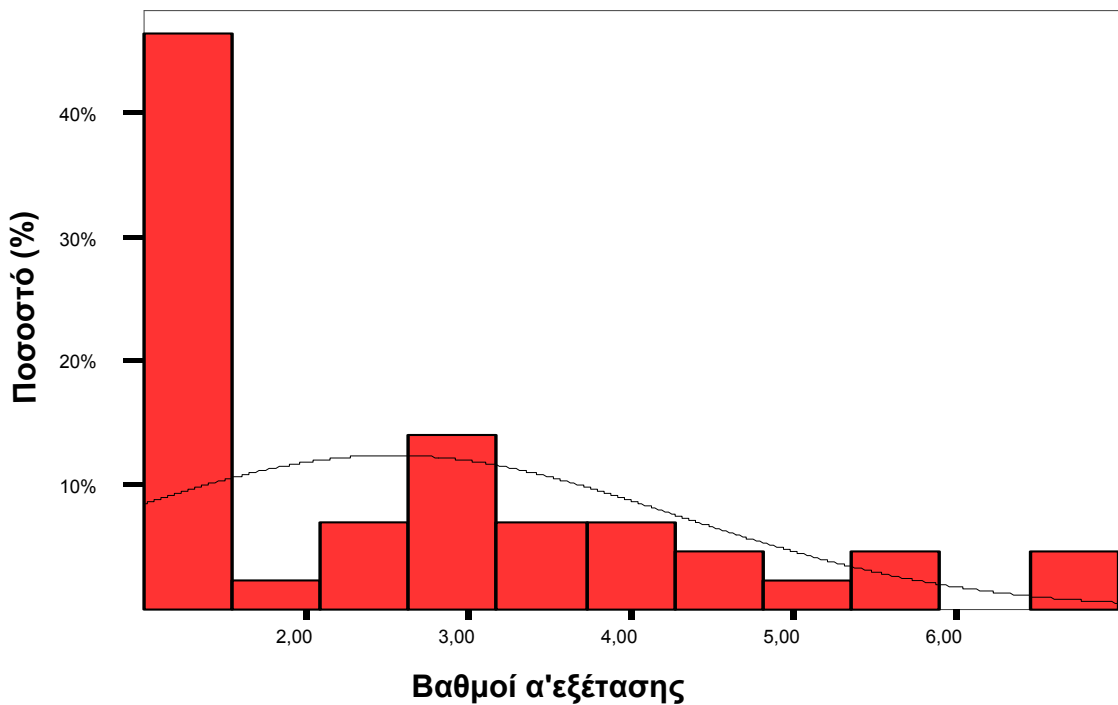
Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων			
(n=43)			
	Πρόοδος	A' Εξεταστική	B' Εξεταστική
Μέση τιμή±Τυπική απόκλιση	2,83 ± 2,13	2,54 ± 1,76	4,28 ± 2,00
(Εύρος)	(1,0 - 7,3)	(1,0 - 7,0)	(1,0 - 9,0)
Διάμεσος	1,0	2,6	4,2
Κύρτωση	-0,98	0,14	-0,60
Ασυμμετρία	0,66	0,96	0,19
Τμήμα Μηχανολογίας			
(n=49)			
Μέση τιμή±Τυπική απόκλιση	2,49 ± 1,90	2,53 ± 1,78	3,72 ± 2,12
(Εύρος)	(1,0 - 7,4)	(1,0-6,2)	(1,0-8,5)
Διάμεσος	1,5	1,6	3,9
Κύρτωση	-0,15	-1,23	-1,01
Ασυμμετρία	1,05	0,63	0,19

Τα περιγραφικά στατιστικά, (μέσος, διάμεσος, εύρος), δείχνουν ότι τα δειγματικά δεδομένα της β' εξέτασης υπερέχουν αυτών της α' εξέτασης και αυτών της προόδου, και για τους Π.Δ.Ε. και για τους ΜΧ.

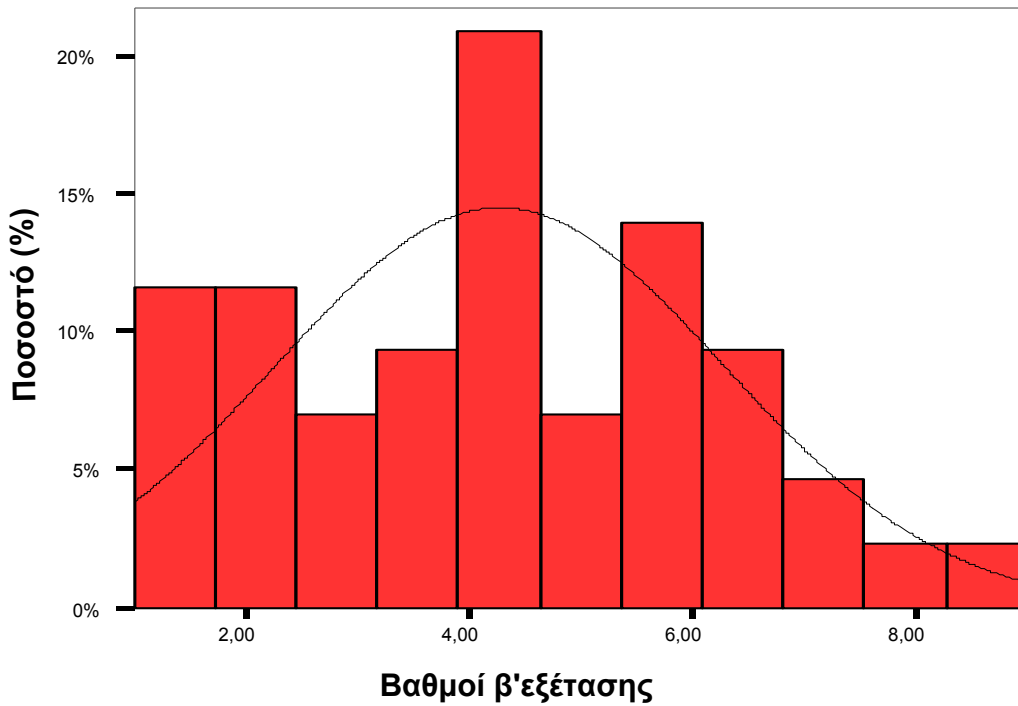
Ιστόγραμμα βαθμών προόδου



Ιστόγραμμα βαθμών α' εξέτασης



Ιστογράμμα βαθμών β'εξέτασης



Εικόνα 3.1. Ιστογράμματα βαθμολογίας προόδου, α' και β' εξεταστικής των σπουδαστών ΠΔΕ στο μάθημα Φυσικής εαρινού εξαμήνου 2001

Πρόοδος		
Frequency	Stem	Leaf
22	1	0000000000000000000000
2	2	46
4	3	2688
6	4	004448
4	5	0009
3	6	039
2	7	13
Stem width: 1,00		
Each leaf: 1 case(s)		

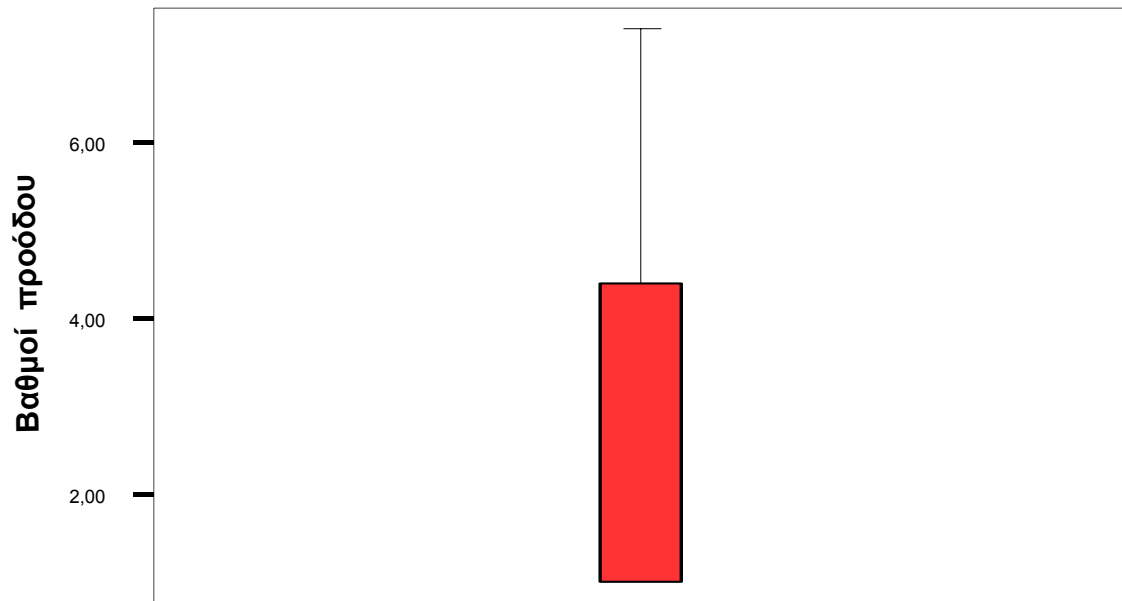
Α' εξέταση		
Frequency	Stem	& Leaf
21	1	000000000000000000046
4	2	6669
10	3	0000044688
3	4	048
3	5	066
0	6	
2	7	00
Stem width: 1,00		
Each leaf: 1 case(s)		

Β' εξέταση		
Frequency	Stem	& Leaf
8	1	00356889
3	2	018
6	3	013688
10	4	0012233347
6	5	004459
7	6	0058889
2,00	7	28
0	8	
1	9	0
Stem width: 1,00		
Each leaf: 1 case(s)		

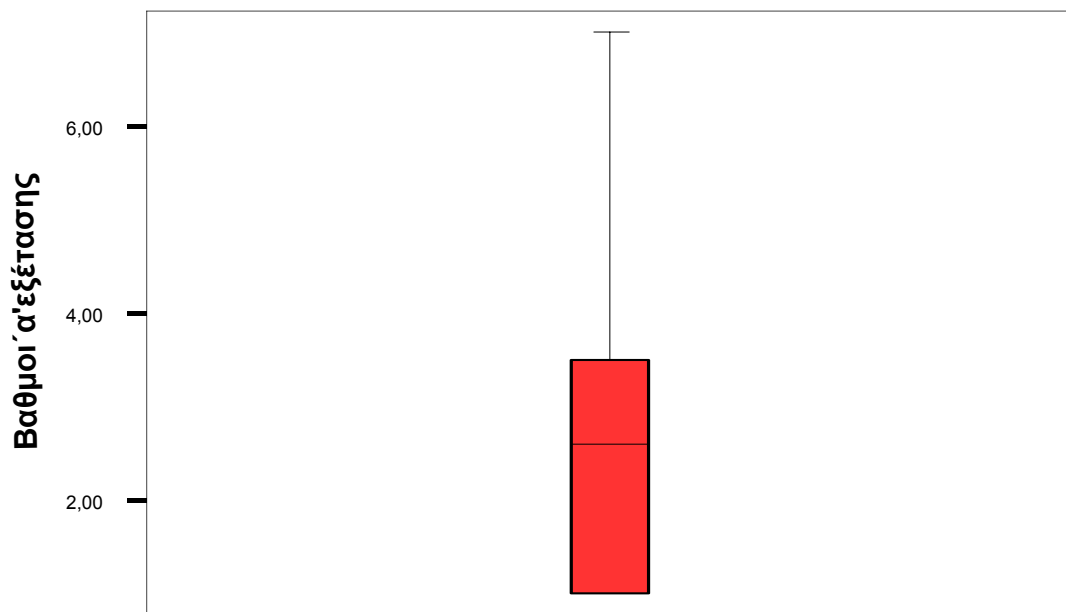
Εικόνα 3.2 Φυλλογράμματα βαθμολογίας προόδου, α' και β' εξεταστικής των σπουδαστών ΠΔΕ στο μάθημα Φυσικής εαρινού εξαμήνου 2001

Τα φυλλογραφήματα προόδου, α' εξέτασης, και β' εξέτασης δείχνουν ότι δεν υπάρχουν περιπτώσεις που μπορούν να χαρακτηριστούν ως παράτυπα σημεία. Στο ίδιο συμπέρασμα για τα παράτυπα σημεία καταλήγουμε από τα θηκογράμματα της Εικόνας 3.3.

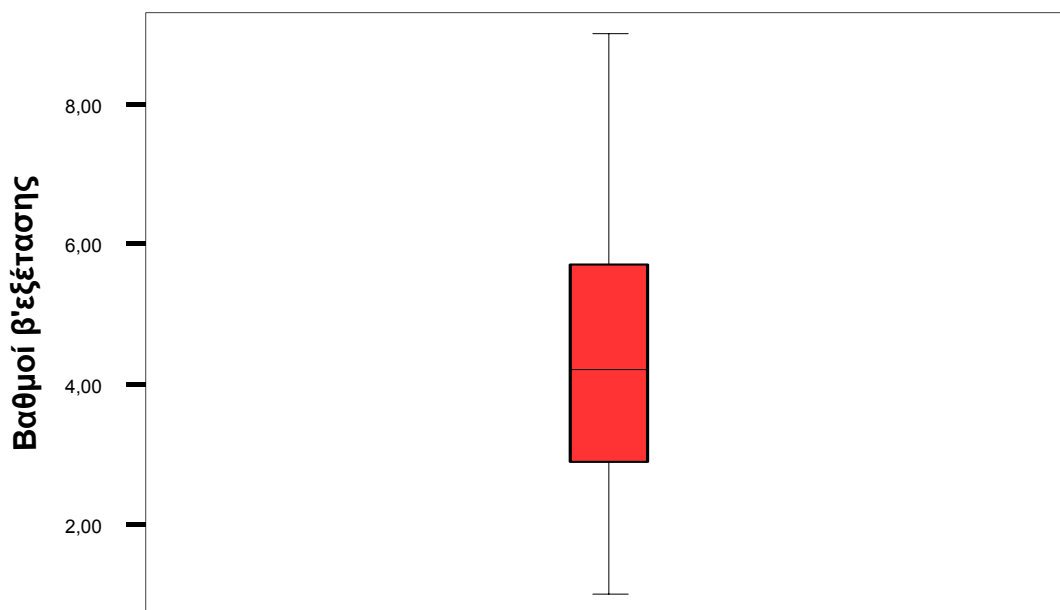
Θηκόγραμμα προόδου



Θηκόγραμμα α'εξέτασης

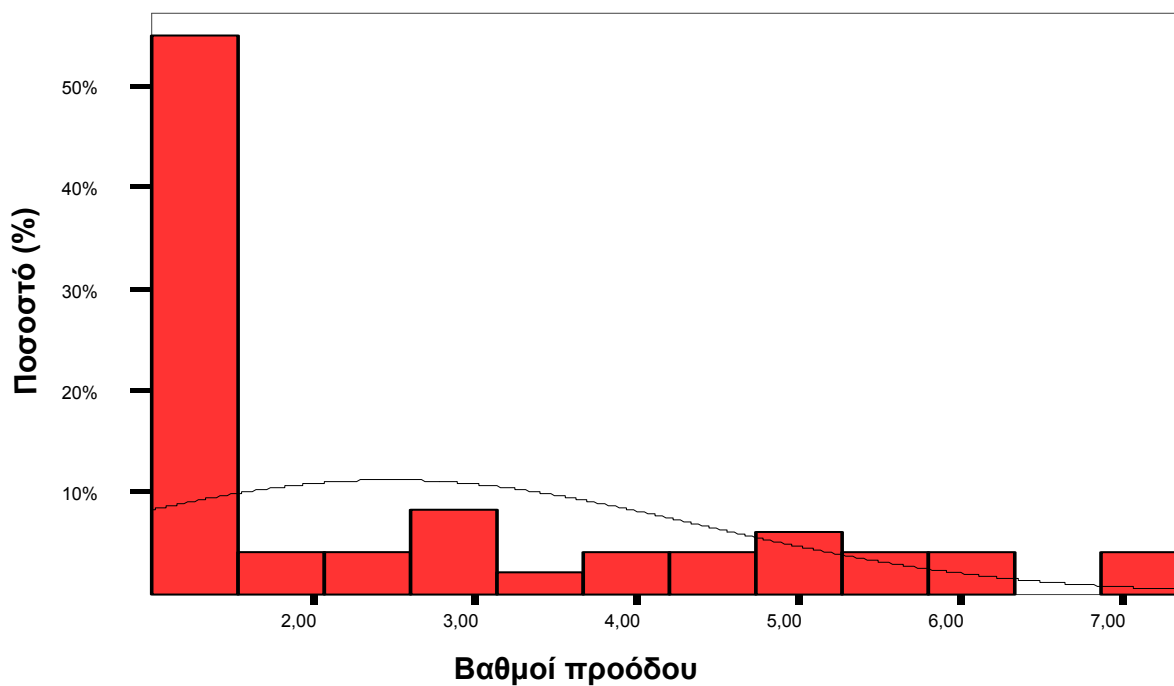


Θηκόγραμμα β'εξέτασης

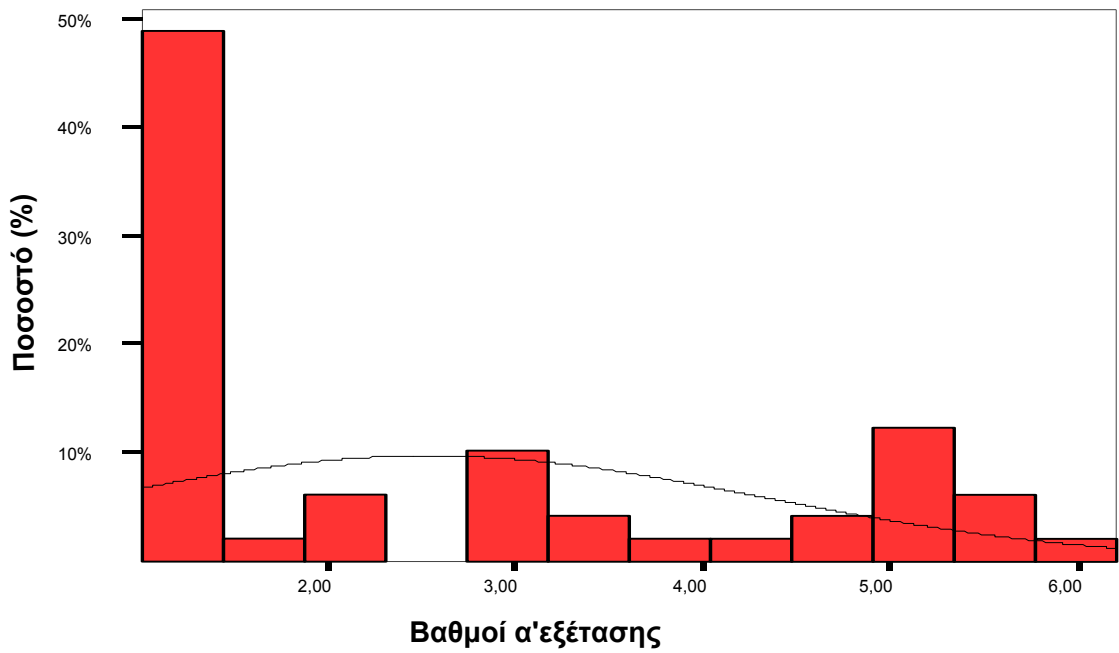


Εικόνα 3.3. Θηκογράμματα (box and whisker plots) βαθμολογίας προόδου, α' και β' εξεταστικής των σπουδαστών ΠΔΕ στο μάθημα Φυσικής εαρινού εξαμήνου 2001

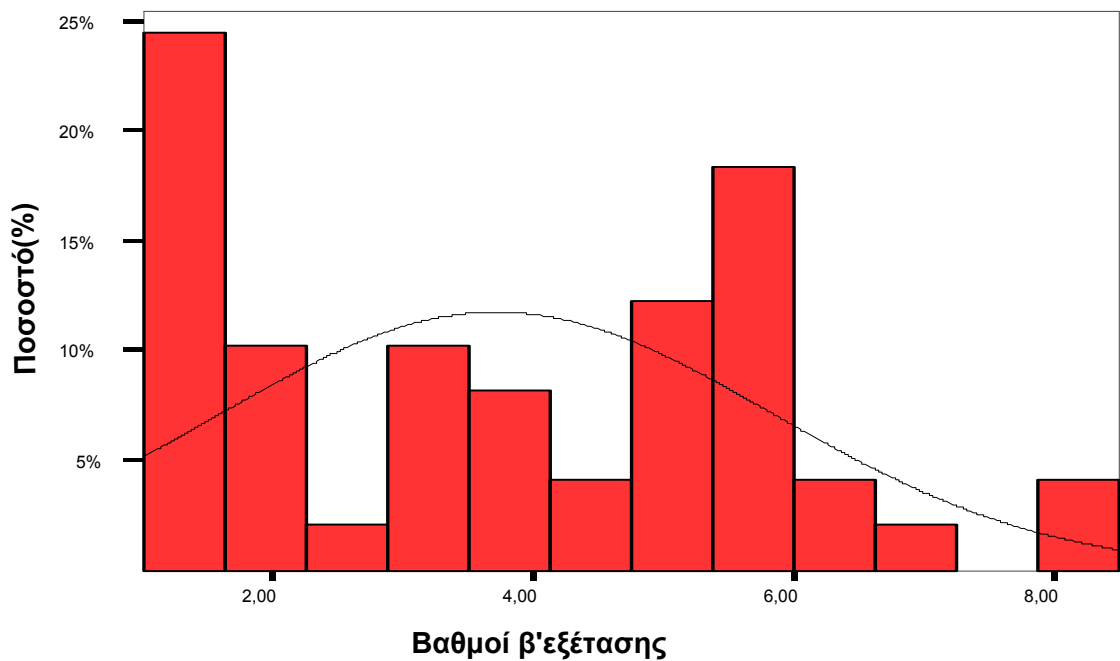
Ιστόγραμμα βαθμών προόδου



Ιστογράμμα βαθμών α'εξέτασης



Ιστογράμμα βαθμών β'εξέτασης



Εικόνα 3.4. Ιστογράμματα (histograms) βαθμολογίας προόδου, α' και β' εξεταστικής των σπουδαστών ΜΧ στο μάθημα Φυσικής εαρινού εξαμήνου 2001

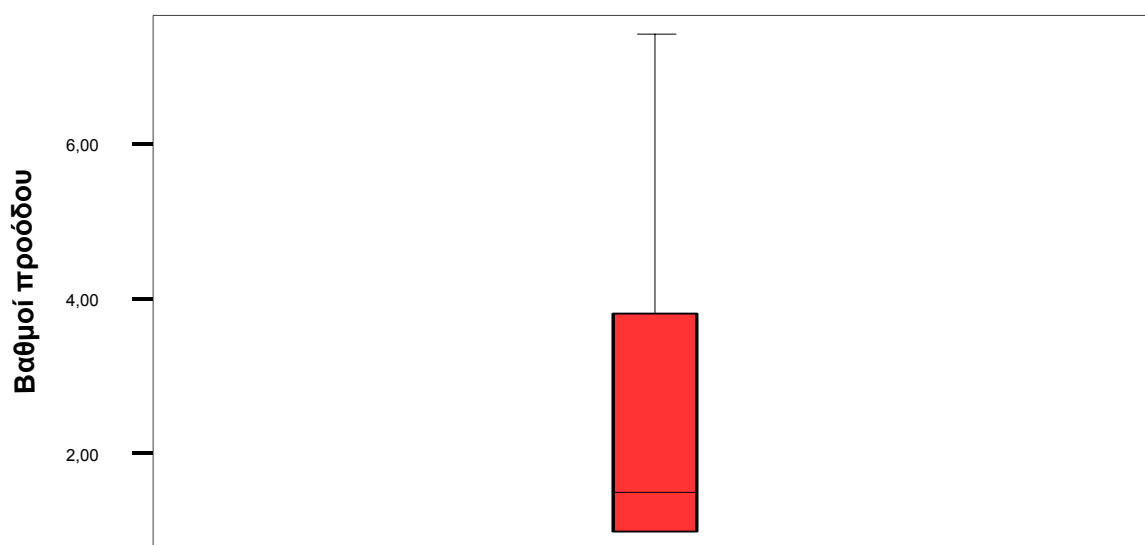
Πρόδος		
Frequency Stem & Leaf		
23	1	000000000000000000000000
4	1	5555
3	2	002
2	2	58
3	3	000
2	3	58
1	4	0
3	4	568
3	5	004
2	5	59
1	6	0
1	6	9
1	7	4
Stem width: 1,00		
Each leaf: 1 case(s)		
Α' εξέταση		
Frequency Stem & Leaf		
24	1	000000000000000000000000
1	1	6
3	2	000
0	2	
6	3	000004
2	3	68
1	4	4
2	4	68
7	5	0000004
2	5	66
1	6	2
Stem width: 1,00		
Each leaf: 1 case(s)		

Β' εξέταση		
Frequency Stem & Leaf		
16	1	0000000000558888
2	2	23
7	3	0014579
6	4	002488
10	5	0001456688
6	6	000357
0	7	
2	8	05
Stem width: 1,00		
Each leaf: 1 case(s)		

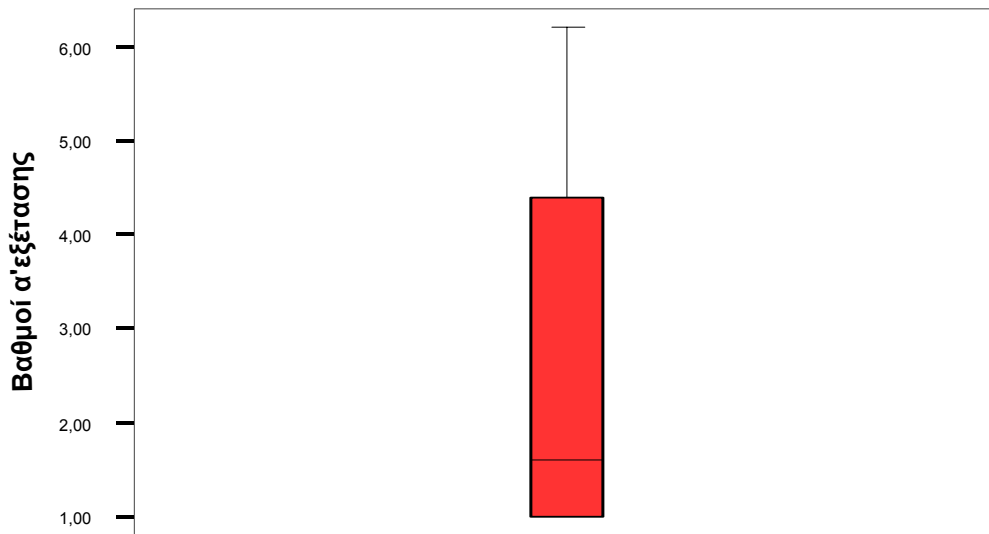
Εικόνα 3.5. Φυλογράμματα (stem and leaf plots) βαθμολογίας προόδου, α' και β' εξεταστικής των σπουδαστών ΜΧ στο μάθημα Φυσικής εαρινού εξαμήνου 2001

Τα φυλλογραφήματα προόδου, α' εξέτασης, και β' εξέτασης δείχνουν ότι δεν υπάρχουν περιπτώσεις που μπορούν να χαρακτηριστούν σαν παράτυπα σημεία.

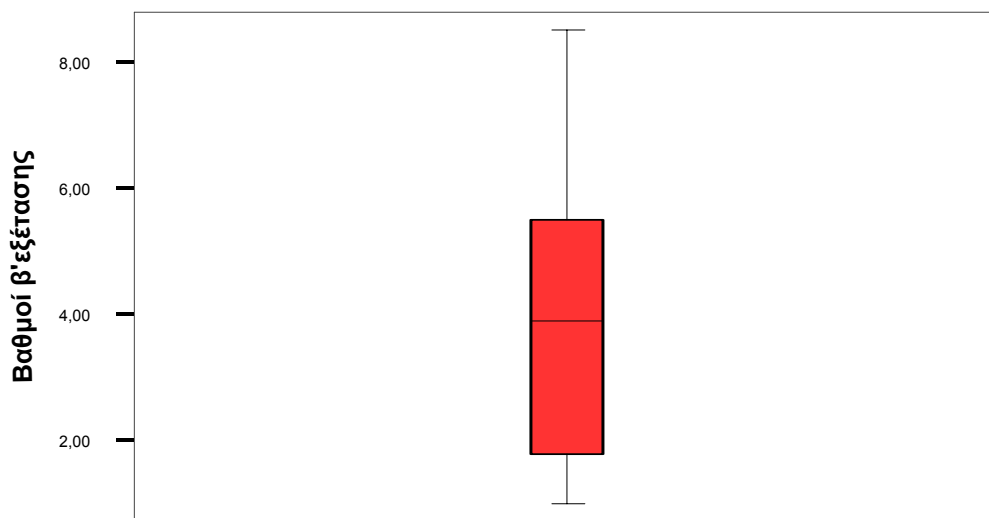
Θηκόγραμμα προόδου



Θηκόγραμμα α'εξέτασης



Θηκόγραμμα β'εξέτασης



Εικόνα 3.6. Θηκογράμματα (box and whisker plots) βαθμολογίας προόδου, α' και β' εξεταστικής των σπουδαστών ΜΧ στο μάθημα Φυσικής εαρινού εξαμήνου 2001

Τα θηκογράμματα προόδου, α'εξέτασης, και β'εξέτασης, δείχνουν και αυτά ότι δεν υπάρχουν περιπτώσεις που μπορούν να χαρακτηριστούν σαν παράτυπα σημεία.

3.4.4. Έλεγχοι κανονικότητας βαθμολογίας

Σε αυτήν την ενότητα οι βαθμολογίες καθώς και οι διαφορές των βαθμολογιών των σπουδαστών που εξετάστηκαν και στις τρεις εξεταστικές, ελέγχθηκαν ως προς την κατανομή τους. Αν οι κατανομή τους είναι κανονική μπορούν να εφαρμοσθούν οι παραμετρικοί έλεγχοι, ενώ στην αντίθετη περίπτωση εφαρμόζονται μη παραμετρικοί έλεγχοι.

Πίνακας 3.2. Έλεγχοι κανονικότητας βαθμολογιών και διαφορών τους στα τμήματα Πολιτικών Δομικών Έργων και Μηχανολόγων (εαρινό εξάμηνο 2001).

Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων			
	Βαθμοί ελευθερίας (df)	Στατιστικό (p)^(a)	Στατιστικό (p)^(b)
Πρόοδος	43	0,317 (0,000)	0,799 (0,000)
A' εξέταση	43	0,251 (0,000)	0,827 (0,000)
B' εξέταση	43	0,094 (0,200)	0,971 (0,347)
Διαφορά προόδου-α' εξέτασης	43	0,165 (0,005)	0,960 (0,142)
Διαφορά προόδου-β' εξέτασης	43	0,113 (0,198)	0,959 (0,123)
Διαφορά α' εξέτασης-β' εξέτασης	43	0,073 (0,200)	0,977 (0,530)
Τμήμα Μηχανολογίας			
Πρόοδος	49	0,253 (0,000)	0,786 (0,000)
A' εξέταση	49	0,294 (0,000)	0,787 (0,000)
B' εξέταση	49	0,144 (0,013)	0,925 (0,004)
Διαφορά προόδου-α' εξέτασης	49	0,181 (0,000)	0,945 (0,024)
Διαφορά προόδου β' εξέτασης	49	0,096 (0,200)	0,981 (0,620)
Διαφορά α' εξέτασης-β' εξέτασης	49	0,201 (0,000)	0,923 (0,003)

^(a) Kolmogorof-Smirnof (διόρθωση σημαντικότητας κατά Lilliefors)

^(b) Έλεγχος κανονικότητας Shapiro-Wilk

Η υπόθεση της κανονικότητας γίνεται δεκτή, για μεν τους Δομικούς, για τη β' εξέταση, για τη διαφορά προόδου-α' εξέτασης (μόνο με τον έλεγχο Shapiro-Wilk), για τη διαφορά προόδου-β' εξέτασης, και για τη διαφορά α' εξέτασης-β' εξέτασης, για δε τους Μηχανολόγους, μόνο για τη διαφορά προόδου-β' εξέτασης.

3.4.5. Έλεγχοι διαφορών εξεταστικής περιόδου 2001

Σε αυτήν την ενότητα ελέγχεται εάν υπάρχουν διαφορές στις βαθμολογίες των σπουδαστών των Τμημάτων Πολιτικών Δομικών Έργων και Μηχανολογίας. Οι έλεγχοι γίνονται με χρήση παραμετρικών (t-έλεγχος ζευγαρωτών μετρήσεων) και μη παραμετρικών ελέγχων (προσημικός έλεγχος και έλεγχος Wilcoxon. Οι εξεταστικές συγκρίνονται ανά δύο ομάδες.

Επίσης με χρήση του στατιστικού ελέγχου Friedman ελέγχεται η ύπαρξη διαφορών στις βαθμολογίες των σπουδαστών και για τις τρεις εξετάσεις.

Τα αποτελέσματα των παραμετρικών ελέγχων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.3. ενώ των μη παραμετρικών στον Πίνακα 3.4. Στατιστικά σημαντική διαφορά δεν παρατηρείται μόνο στις διαφορές προόδου-α'εξέτασης και στα δύο τμήματα με βάση τα αποτελέσματα των παραμετρικών ελέγχων. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγει και η ανάλυση με τη χρήση μη παραμετρικών ελέγχων

Πίνακας 3.3. Έλεγχος t ζευγαρωτών μετρήσεων για τη βαθμολογία στις 3 εξεταστικές ΠΔΕ και ΜΧ (Εαρινό εξάμηνο 2001).

Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων			
	B.E.	Τιμή t (p)	95%Δ.Ε.
Πρόοδος-α'εξέταση	42	0,672 (p=0,506)	[-0,60, 1,19]
Πρόοδος-β'εξέταση	42	-4,224 (p<0,001)	[-2,13, -0,75]
Α'εξέταση-Β'εξέταση	42	-4,803 (p<0,001)	[-2,47, -1,01]
Τμήμα Μηχανολογίας			
Πρόοδος-α'εξέταση	48	-0,129 (p=0,898)	[-0,74, 0,65]
Πρόοδος-β'εξέταση	48	-3,791 (p<0,001)	[-1,89, -0,58]
Α'εξέταση-Β'εξέταση	48	-3,617 (p=0,001)	[-1,85, -0,53]

Πίνακας 3.4 Μη παραμετρικοί έλεγχοι για την βαθμολογία των σπουδαστών στις 3 εξεταστικές ΠΔΕ και ΜΧ (Εαρινό εξάμηνο 2001).

Δομικοί (n=43)						
Κατατάξεις	Προσημικό τεστ			Z (p)	Wilcoxon	
	+	-	0		Άθροισμα -(+)	Z (p)
	(γ)	(γ)	(γ)			
Πρόοδος-α'εξέταση	14	17	12	-0,359 (0,720)	282,0 (214,0)	-0,666 (0,514)
Πρόοδος-β'εξέταση	7	31	5	-3,731 (<0,001)	108,5 (632,5)	-3,801 (<0,001)
Α'εξέταση-Β'εξέταση	8	33	2	-3,748 (<0,001)	124,0 (737,0)	-3,973 (<0,001)

Μηχανολόγοι (n=49)						
Κατατάξεις	Προσημικό τεστ			Z (p)	Wilcoxon	
	+	-	0		Άθροισμα - (+)	Z (p)
	(γ)	(γ)	(γ)			
Πρόοδος-α'εξέταση	16	16	17	0,000 (1,000)	257,5 (270,5)	-0,122 (0,908)
Πρόοδος-β'εξέταση	11	30	8	-2,811 (0,004)	173,0 (688,0)	-3,338 (0,001)
Α'εξέταση-Β'εξέταση	5	31	13	-4,167 (<0,001)	118,0 (548,0)	-3,379 (<0,001)

^(γ) όπου + οι θετικές κατατάξεις – οι αρνητικές κατατάξεις και 0 οι δεσμοί (ties).

Σύμφωνα με τον έλεγχο του Friedman υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ($\chi^2=24,013$, β.ε.=2, $p<0,001$) μεταξύ των τιμών της προόδου και της α' και β' εξεταστικής (μέση κατάταξη 1,76, 1,67, 2,57 για την πρόοδο την α' και την β' εξέταση) για τους Δομικούς.

Σύμφωνα με τον έλεγχο του Friedman υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ($\chi^2=20,145$, β.ε.=2, $p<0,001$) μεταξύ των τιμών της προόδου και της α' και β' εξεταστικής (μέση κατάταξη 1,81, 1,73, 2,46 για την πρόοδο την α' και την β' εξέταση για τους Μηχανολόγους). Και στους Δομικούς και στους Μηχανολόγους, η μέση κατάταξη δείχνει υπεροχή της β' εξέτασης.

3.4.6. Συσχετίσεις.

Σε αυτή την ενότητα περιέχονται τα αποτελέσματα των συσχετίσεων. Υπολογίστηκαν οι συντελεστές Pearson και Spearman. Τα αποτελέσματα των συσχετίσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.5.

Σημαντικές είναι οι συσχετίσεις μεταξύ προόδου-β' εξέτασης Δομικών, και μεταξύ προόδου-β' εξέτασης και α' εξέτασης-β' εξέτασης Μηχανολόγων.

Πίνακας 3.5. Συντελεστές συσχέτισης Pearson και Spearman για τα 43 και 49 άτομα Δομικών και Μηχανολόγων αντίστοιχα που συμμετείχαν και στις τρεις εξετάσεις.

Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων (n=43)					
	n	Pearson's r	p	Spearman's r	p
Πρόοδος-α' εξέταση	43	(δ)	-	0,009	0,954
Πρόοδος-β' εξέταση	43	0,415	0,006	0,472	0,001
Α' εξέταση-β' εξέταση	43	0,206	0,184	0,226	0,145
Τμήμα Μηχανολογίας (n=49)					
	n	Pearson's r	p	Spearman's r	p
Πρόοδος-α' εξέταση	49	(δ)	-	0,279	0,052
Πρόοδος-β' εξέταση	49	(δ)	-	0,402	0,004
Α' εξέταση-β' εξέταση	49	(δ)	-	0,372	0,008

^(δ) Ο συντελεστής Pearson δεν υπολογίστηκε λόγω έλλειψης κανονικότητας στη μία τουλάχιστον από τις δύο μεταβλητές.

3.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑ ΦΥΛΟ (ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ 2001)

Σε αυτή την ενότητα μελετήθηκε η επίδραση του φύλου των συμμετεχόντων στην βαθμολογία των εξετάσεων προόδου, α' και β' εξέτασης. Οι βαθμολογίες των φοιτητών στις εξεταστικές συγκρίνονται ξεχωριστά για κάθε φύλο. Οι επιδόσεις αναφέρονται στην εξεταστική περίοδο του εαρινού εξαμήνου του 2001.

Στις υποενότητες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα περιγραφικά στατιστικά, οι έλεγχοι κανονικότητας και η σύγκριση των επιδόσεων με χρήση παραμετρικών και μη παραμετρικών ελέγχων.

3.5.1. Περιγραφικά στατιστικά.

Στον Πίνακα 3.6 παρουσιάζονται τα περιγραφικά στατιστικά των βαθμολογιών ανά Τμήμα και φύλο.

Από τα περιγραφικά στατιστικά παρουσιάζεται μια υψηλότερη επίδοση αγοριών και κοριτσιών στην β' εξεταστική σε σχέση με την πρόοδο και την α' εξεταστική.

Πίνακας 3.6. Περιγραφικά στατιστικά βαθμολογίας προόδου, α' και β' εξεταστικής για τις Σχολές Πολιτικών Δομικών Εργων και Μηχανολόγων κατηγοριοποιημένα κατά φύλο (θερινό εξάμηνο έτος 2001)

Τμήμα Πολιτικών Δομικών Εργων (Αγόρια n=23)			
	Πρόοδος	Α'Εξεταστική	Β,Εξεταστική
Μέση τιμή±Τυπική απόκλιση	2,76±2,02	2,60±1,92	2,14±0,79
(Εύρος)	(1,0-6,9)	(1,0-7,0)	(1,3-3,1)
Διάμεσος	1,0	2,6	2,0
Κύρτωση	-1,12	0,53	-2,51
Ασυμμετρία	0,57	1,11	0,27
Κορίτσια (n=20)			
Μέση τιμή±Τυπική απόκλιση	2,93±2,30	2,47±1,59	4,72±2,04
(Εύρος)	(1-7,3)	(1-5,6)	(1,6-9)
Διάμεσος	1,7	2,1	4,3
Κύρτωση	-0,97	-1,00	-0,37
Ασυμμετρία	0,74	0,64	0,24
Τμήμα Μηχανολογίας (Αγόρια n=42)			
	Πρόοδος	Α'Εξεταστική	Β'Εξεταστική
Μέση τιμή±Τυπική απόκλιση	2,44±1,86	2,45±1,81	3,21±1,81
(Εύρος)	(1,0-7,4)	(1,0-5,6)	(1,0-6,7)
Διάμεσος	1,5	1,0	3,25
Κύρτωση	0,37	-1,38	-1,43
Ασυμμετρία	1,19	0,66	0,13
Κορίτσια (n=7)			
Μέση τιμή±Τυπική απόκλιση	2,79±2,26	3,03±1,67	5,87±2,00
(Εύρος)	(1,0-5,9)	(1,0-6,2)	(1,8-8,5)
Διάμεσος	1,0	3,0	6,0
Κύρτωση	-2,37	1,81	3,92
Ασυμμετρία	0,49	1,08	-1,40

3.5.2. Ελεγχοι κανονικότητας.

Πίνακας 3.7. Έλεγχοι κανονικότητας βαθμολογιών και διαφορών των βαθμολογιών για τις Σχολές ΠΔΕ και ΜΧ κατηγοριοποιημένα κατά φύλο (εαρινό εξάμηνο 2001).

	Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων		Τμήμα Μηχανολογίας n=42	
	Αγόρια (n=23)		Αγόρια (n=42)	
	Στατιστικό (p)	Στατιστικό (p)	Στατιστικό (p)	Στατιστικό (p)
Πρόοδος	0,329 (<0,001)	0,795 (<0,001)	0,240 (<0,001)	0,786 (<0,001)
Α'εξέταση	0,276 (<0,001)	0,795 (<0,001)	0,336 (<0,001)	0,734 (<0,001)
Β'εξέταση	0,097 (<0,001)	0,955 (0,371)	0,164 (0,006)	0,900 (0,001)
Πρόοδος-α'εξέταση	0,132 (0,200)	0,963 (0,526)	0,193 (<0,001)	0,922 (0,007)
Πρόοδος-β'εξέταση	0,101 (0,200)	0,965 (0,563)	0,104 (0,200)	0,977 (0,547)
Α'-β'εξέταση	0,091 (0,200)	0,979 (0,891)	0,254 (<0,001)	0,889 (0,001)
	Κορίτσια (n=20)		Κορίτσια (n=7)	
Πρόοδος	0,298 (<0,001)	0,798 (0,001)	0,357 (0,007)	0,743 (0,011)
Α'εξέταση	0,221 (0,011)	0,843 (0,004)	0,223 (0,200)	0,918 (0,457)
Β'εξέταση	0,132 (0,200)	0,963 (0,598)	0,383 (0,003)	0,791 (0,034)
Πρόοδος-α'εξέταση	0,288 (<0,001)	0,884 (0,021)	0,237 (0,200)	0,902 (0,344)
Πρόοδος-β'εξέταση	0,180 (0,089)	0,937 (0,213)	0,313 (0,037)	0,757 (0,015)
α'-β'εξέταση	0,125 (0,200)	0,948 (0,340)	0,188 (0,200)	0,951 (0,737)

^(a) Kolmogorof-Smirnof με τη διόρθωση σημαντικότητας κατά Lilliefors.

^(b) Shapiro-Wilk

Η υπόθεση της κανονικότητας γίνεται δεκτή για τις διαφορές προόδου-α'εξέτασης, προόδου-β'εξέτασης, και α'εξέτασης-β'εξέτασης, όπως επίσης και για τη β'εξέταση (με το τεστ Shapiro-Wilk όμως μόνο), των αγοριών των δομικών, για τη β'εξέταση και της διαφορές α'εξέτασης-β'εξέτασης, και προόδου-β'εξέτασης των κοριτσιών των δομικών, για τη διαφορά προόδου-β'εξέτασης των αγοριών των μηχανολόγων, καθώς και για την α'εξέταση και τις διαφορές προόδου-α'εξέτασης και α'εξέτασης-β'εξέτασης των κοριτσιών των μηχανολόγων.

3.5.3. Ελεγχος διαφορών

Λόγω του μικρού αριθμού του δείγματος των κοριτσιών εκτός από τους ελέγχους t , Wilcoxon και προσημικό, εφαρμόστηκε ο έλεγχος του Lord. Τα αποτελέσματα του ελέγχου παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.8.

Στους Πίνακε 3.9 και 3.10 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ελέγχων t - για ζευγαρωτές μετρήσεις και των μη παραμετρικών Wilcoxon και προσημικού.

Πίνακας 3.8. Αποτελέσματα σύγκρισης βαθμολογιών με χρήση του ελέγχου Lord, ανά φύλο των τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ στις τρεις εξετάσεις (εαρινό εξάμηνο 2001).

Δομικοί						
	Αγόρια (n=23)			Κορίτσια (n=20)		
	t	t_{critical}	Μέσος (Εύρος)	t	t_{critical}	Μέσος (Εύρος)
Πρόοδος-Α'εξέταση	-	-	-	-	-	-
Πρόοδος-Β'εξέταση	-	-	-	-0,162	0,126	- 1,80(11,1)
Α'εξέταση-Β'εξέταση	-	-	-	-0,278	0,126	-2,26(8,1)
Μηχανολόγοι						
	Αγόρια (n=42)			Κορίτσια (n=7)		
	t	t_{critical}	Μέσος (Εύρος)	t	t_{critical}	Μέσος (Εύρος)
Πρόοδος-Α'εξέταση	-	-	-	-0,029	0,333	-0,24(8,2)
Πρόοδος-Β'εξέταση	-	-	-	-	-	-
Α'εξέταση-Β'εξέταση	-	-	-	-0,424	0,333	-2,84(6,7)

- Δεν έγινε.

Τα αποτελέσματα είναι στατιστικά σημαντικά για τη διαφορά προόδου-β'εξέτασης και α'εξέτασης-β'εξέτασης των κοριτσιών των δομικών, καθώς και για τη διαφορά α'εξέτασης-β'εξέτασης των κοριτσιών των μηχανολόγων.

Πίνακας 3.9. Αποτελέσματα σύγκρισης βαθμολογιών με χρήση του ελέγχου t ανά φύλο των τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ στις τρεις εξετάσεις (εαρινό εξάμηνο 2001).

Δομικοί				
	Αγόρια (n=23)		Κορίτσια (n=20)	
	Τιμή t(p)	95% Δ.Ε.	Τιμή t(p)	95%Δ.Ε.
Πρόοδος-α' εξέταση	0,242 (0,811)	[-1,19, 1,50]	-	-
Πρόοδος-β' εξέταση	-2,867 (0,009)	[-1,96, -0,31]	-3,112 (0,006)	[-3,00, -0,59]
Α' εξέταση-β' εξέταση	-2,584 (0,017)	[-2,33, -0,26]	-4,382 (<0,001)	[-3,33, -1,18]
Μηχανολόγοι				
	Αγόρια (n=42)		Κορίτσια (n=7)	
	Τιμή t(p)	95% Δ.Ε.	Τιμή t(p)	95%Δ.Ε.
Πρόοδος-α' εξέταση	-0,033 (0,974)	[-0,74, 0,72]	-0,204 (0,845)	[-3,15, 2,67]
Πρόοδος-β' εξέταση	-2,955 (0,005)	[-1,31, -0,25]	-	-
Α' εξέταση-β' εξέταση	-2,513 (0,016)	[-1,38, -0,15]	-3,161 (0,020)	[-5,04, -0,64]

^(*) Δεν έγινε.

Δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές μόνο στη σύγκριση προόδου-α' εξέτασης, αγοριών και κοριτσιών, των μηχανολόγων και αγοριών των δομικών.

Σε σχέση με τα αποτελέσματα των μη-παραμετρικών ελέγχων δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές:

- μεταξύ προόδου-α' εξέτασης, αγοριών και κοριτσιών, δομικών και μηχανολόγων,
- μεταξύ προόδου-β' εξέτασης, και α' εξέτασης-β' εξέτασης κοριτσιών των μηχανολόγων, με το προσημικό τεστ μόνο,

Οι τελευταίες διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές με τον έλεγχο του Wilcoxon. Ο έλεγχος του Wilcoxon υπερτερεί του προσημικού μια και είναι πιο ευαίσθητος.

Πίνακας 3.10. Διαφορές στην βαθμολογία κατά φύλο στις τρεις εξεταστικές των ΠΔΕ και ΜΧ (εαρινό εξάμηνο 2001).

Δομικοί (Αγόρια n=23)						
	Προσημικό τεστ			Wilcoxon		
	Κατατάξεις			Z (p)	Άθροισμα	Z (p)
	+(γ)	-	0			
					-(+)	
Πρόοδος-α' εξέταση	10	8	5	-(0,815)	93 (78)	-0,327 (0,757)
Πρόοδος-β' εξέταση	4	15	4	-(0,019)	31,5 (158,5)	-2,556 (0,009)
Α'-β' εξέταση	5	16	2	-(0,027)	48,5 (182,5)	-2,331 (0,018)
Κορίτσια (n=20)						
	Προσημικό τεστ			Wilcoxon		
	Κατατάξεις			Z (p)		Z (p)
Πρόοδος-α' εξέταση	7	6	7	-(1,000)	53 (38)	-0,524 (0,623)
Πρόοδος-β' εξέταση	3	16	1	-(0,004)	24,5 (165,5)	-2,838 (0,003)
Α'-β' εξέταση	3	17	0	-(0,003)	17 (193)	-3,287 (<0,001)
Μηχανολόγοι (Αγόρια n=42)						
	Προσημικό τεστ			Wilcoxon		
	Κατατάξεις			Z (p)		Z (p)
Πρόοδος-α' εξέταση	13	13	16	0,000 (1,000)	173 (178)	-0,064 (0,955)
Πρόοδος-β' εξέταση	10	24	8	-2,229 (0,024)	139 (456)	-2,711 (0,006)
Α'-β' εξέταση	4	25	13	-3,714 (<0,001)	101 (334)	-2,521 (0,010)
Κορίτσια (n=7)						
	Προσημικό τεστ			Wilcoxon		
	Κατατάξεις			Z (p)		Z (p)
Πρόοδος-α' εξέταση	3	3	1	-(1,000)	10,5 (10,5)	0,000 (1,000)
Πρόοδος-β' εξέταση	1	6	0	-(0,125)	2 (26)	-2,043 (0,047)
Α'-β' εξέταση	1	6	0	-(0,125)	1 (27)	-2,197 (0,031)

Εκτός από τις συγκρίσεις των βαθμολογιών ανά δύο εφαρμόστηκε ο στατιστικός έλεγχος Friedman για την σύγκριση των τριων εξετάσεων ανά φύλο. Τα αποτελέσματα του ελέγχου παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.11,

Πίνακας 3.11. Αποτελέσματα ελέγχου Friedman για τις βαθμολογίες των Τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ κατηγοριοποιημένα κατά φύλο (εαρινό εξάμηνο 2001).

	Δομικοί (Αγόρια n=23)		Κορίτσια (n=20)	
	Κατατάξεις	χ^2 (p)	Κατατάξεις	X^2(p)
Πρόοδος	1,80	9,291 (0,008)	1,70	15,250(<0,001)
Α' εξέταση	1,72		1,63	
Β' εξέταση	2,48		2,68	
	Μηχανολόγοι (Αγόρια n=42)		Κορίτσια (n=7)	
Πρόοδος	1,83	14,896 (<0,001)	1,64	5,556(0,059)
Α' εξέταση	1,75		1,64	
Β' εξέταση	2,42		2,71	

Τα αποτελέσματα είναι στατιστικά σημαντικά για αγόρια και κορίτσια των δομικών, καθώς και για τα αγόρια των μηχανολόγων, και οριακά μη σημαντικά για τα κορίτσια των μηχανολόγων, και δείχνουν σε όλες τις περιπτώσεις υπεροχή της β' εξέτασης έναντι και της α' εξέτασης και της προόδου.

3.6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΟΔΟΥ ΚΑΙ Α' ΕΞΕΤΑΣΗΣ (εαρινό εξάμηνο 2001)

3.6.1. Περιγραφικά στατιστικά

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται τα περιγραφικά στατιστικά μεταξύ προόδου και α' εξέτασης. Ελέγχονται τυχόν διαφορές που προκύπτουν μεταξύ πρόδου (συμβατικού τρόπου εξέτασης), και α' εξέτασης (ηλεκτρονικού τρόπου εξέτασης).

Η σύγκριση των βαθμολογιών γίνεται στους σπουδαστές των Τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ που πήταν μέρος στην εξέταση πρόδου και την α' εξέταση το εαρινό εξάμηνο 2001. Τα περιγραφικά στατιστικά παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.12. ενώ στον Πίνακα 3.13 παρουσιάζονται οι κεντρικές τάσεις των δεδομένων με την χρήση των M-εκτιμητριών.

Από την χτήση των M-εκτιμητριών προκύπτει ότι η α' εξέταση παρουσιάζει υψηλότερες τιμές στην α' εξέταση απ' ότι για την πρόοδο.

Πίνακας 3.12. Περιγραφικά στατιστικά επιδόσεων σπουδστών τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ (εαρινό εξάμηνο 2001).

Τμήμα Πολιτικών Δομικών Εργων (n=101)		
	Πρόοδος	Α'Εξεταστική
Μέση τιμή±τυπική απόκλιση	3,01±2,23	3,51±2,62
(Εύρος)	(1,0-9,0)	(0,0-9,0)
Διάμεσος	2,0	3,0
Κύρτωση	-0,888	-0,892
Ασυμμετρία	0,627	0,599
Τμήμα Μηχανολογίας (n=101)		
Μέση τιμή±τυπική απόκλιση	2,97±2,28	3,45±2,63
(Εύρος)	(1,0-9,5)	(1,0-9,0)
Διάμεσος	2,0	3,0
Κύρτωση	-0,48	-0,87
Ασυμμετρία	0,84	0,63

Πίνακας 3.13. Εκτίμηση κεντρικών τάσεων των βαθμολογιών ΠΔΕ και ΜΧ με χρήση των M-εκτιμητριών (εαρινό εξάμηνο 2001).

Τμήμα Πολιτικών Δομικών Εργων (n=101)				
	Huber's Estimator	M- Tukey's Biweight	Hampel'sM- Estimator	Andrews' Wave
Πρόοδος	2,28	1,87	2,43	1,86
Α'εξέταση	3,14	3,18	3,31	3,19
Τμήμα Μηχανολογίας (n=101)				
Πρόοδος	2,19	1,76	2,28	1,75
Α'εξέταση	3,09	3,10	3,24	3,11

3.6.2. Έλεγχοι κανονικότητας (εαρινό εξάμηνο 2001)

Εφαρμόζονται οι έλεγχοι κανονικότητας στα δεδομένα της βαθμολογίας προόδου και α' εξέτασης ΠΔΕ και ΜΧ

Πίνακας 3.14. Τεστ κανονικότητας βαθμολογιών και διαφορών των βαθμολογιών ΠΔΕ και ΜΧ προόδου και α' εξαμήνου (εαρινό εξάμηνο 2001).

Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων (n=101)			
	Βαθμοί ελευθερίας (df)	Στατιστικό (p)(a)	Στατιστικό (p)(b)
Πρόοδος	101	0,272 (<0,001)	0,825 (<0,001)
Α'εξέταση	101	0,208 (<0,001)	0,873 (<0,001)
Διαφορά προόδου-α'εξέτασης	101	0,181 (<0,001)	0,959 (0,003)
Τμήμα Μηχανολογίας (n=101)			
Πρόοδος	101	0,242 (<0,001)	0,823(<0,001)
Α'εξέταση	101	0,250 (<0,001)	0,835(<0,001)
Διαφορά προόδου-α'εξέτασης	101	0,196(< 0,001)	0,942(<0,001)

^(a) Kolmogorof-Smirnof with Lilliefors significance correction.

^(b) Shapiro-Wilk.

Η υπόθεση της κανονικότητας απορρίπτεται σε όλες τις περιπτώσεις, μπορούμε όμως, επειδή $n > 30$, να χρησιμοποιήσουμε το Κεντρικό Οριακό Θεώρημα, και να κάνουμε t-τεστ συσχετισμένων ζευγών.

Πίνακας 3.15. Αποτελέσματα ελέγχων t- για βαθμολογίες ΠΔΕ και ΜΧ προόδου και α' εξέταση (εαρινό εξάμηνο 2001)

Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων (n=101)		
	Τιμή t (p)	95% Δ.Ε.
Πρόοδος-Α'εξέταση	-1,696 (0,093)	[-1,07, 0,84]
Τμήμα Μηχανολογίας (n=101)		
Πρόοδος-Α'εξέταση	-1,835 (0,069)	[-1,00, 0,04]

Τα αποτελέσματα δεν είναι στατιστικά σημαντικά για τις διαφορές προόδου-α'εξέτασης και των δύο τμημάτων. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνονται και από τους μη-παραμετρικούς ελέγχους.

Πίνακας 3.16. Αποτελέσματα μη-παραμετρικών ελέγχων για βαθμολογίες ΠΔΕ και ΜΧ προόδου και α' εξέταση (εαρινό εξάμηνο 2001)

Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων (n=101)						
	Προσημικό τεστ				Wilcoxon	
	Κατατάξεις			Z (p)	Αθροισμα	Z (p)
	+^(γ)	-^(γ)	0^(γ)			
Πρόοδος-α'εξέταση	39	35	27	-0,349(0,728)	1111,5 (1663,5)	-1,487 (0,138)
Τμήμα Μηχανολογίας (n=101)						
	Προσημικό τεστ				Wilcoxon	
	Κατατάξεις			Z (p)	-(+)	Z (p)
Πρόοδος-α'εξέταση	38	28	35	-1,108 (0,268)	863(1348)	-1,549(0,122)

Πίνακας 3.17. Συντελεστές συσχέτισης προόδου και α' εξέτασης βαθμολογιών ΠΔΕ και ΜΧ (εαρινό εξάμηνο 2001)

Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων (n=101)					
	n	Pearson's r	p	Spearman's r	p
Πρόοδος-α'εξέταση	101	-	-	0,287	0,004
Τμήμα Μηχανολογίας (n=101)					
	n	Pearson's r	P	Spearman's r	p
Πρόοδος-α'εξέταση	101	-	-	0,485	<0,001

^(γ) Δεν υπολογίστηκε.

Ο συντελεστής συσχέτισης είναι στατιστικά σημαντικός και στις δύο περιπτώσεις.

3.7. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΟΔΟΥ ΚΑΙ Β' ΕΞΕΤΑΣΗΣ (εαρινό εξάμηνο 2001)

3.7.1. Περιγραφικά στατιστικά

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται τα περιγραφικά στατιστικά μεταξύ προόδου και β' εξέτασης. Ελέγχονται τυχόν διαφορές που προκύπτουν μεταξύ προόδου (συμβατικού τρόπου εξέτασης), και β' εξέτασης (ηλεκτρονικού τρόπου εξέτασης).

Συνολικά και στις δύο εξετάσεις συμμετείχαν 61 και 65 σπουδαστές των Τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ.

Πίνακας 3.18. Περιγραφικά στατιστικά των τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ για τις εξετάσεις προόδου και β' εξεταστικής.

Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων (n=61)		
	Πρόοδος	Β' Εξεταστική
Μέση τιμή±τυπική απόκλιση	2,57 ± 2,08	4,16 ± 1,98
(Εύρος)	(1,0 -7,3)	(1,0 - 9,0)
Διάμεσος	1,0	4,1
Κύρτωση	-0,64	-0,59
Ασυμμετρία	0,91	0,25
Τμήμα Μηχανολογίας (n=65)		
Μέση τιμή±τυπική απόκλιση	2,26 ± 1,76	3,65±2,08
(Εύρος)	(1,0 -7,4)	(1,0-8,5)
Διάμεσος	1,0	3,6
Κύρτωση	0,57	-0,95
Ασυμμετρία	1,29	0,27

Τα περιγραφικά στατιστικά της β' εξέτασης υπερέχουν σημαντικά των περιγραφικών στατιστικών της προόδου και για τα δύο Τμήματα.

Πίνακας 3.19. Εκτίμηση κεντρικών τάσεων των βαθμολογιών πρόδοου και β' εξέτασης των τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ με χρήση των M-εκτιμητριών (εαρινό εξάμηνο 2001).

Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων (n=61)				
	Huber's M- Estimator	Tukey's Biweight	Hampel's M- Estimator	Andrews' Wave
Πρόοδος	-	-	-	-
Β' εξέταση	4,10	4,05	4,09	4,05
Τμήμα Μηχανολογίας (n=101)				
Πρόοδος	-	-	-	-
Β' εξέταση	3,54	3,58	3,59	3,58

^(c) Το S.P.S.S. δεν έδωσε στην έξοδο του αποτελέσματα για την πρόοδο και των δύο Σχολών, λόγω του υψηλού κεντραρίσματος της κάθε κατανομής γύρω από τη διάμεσο.

3.7.2. Έλεγχοι κανονικότητας

Πίνακας 3.20. Τεστ κανονικότητας βαθμολογιών και διαφορών των βαθμολογιών ΠΔΕ και ΜΧ προόδου και β' εξεταστικής (εαρινό εξάμηνο 2001).

Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων (n=61)			
	Βαθμοί ελευθερίας (df)	Στατιστικό (p)^(a)	Στατιστικό (p)^(b)
Πρόοδος	61	0,349 (<0,001)	0,751 (<0,001)
Β' εξέταση	61	0,081 (0,200)	0,972 (0,181)
προόδου-β' εξέταση	61	0,098 (0,200)	0,965 (0,076)
Τμήμα Μηχανολογίας (n=65)			
Πρόοδος	65	0,271 (<0,001)	0,752 (<0,001)
Β' εξέταση	65	0,123 (0,016)	0,931 (0,001)
Πρόοδος-β' εξέταση	65	0,085 (0,200)	0,982 (0,449)

^(a) Kolmogorof-Smirnof with Lilliefors significance correction.

^(b) Shapiro-Wilk.

Η υπόθεση της κανονικότητας απορρίπτεται για την πρόοδο των δομικών, καθώς και για την πρόοδο και την β' εξέταση των μηχανολόγων.

3.7.3. Έλεγχοι διαφορών

Πίνακας 3.21. Αποτελέσματα t-ελέγχων για τα τμήματα ΠΔΕ και ΜΧ στις εξετάσεις προόδου και β' εξεταστικής (εαρινό εξάμηνο 2001)

Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων (n=61)		
	Τιμή t (p)	95% Δ.Ε.
Πρόοδος-Β'εξέταση	-5,673 (<0,001)	[-2,15, -1,03]
Τμήμα Μηχανολογίας (n=65)		
Πρόοδος-Β'εξέταση	-4,950 (<0,001)	[-1,94, -0,83]

Τα αποτελέσματα είναι στατιστικά σημαντικά και στις δύο περιπτώσεις.

Πίνακας 3.22. Αποτελέσματα μη-παραμετρικών ελέγχων για τα τμήματα ΠΔΕ και ΜΧ στις εξετάσεις προόδου και β' εξεταστικής (εαρινό εξάμηνο 2001)

Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων (n=61)						
	Προσημικό τεστ			Z (p)	Wilcoxon	
	Κατατάξεις				Αθροισμα-(+)	Z (p)
	+(γ)	-(γ)	0(γ)			
Πρόοδος-β'εξέταση	9	45	7	-4,763(<0,001)	182(1303)	-4,827 (<0,001)
Τμήμα Μηχανολογίας (n=65)						
	Προσημικό τεστ			Z (p)	Wilcoxon	
	Κατατάξεις				Αθροισμα-(+)	Z (p)
	+(γ)	-(γ)	0(γ)			
Πρόοδος-β'εξέταση	12	44	9	-4,143(<0,001)	276(1320)	-4,259 (<0,001)

Τα αποτελέσματα είναι στατιστικά σημαντικά και στις δύο περιπτώσεις.

Πίνακας 3.23. Συσχετίσεις βαθμολογιών προόδου και β' εξέτασης τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ (εαρινό εξάμηνο 2001).

Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων (n=61)					
	n	Pearson's r	p	Spearman's r	p
Πρόοδος-β' εξέταση	61	0,421	0,001	0,478	<0,001
Τμήμα Μηχανολογίας (n=65)					
	n	Pearson's r	p	Spearman's r	p
Πρόοδος-β' εξέταση	65	-	-	0,382	0,002

^(*) Δεν υπολογίστηκε.

Τα αποτελέσματα είναι στατιστικά σημαντικά και στις δύο περιπτώσεις.

3.8. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ

3.8.1. Πρόοδοι-Α' εξετάσεις.

Ελεγχοι κανονικότητας. Οι έλεγχοι κανονικότητας των επιδόσεων σε πρόοδο και α' εξέταση των σπουδαστών των Σχολών Πολιτικών Δομικών Έργων και Μηχανολογίας, έχουν γίνει προηγουμένα και η υπόθεση της κανονικότητας έχει απορριφθεί και στις τέσσερις περιπτώσεις.

Η υπόθεση της κανονικότητας απορρίπτεται και για τα μετασχηματισμένα δεδομένα προόδου και α' εξέτασης, δομικών και μηχανολόγων αντίστοιχα (0,290(<0,001), 0,199(<0,001), 0,282(<0,001), 0,263(<0,001) είναι τα αποτελέσματα του τεστ Kolmogorov-Smirnov, διόρθωση σημαντικότητας κατά Lilliefors, και 0,858(<0,001), 0,915(<0,001), 0,862(<0,001), 0,882(<0,001), είναι τα αντίστοιχα αποτελέσματα του τεστ Shapiro-Wilk). Θεωρώντας, όμως ότι οι κατανομές των μετασχηματισμένων δεδομένων δεν είναι υπερβολικά λεπτόκυρτες ή πλατύκυρτες, μπορούμε να κάνουμε το Levene τεστ για την ισότητα των διακυμάνσεων, και να πάρουμε αξιόπιστα αποτελέσματα.

Πίνακας 3.24. Ελεγχος ισότητας διακυμάνσεων με τον έλεγχο Levene.

	F	p
Πρόοδος Π.Δ.Ε.-ΜΧ	0,015	0,902
Α' εξέταση Π.Δ.Ε.-ΜΧ.	0,193	0,661
Πρόοδος Π.Δ.Ε.-Α' εξέταση ΜΧ.	4,259	0,040
Α' εξέταση Π.Δ.Ε.-Πρόοδος ΜΧ.	2,266	0,134

Η υπόθεση της ισότητας των διακυμάνσεων γίνεται δεκτή για τα ζεύγη Πρόοδος Π.Δ.Ε.-MX., Α' εξέταση Π.Δ.Ε.-MX., και Α' εξέταση Π.Δ.Ε.-Πρόοδος MX.

Η υπόθεση, με δεδομένη την επαλήθευση της υπόθεσης των ίσων διασπορών, (η μη επαλήθευση για Πρόοδο Π.Δ.Ε.-Α' εξέταση MX. είναι οριακή), ότι Πρόοδος Π.Δ.Ε. και Πρόοδος MX., Α' εξέταση Π.Δ.Ε. και Α' εξέταση MX., Πρόοδος Π.Δ.Ε. και Α' εξέταση MX., Α' εξέταση Π.Δ.Ε. και Πρόοδος MX., προέρχονται από πληθυσμούς με την ίδια αθροιστική συνάρτηση κατανομής, γίνεται δεκτή.

Επειδή δεν πληρούνται οι υποθέσεις κανονικότητας δεν μπορεί να γίνει t-τεστ ανεξαρτήτων δειγμάτων για κανένα από τα ζεύγη του παραπάνω πίνακα.

Τα παραπάνω συμπεράσματα προέρχονται από τα αποτελέσματα του Πίνακα 3.25.

Πίνακας 3.25. Ελεγχος διαφορών με έλεγχο Mann-Whitney για τις εξετάσεις προόδου α' εξέτασης των τμημάτων ΠΔΕ και MX (εαρινό εξάμηνο 2001)

Ελεγχος Mann-Whitney		
	$U^{(a)}W^{(b)}$	$z(p)$
Πρόοδος Π.Δ.Ε.-MX.	5094 (10245)	-0,016 (0,987)
Α' εξέταση Π.Δ.Ε.-MX.	5030 (10181)	-0,175 (0,862)
Πρόοδος Π.Δ.Ε.-Α' εξέταση MX.	4716,5 (9867,5)	-0,967 (0,334)
Α' εξέταση Π.Δ.Ε.-Πρόοδος MX.	4574,5 (9725,5)	-1,308 (0,192)

^(a) Στατιστικό Wilcoxon ^(b) Στατιστικό Mann-Whitney

Πίνακας 3.26. Ελεγχος διαφορών με έλεγχο Kolmogorof-Smirnov δύο δειγμάτων για τις εξετάσεις προόδου α' εξέτασης των τμημάτων ΠΔΕ και MX (εαρινό εξάμηνο 2001)

Ελεγχος Kolmogorof-Smirnov δύο δειγμάτων				
	Περισσότερο ακραίες διαφορές			$z(p)$
	Απόλυτη	Θετική	Αρνητική	
Πρόοδος Π.Δ.Ε.-MX.	0,089	0,040	-0,089	0,633 (0,621)
Α' εξέταση Π.Δ.Ε.-MX.	0,069	0,059	-0,069	0,493 (0,969)
Πρόοδος Π.Δ.Ε.-Α' εξέταση MX.	0,109	0,109	-0,010	0,774 (0,413)
Α' εξέταση Π.Δ.Ε.-Πρόοδος MX.	0,149	0,020	-0,149	1,055 (0,144)

Η υπόθεση ότι Πρόοδος Π.Δ.Ε. και Πρόοδος MX., Α' εξέταση Π.Δ.Ε. και Α' εξέταση MX., Πρόοδος Π.Δ.Ε. και Α' εξέταση MX., Α' εξέταση Π.Δ.Ε. και Πρόοδος MX., προέρχονται από πληθυσμούς με την ίδια κατανομή, γίνεται δεκτή.

Τα αποτελέσματα των τριών παραπάνω ελέγχων σημαίνουν ότι:

A) επειδή η πρόοδοι των δύο Σχολών, και οι α'εξετάσεις των δύο Σχολών δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους, μπορούμε να συγκρίνουμε Πρόοδο Π.Δ.Ε. με Α'εξέταση ΜΧ., ΚΑΙ Α'εξέταση Π.Δ.Ε. με Πρόοδο ΜΧ., και

B) η Πρόοδος Π.Δ.Ε. με την Α'εξέταση ΜΧ., και η Α'εξέταση Π.Δ.Ε. με την Πρόοδο ΜΧ. δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους.

3.8.2. Πρόοδοι-B εξετάσεις.

Ελεγχοι κανονικότητας. Οι έλεγχοι κανονικότητας των επιδόσεων σε πρόοδο και β'εξέταση των σπουδαστών των Σχολών Πολιτικών Δομικών Έργων και Μηχανολογίας, έχουν γίνει προηγουμένα και η υπόθεση της κανονικότητας απορρίπτεται για την πρόοδο των δομικών, καθώς και για την πρόοδο και την α'εξέταση των μηχανολόγων.

Τα αποτελέσματα των ελέγχων κανονικότητας για τα μετασχηματισμένα δεδομένα προόδου και α'εξέτασης, δομικών και μηχανολόγων αντίστοιχα, είναι με το τεστ Kolmogorof-Smirnof, διόρθωση σημαντικότητας κατά Lilliefors, 0,344(<0,001), 0,105(0,075), 0,358(<0,001), 0,127(0,011), και με το τεστ Shapiro-Wilk, 0,768(<0,001), 0,955(0,018), 0,763(<0,001), 0,946(0,007) αντίστοιχα. Άρα η υπόθεση της κανονικότητας γίνεται δεκτή μόνο για την α'εξέταση των δομικών, και μόνο με το τεστ Kolmogorof-Smirnof. Θεωρώντας, όμως ότι οι κατανομές των μετασχηματισμένων δεδομένων δεν είναι υπερβολικά λεπτόκυρτες ή πλατύκυρτες, μπορούμε να κάνουμε το Levene τεστ για την ισότητα των διακυμάνσεων, και να πάρουμε αξιόπιστα αποτελέσματα.

Πίνακας 3.27. Ελεγχος ισότητας διακυμάνσεων με τον έλεγχο Levene.

	F	p
Πρόοδος Π.Δ.Ε.-ΜΧ	6,348	0,013
Β' εξέταση Π.Δ.Ε.-ΜΧ.	0,953	0,331
Πρόοδος Π.Δ.Ε.-Β' εξέταση ΜΧ.	0,074	0,786
Β' εξέταση Π.Δ.Ε.-Πρόοδος ΜΧ.	1,077	0,301

Η υπόθεση των ίσων διασπορών γίνεται δεκτή για Β'εξέταση Π.Δ.Ε. και Β'εξέταση ΜΧ., Πρόοδο Π.Δ.Ε. και Β'εξέταση ΜΧ., Β'εξέταση Π.Δ.Ε. και Πρόοδο ΜΧ., ενώ δεν γίνεται δεκτή για Πρόοδο Π.Δ.Ε. και Πρόοδο ΜΧ.

Η υπόθεση ότι προέρχονται από πληθυσμούς με την ίδια αθροιστική συνάρτηση κατανομής, γίνεται δεκτή για Πρόοδο Π.Δ.Ε. και Πρόοδο ΜΧ., Β' εξέταση Π.Δ.Ε. και Β' εξέταση ΜΧ., ενώ δεν γίνεται δεκτή για Πρόοδο Π.Δ.Ε. και Β' εξέταση ΜΧ., καθώς και για Β' εξέταση Π.Δ.Ε. και Πρόοδο ΜΧ. (Πίνακας 3.28)

Πίνακας 3.28. Έλεγχος διαφορών με έλεγχο Mann-Whitney για τις εξετάσεις προόδου β' εξέτασης των τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ (εαρινό εξάμηνο 2001)

Έλεγχος Mann-Whitney		
	$U^{(a)}W^{(b)}$	$z(p)$
Πρόοδος Π.Δ.Ε.-ΜΧ.	1933,5 (4078,5)	-0,261 (0,796)
Β' εξέταση Π.Δ.Ε.-ΜΧ.	1693,5 (3838,5)	-1,412 (0,159)
Πρόοδος Π.Δ.Ε.-Β' εξέταση ΜΧ.	1303,3 (3194,5)	-3,399 (0,001)
Β' εξέταση Π.Δ.Ε.-Πρόοδος ΜΧ.	850 (2995)	-5,602 (<0,001)

Πίνακας 3.29. Έλεγχος διαφορών με έλεγχο Kolmogorof-Smirnov δύο δειγμάτων για τις εξετάσεις προόδου β' εξέτασης των τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ (εαρινό εξάμηνο 2001)

Έλεγχος Kolmogorof-Smirnov δύο δειγμάτων				
	Περισσότερο ακραίες διαφορές			z (p)
	Απόλυτη	Θετική	Αρνητική	
Πρόοδος Π.Δ.Ε.-ΜΧ.	0,144	0,144	-0,066	0,809 (0,263)
Β' εξέταση Π.Δ.Ε.-ΜΧ.	0,155	0,155	-0,025	0,870 (0,329)
Πρόοδος Π.Δ.Ε.-Β' εξέταση ΜΧ.	0,405	0,019	-0,405	2,269 (<0,001)
Β' εξέταση Π.Δ.Ε.-Πρόοδος ΜΧ.	0,486	0,486	0,000	2,728 (<0,001)

Η υπόθεση ότι προέρχονται από πληθυσμούς με την ίδια κατανομή, γίνεται δεκτή για Πρόοδο Π.Δ.Ε. και Πρόοδο ΜΧ., Β' εξέταση Π.Δ.Ε. και Β' εξέταση ΜΧ., ενώ δεν γίνεται δεκτή για Πρόοδο Π.Δ.Ε. και Β' εξέταση ΜΧ., καθώς και για Β' εξέταση Π.Δ.Ε. και Πρόοδο ΜΧ.

Δεν μπορούμε να εκτελέσουμε t-τεστ ανεξαρτήτων δειγμάτων, γιατί δεν πληρούνται όλες οι απαιτούμενες προϋποθέσεις κανονικότητας.

Από τα παραπάνω τρία τεστ (Levene, Mann-Whitney, Kolmogorof-Smirnov δύο δειγμάτων), τα συμπεράσματα είναι:

1) Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι πρόοδος δομικών και πρόοδος των μηχανολόγων προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό (το συμπέρασμα είναι αξιόπιστο παρά τη στατιστικά σημαντική διαφορά

των διασπορών γιατί στα δείγματα των προόδων κατά την εξέταση προόδων και α'εξετάσεων, (n=101), δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των διασπορών).

2) Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι α'εξέταση δομικών και α'εξέταση των μηχανολόγων προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό.

3) Τα παραπάνω συμπεράσματα σημαίνουν ότι μπορούμε να συγκρίνουμε πρόοδο δομικών με α'εξέταση μηχανολόγων, και α'εξέταση δομικών με πρόοδο μηχανολόγων.

4) Η πρόοδος δομικών και η α'εξέταση μηχανολόγων, καθώς και η α'εξέταση δομικών και η πρόοδος των μηχανολόγων διαφέρουν μεταξύ τους και η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική.

3.8.3. Έλεγχοι διαφορών συνόλου αποτελεσμάτων (εαρινό εξάμηνο 2001)

Επειδή, τώρα, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι τα δείγματα των προόδων δομικών και μηχανολόγων, προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό, (όμοια και για τα αντίστοιχα δείγματα των β'εξετάσεων), μπορούμε να προσθέσουμε πρόοδο δομικών με πρόοδο των μηχανολόγων, και β'εξέταση δομικών με β'εξέταση των μηχανολόγων, και να μελετήσουμε τα συσχετισμένα δείγματα που προκύπτουν από τα αθροίσματα.

Πίνακας 3.30. Έλεγχοι διαφορών βαθμολογιών για τα συνολικά αποτελέσματα προόδου και β' εξέτασης (εαρινό εξάμηνο 2001)

Αθροίσματα προόδων-αθροίσματα β'εξετάσεων (n=126)						
	Προσημικό τεστ			Wilcoxon		
	Κατατάξεις			Z	Αθροισμα	Z
	+(γ	- (γ)	0 (γ)	(p)	-(+)	(p)
Πρόοδοι-β'εξετάσεις	89	21	16	-6,388 (<0,001)	843 (5262)	-6,590 (<0,001)

Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των προόδων και των β'εξετάσεων. Τεστ κανονικότητας βαθμολογιών και διαφορών των βαθμολογιών προόδων και β'εξετάσεων.

Η υπόθεση της κανονικότητας γίνεται δεκτή μόνο για τη διαφορά προόδων-β'εξετάσεων, και μόνο με το τεστ Kolmogorof-Smirnof, διόρθωση σημαντικότητας κατά Lilliefors. Μπορούμε, έτσι, να κάνουμε t- τεστ συσχετισμένων ζευγών, αλλά δεν μπορούμε να δούμε σε τι συμπέρασμα θα καταλήγαμε αν μεταχειριζόμαστε τα δείγματα σαν ανεξάρτητα.

Πίνακας 3.31. Έλεγχοι κανονικότητας βαθμολογίων για τα συνολικά αποτελέσματα προόδου και β' εξέτασης (εαρινό εξάμηνο 2001)

Πρόοδοι-β'εξετάσεις-διαφορά προόδων-β'εξετάσεων (126)			
	Βαθμοί ελευθερίας (df)	Στατιστικό (p)^(a)	Στατιστικό (p)^(b)
Πρόοδοι	126	0,307 (<0,001)	0,749 (<0,001)
Β'εξετάσεις	126	0,094 (0,009)	0,957 (0,001)
Προόδων-β'εξετάσεων	126	0,078 (0,57)	0,975 (0,019)

^(a) Kolmogorof-Smirnof with Lilliefors significance correction.

^(b) Shapiro-Wilk.

Πίνακας 3.32. Έλεγχοι διαφορών βαθμολογίων με χρήση t-ελέγχου για τα συνολικά αποτελέσματα προόδου και β' εξέτασης (εαρινό εξάμηνο 2001)

Πρόοδοι-β'εξετάσεις (n=126)		
	Τιμή t (p)	95% Δ.Ε.
Πρόοδοι-Β'εξετάσεις	-7,757 (<0,001)	[-1,89, -1,12]

Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των προόδων και των β'εξετάσεων.

Πίνακας 3.33. Έλεγχοι διαφορών βαθμολογίων με χρήση μη-παραμετρικών ελέγχων για τα συνολικά αποτελέσματα προόδου και β' εξέτασης (εαρινό εξάμηνο 2001)

Αθροίσματα προόδων-αθροίσματα β'εξετάσεων (n=202)						
	Προσημικό τεστ			Wilcoxon		
	Κατατάξεις		Z (p)	Αθροισμα	Z (p)	
	+(γ)	-(γ)	0(γ)		-(+)	
Πρόοδοι-α'εξετάσεις	77	63	62	-1,099 (0,272)	3938 (5932)	-2,074 (0,038)

Τα αποτελέσματα με το προσημικό τεστ δεν είναι στατιστικά σημαντικά, ενώ τα αποτελέσματα του ελέγχου του Wilcoxon, είναι στατιστικά σημαντικά.

Θα μελετήσουμε, τώρα, τα αθροίσματα προόδων με τα αθροίσματα α' εξετάσεων.

Πίνακας 3.34. Έλεγχοι κανονικότητας βαθμολογίων για τα συνολικά αποτελέσματα προόδου και α' εξέτασης (εαρινό εξάμηνο 2001)

Πρόοδοι-α'εξετάσεις-διαφορά προόδων-α'εξετάσεων (202)			
	Βαθμοί ελευθερίας	Στατιστικό	Στατιστικό
	(df)	(p) ^(a)	(p) ^(b)
Πρόοδοι	202	0,252 (<0,001)	0,832 (<0,001)
Α'εξετάσεις	202	0,231 (<0,001)	0,858 (<0,001)
Διαφοράπροόδων-α'εξετάσεων	202	0,186 (<0,001)	0,952 (<0,001)

^(a) Kolmogorof-Smirnof with Lilliefors significance correction.

^(b) Shapiro-Wilk.

Η υπόθεση της κανονικότητας δεν γίνεται δεκτή. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε, όμως, τη δυνατότητα που μας δίνει το Κ.Ο.Θ. και να κάνουμε t-τεστ συσχετισμένων ζευγών μεταξύ των προόδων και των α'εξετάσεων. Δεν μπορούμε να δούμε αν μπορούμε να μεταχειριστούμε τα δείγματα σαν ανεξάρτητα, διότι t-τεστ ανεξαρτήτων δειγμάτων δεν μπορεί να γίνει, επειδή δεν πληρούνται οι υποθέσεις κανονικότητας. Δεν έχει, άλλωστε, νόημα και να γίνει, αν το t-τεστ συσχετισμένων δειγμάτων δεν δίνει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των προόδων και των α'εξετάσεων.

Πίνακας 3.35. Έλεγχοι διαφορών βαθμολογίων με χρήση ελέγχου-t για τα συνολικά αποτελέσματα προόδου και β' εξέτασης (εαρινό εξάμηνο 2001)

Πρόοδοι-α'εξετάσεις (n=202)		
	Τιμή t (p)	95% Δ.Ε.
Πρόοδοι-Α'εξετάσεις	-7,2408 (0,017)	[-0,85, 0,09]

Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των προόδων και των β'εξετάσεων.

3.9. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΤΟΥΣ 2003

3.9.1. Συμμετοχή δομικών στην εξέταση (χειμερινό εξάμηνο 2003)

Τα περιγραφικά στατιστικά των σπουδαστών από τα τμήματα ΠΔΕ και ΜΧ που συμμετείχαν σε μία τουλάχιστον από τις τρεις εξετάσεις παρουσιάζονται σε αυτή την ενότητα. Για το τμήμα ΠΔΕ, από τους 276 εγγεγραμμένους στο μάθημα της Φυσικής έδωσαν πρόοδο 41 σπουδαστές, (ποσοστό 14,86%), α' εξέταση 140 σπουδαστές (ποσοστό 50,72%), και β' εξέταση 111 σπουδαστές (ποσοστό 40,22%).

Από αυτούς που έδωσαν πρόοδο έγραψαν βαθμό /5 οι 12 ήτοι ποσοστό 29,27%, από αυτούς που έδωσαν α' εξέταση έγραψαν βαθμό /5 οι 7 ήτοι ποσοστό 5%, από αυτούς που έδωσαν β' εξέταση έγραψαν βαθμό /5 οι 6 ήτοι ποσοστό 5,41%.

3.9.2. Συμμετοχή μηχανολόγων στην εξέταση (χειμερινό εξάμηνο 2003)

Τα ποσοστά συμμετοχής των μηχανολόγων στην εξέτασης της Φυσικής (εαρινό εξάμηνο 2003) ήταν: Από τους 391 εγγεγραμμένους έδωσαν πρόοδο 42 σπουδαστές ήτοι ποσοστό 10,74%, α' εξέταση 197 σπουδαστές ήτοι ποσοστό 50,38%, και β' εξέταση 128 σπουδαστές ήτοι ποσοστό 32,74%.

Από αυτούς που έδωσαν πρόοδο έγραψαν βαθμό /5 οι 19 ήτοι ποσοστό 45,24%, από αυτούς που έδωσαν α' εξέταση έγραψαν βαθμό /5 οι 3 ήτοι ποσοστό 1,52%, και από αυτούς που έδωσαν β' εξέταση έγραψαν βαθμό /5 οι 10 ήτοι ποσοστό 7,81%.

3.10. ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑΣ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΩΝ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΤΡΕΙΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ

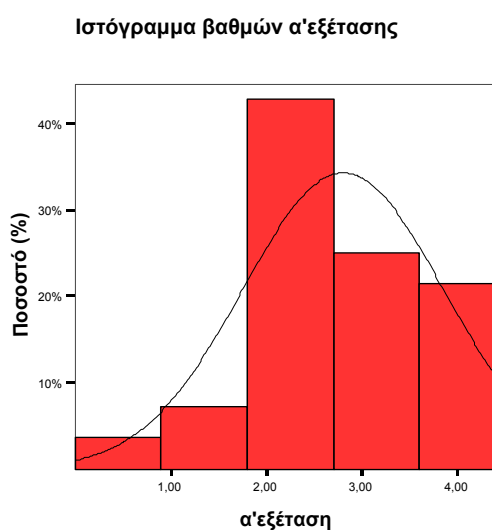
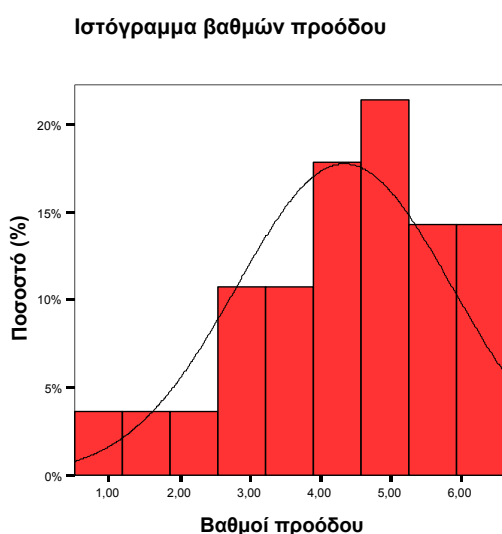
3.10.1 Περιγραφικά στατιστικά βαθμολογίας

Τα περιγραφικά στατιστικά των βαθμολογιών ανά τμήμα παρουσιάζονται σε αυτή την ενότητα. Για κάθε τμήμα λήφθηκαν υπόψη μόνο τα άτομα που συμμετείχαν και στις τρεις εξετάσεις. Και στις τρεις εξετάσεις συμμετείχαν 28 και 30 άτομα από τους ΠΔΕ και ΜΧ αντίστοιχα. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τα περιγραφικά στατιστικά των βαθμολογιών και για τα δύο τμήματα.

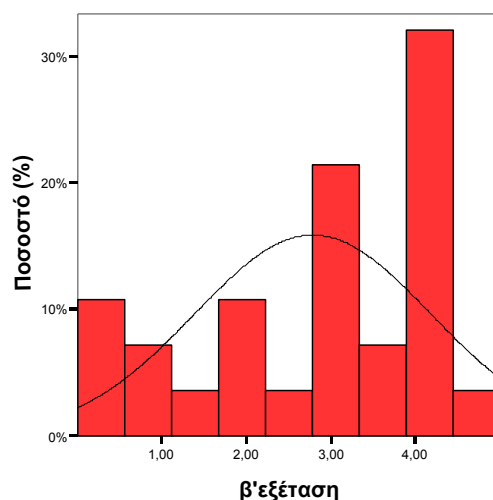
Πίνακας 3.36. Περιγραφικά στατιστικά βαθμολογίας προόδου, α' και β' εξεταστικής, για το τμήμα Δομικών Πολιτικών Έργων και Μηχανολόγων (χειμερινό εξάμηνο έτος 2003).

Πολιτικοί Δομικών Έργων Έργων (n=28)			
	Πρόοδος	Α'	Β'
		Εξεταστική	Εξεταστική
Μέση τιμή ± Τυπική απόκλιση	4,34 ± 1,52	2,80 ± 1,05	2,79 ± 1,40
(Εύρος)	(0,5-6,6)	(0,0-4,5)	(0,0-5,0)
Διάμεσος	4,55	2,5	3,0
Κύρτωση	0,26	0,52	-0,34
Ασυμμετρία	-0,74	-0,29	-0,76
Μηχανολόγοι (n=30)			
Μέση τιμή ± Τυπική απόκλιση	4,68 ± 1,42	3,19 ± 0,88	3,53 ± 1,49
(Εύρος)	(1,3-8,0)	(1,5-4,5)	(1,0-5,0)
Διάμεσος	4,9	3,0	3,5
Κύρτωση	0,49	-0,93	-0,14
Ασυμμετρία	-0,13	0,02	-0,51

Η σύγκριση των περιγραφικών στατιστικών (διάμεσος, μέγιστο, ελάχιστο, μέσος), δείχνει ότι τα δειγματικά δεδομένα της προόδου υπερέχουν των δειγματικών δεδομένων τόσο της α' εξέτασης όσο και της β' εξέτασης.



Ιστόγραμμα βαθμών β'εξέτασης



Εικόνα 3.7. Ιστόγραμμα βαθμών προόδου 28 φοιτητών που συμμετείχαν στη πρόοδο (πάνω αριστερά). Στη α' εξεταστική (πάνω δεξιά) και στη β' εξεταστική (κάτω κέντρο). Τμήμα Δομικών Έργων (έτος 2003)

Πρόδος

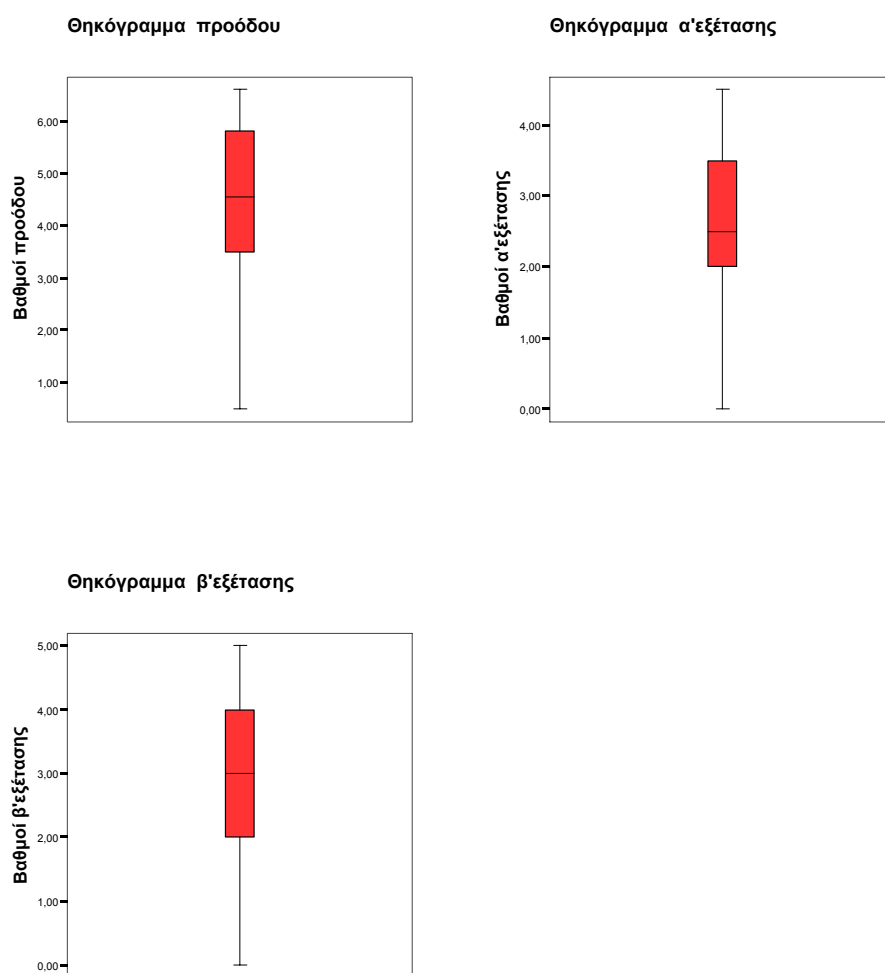
Α' εξέταση

<p>Frequency Stem & Leaf</p> <p>1,00 0 . 5</p> <p>1,00 1 . 3</p> <p>3,00 2 . 088</p> <p>4,00 3 . 0558</p> <p>10,00 4 . 0123567888</p> <p>5,00 5 . 28899</p> <p>4,00 6 . 0116</p> <p>Stem width: 1,00</p> <p>Each leaf: 1 case(s)</p>	<p>Frequency Stem & Leaf</p> <p>1,00 0 . 0</p> <p>,00 0 .</p> <p>,00 1 .</p> <p>2,00 1 . 55</p> <p>5,00 2 . 00000</p> <p>7,00 2 . 5555555</p> <p>4,00 3 . 0000</p> <p>3,00 3 . 555</p> <p>3,00 4 . 000</p> <p>3,00 4 . 555</p> <p>Stem width: 1,00 Each leaf: 1 case(s)</p>
<p>Βεξέταση Stem-and-Leaf Plot</p> <p>Frequency Stem & Leaf</p> <p>3,00 0 . 000</p> <p>3,00 1 . 005</p>	

4,00	2 . 0005
8,00	3 . 00000055
9,00	4 . 000000000
1,00	5 . 0
Stem width: 1,00	
Each leaf: 1 case(s)	

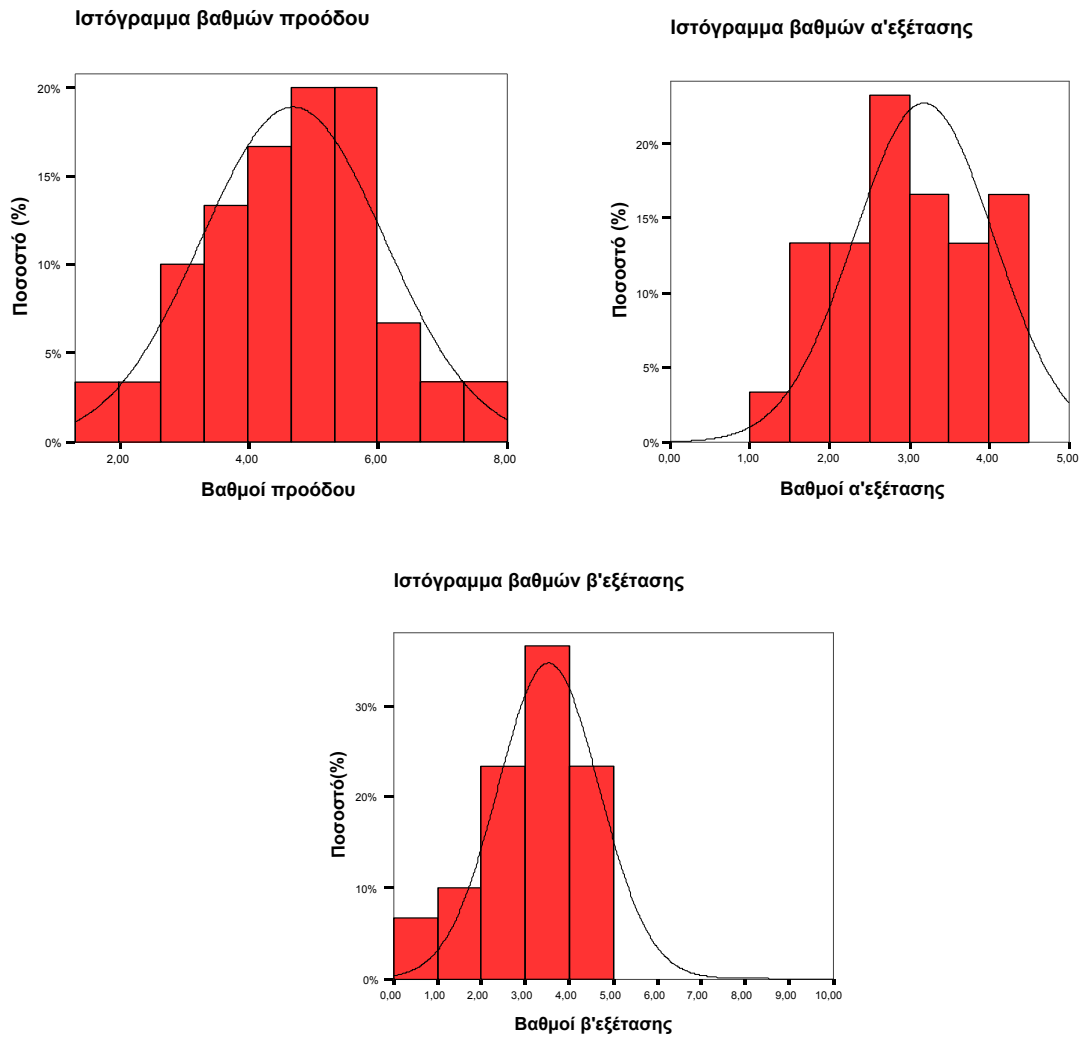
Εικόνα 3.8. Φυλλογράμματα Βαθμολογίας (Stem-and-Leaf Plots) Δομικών για τις τρεις εξετάσεις (χειμερινό εξάμηνο 2003)

Τα φυλλογραφήματα προόδου, α'εξέτασης, και β'εξέτασης δείχνουν ότι δεν υπάρχουν περιπτώσεις που μπορούν να χαρακτηριστούν σαν παράτυπα σημεία.



Εικόνα 3.9. Θηκογράμματα επιδόσεων φοιτητών ΠΔΕ στο μάθημα της Φυσικής (Χειμερινό εξάμηνο 2003).

Τα θηκογράμματα προόδου, α'εξέτασης, β'εξέτασης, δεν δείχνουν ούτε αυτά την ύπαρξη παράτυπων σημείων.

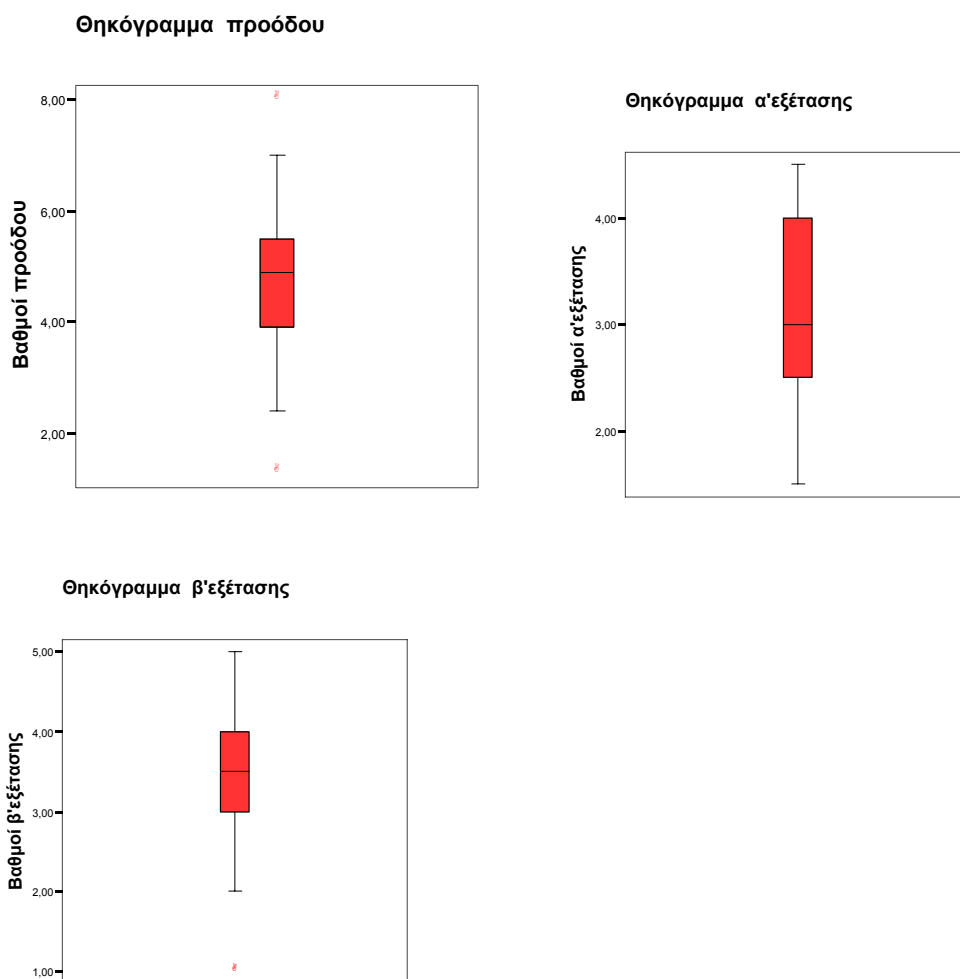


Εικόνα 3.10. Ιστογράμματα βαθμολογίας Μηχανολόγων που συμμετείχαν στις τρεις εξετάσεις (χειμερινό εξάμηνο 2003)

Frequency Stem & Leaf	Frequency Stem & Leaf	Frequency Stem & Leaf
1,00 Extremes ($\leq 1,3$)	,00 1 .	2,00 Extremes ($\leq 1,0$)
3,00 2 . 478	1,00 1 . 5	3,00 2 . 000
5,00 3 . 24899	4,00 2 . 0000	,00 2 .
7,00 4 . 2235599	6,00 2 . 555588	7,00 3 . 0000000
10,00 5 . 0112445789	6,00 3 . 000002	5,00 3 . 55558
2,00 6 . 14	5,00 3 . 55558	6,00 4 . 000000
1,00 7 . 0	3,00 4 . 000	,00 4 .
1,00 Extremes ($\geq 8,0$)	5,00 4 . 55555	7,00 5 . 0000000
Stem width: 1,00	Stem width: 1,00	Stem width: 1,00
Each leaf: 1 case(s)	Each leaf: 1 case(s)	Each leaf: 1 case(s)

Εικόνα 3.11. Φυλλογραφήματα βαθμολογίας ΜΧ για τις τρεις εξετάσεις (χειμερινό εξάμηνο 2003).

Τα φυλλογραφήματα προόδου, α' εξέτασης, και β' εξέτασης δείχνουν ότι στην πρόοδο και στη β' εξέταση υπάρχουν περιπτώσεις που μπορούν να χαρακτηριστούν ακραία, όχι όμως παράτυπα, σημεία.



Εικόνα 3.12. Θηκογράμματα επιδόσεων φοιτητών ΜΧ στο μάθημα της Φυσικής (Χειμερινό εξάμηνο 2003).

Τα θηκογράμματα προόδου, α' εξέτασης, και β' εξέτασης δείχνουν και αυτά ότι στην πρόοδο και στη β' εξέταση υπάρχουν περιπτώσεις που μπορούν να χαρακτηριστούν ακραία, όχι όμως παράτυπα, σημεία.

3.10.2. Έλεγχοι κανονικότητας

Σ' αυτή την ενότητα ελέγχεται η κανονικότητα των βαθμολογιών αλλά και των διαφορών των βαθμολογιών, και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.37. Οι έλεγχοι αφορούν το σύνολο των σπουδαστών που συμμετείχαν και στις τρεις εξετάσεις.

Πίνακας 3.37. Τεστ κανονικότητας βαθμολογιών και διαφορών των βαθμολογιών για τα τμήματα ΔΠΕ και ΜΧ στις τρεις εξετάσεις (χειμερινό εξάμηνο 2003)

Δομικοί Πολιτικών Έργων			
	Βαθμοί ελευθερίας (df)	Στατιστικό (p) ^(a)	Στατιστικό (p) ^(b)
Πρόοδος	28	0,117 (0,200)	0,945 (0,150)
Α' εξέταση	28	0,150 (0,110)	0,946 (0,161)
Β' εξέταση	28	0,204 (0,004)	0,888 (0,006)
Διαφορά προόδου-α' εξέτασης	28	0,152 (0,096)	0,944 (0,143)
Διαφορά προόδου-β' εξέτασης	28	0,133 (0,200)	0,971 (0,613)
Διαφορά α' εξέτασης-β' εξέτασης	28	0,149 (0,116)	0,939 (0,102)
Μηχανολόγοι			
Πρόοδος	30	0,940 (0,200)	0,990 (0,993)
Α' εξέταση	30	0,118 (0,200)	0,945 (0,125)
Β' εξέταση	30	0,157 (0,058)	0,913 (0,018)
Διαφορά προόδου-α' εξέτασης	30	0,135 (0,168)	0,961 (0,325)
Διαφορά προόδου-β' εξέτασης	30	0,112 (0,200)	0,980 (0,838)
Διαφορά α' εξέτασης-β' εξέτασης	30	0,124 (0,200)	0,956 (0,249)

(a) Kolmogorof-Smirnof (διόρθωση σημαντικότητας κατά Lilliefors)

(b) Έλεγχος κανονικότητας Shapiro-Wilk

Η κανονικότητα γίνεται δεκτή για όλες τις βαθμολογίες και τις διαφορές και με τους δύο ελέγχους κανονικότητας για τους ΠΔΕ, εκτός από το δείγμα της β' εξέτασης, ενώ για τους ΜΧ γίνεται δεκτή για όλες τις βαθμολογίες και τις διαφορές και με τους δύο ελέγχους κανονικότητας, εκτός από το δείγμα της β' εξέτασης, για το οποίο η κανονικότητα γίνεται δεκτή μόνο με τον έλεγχο Kolmogorov-Smirnov, (διόρθωση σημαντικότητας κατά Lilliefors).

3.10.3. Έλεγχοι διαφορών (εαρινό εξάμηνο 2003)

Οι έλεγχοι διαφορών έγιναν όπως προαναφέρθηκε με παραμετρικούς και μη παραμετρικούς ελέγχους. Στον Πίνακα 3.38 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου t για ζευγαρωτές μετρήσεις ενώ στον Πίνακα 3.39 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του προσημικού ελέγχου και του ελέγχου του Wilcoxon.

Πίνακας 3.38 Έλεγχος t για ζευγαρωτές μετρήσεις για Δομικούς και Μηχανολόγους (Χειμερινό εξάμηνο 2003).

Δομικοί (n=28)			
	B.E.	Τιμή t (p)	95 ΔΕ
Πρόοδος - α' εξέτασης	27	6,167 (p<0,001)	[1,02, 2,04]
Πρόοδος - β' εξέτασης	27	4,425 (p<0,001)	[1,55, 1,86]
Α' εξέτασης-B' εξέτασης	27	0,076 (p=0,940)	[-0,46 ,0,50]
Μηχανολόγοι (n=30)			
Πρόοδος - α' εξέτασης	29	7,548 (<0,001)	[1,09,1,90]
Πρόοδος - β' εξέτασης	29	3,946 (<0,001)	[0,56 ,1,76]
Α' εξέτασης-B' εξέτασης	29	-1,525 (0,138)	[-0,80, 0,12]

Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ προόδου-α' εξέτασης και προόδου-β' εξέτασης, και για τους Δομικούς και για τους Μηχανολόγους.

Πίνακας 3.39. Μη παραμετρικοί έλεγχοι (προσημικό test, έλεγχος Wilcoxon) για Δομικούς και μηχανολόγους (χειμερινό εξάμηνο 2003).

Δομικοί (n=28)						
	Προσημικό τεστ			Wilcoxon		
	Κατατάξεις			Ασυμπτωτικό Z		Ασυμπτωτικό Z
	+	-^(γ)	0	Πιθανότητα (p)	Άθροισμα	Πιθανότητα (p)
	(γ)		(γ)		- (+)	
Πρόοδος - α' εξέταση	23	4	1	-3,464 (<0,001)	357,5 (20,5)	-4,050 (<0.001)
Πρόοδος - β' εξέταση	24	4	0	-3,591 (<0,001)	362,0 (44,0)	-3,621 (<0.001)
A' -B' εξέταση	10	13	5	* (0,678)	135,00 (141,0)	-0.092 (0,931)
Μηχανολόγοι (n=30)						
	Προσημικό τεστ			Wilcoxon		
	Κατατάξεις			Ασυμπτωτικό Z		Ασυμπτωτικό Z
	+	-^(γ)	0	Πιθανότητα (p)		Πιθανότητα (p)
Πρόοδος - α' εξέταση	27	3	0	-4,199 (<0,001)	455,0 (10,0)	-4,579 (<0,001)
Πρόοδος - β' εξέταση	22	8	0	-2,373 (0,018)	396,5 (68,5)	-3,375 (<0,001)
A' -B' εξέταση	8	17	5	* (0,108)	110,5 (214,5)	-1,405 (0,160)

^(γ) όπου + οι θετικές κατατάξεις – οι αρνητικές κατατάξεις και 0 οι δεσμοί (ties)

^(*) δεν έδωσε τιμή για το z η έξοδος του SPSS

Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ προόδου-α' εξέτασης και προόδου-β' εξέτασης, και με τον προσημικό έλεγχο, και με τον έλεγχο του Wilcoxon, και για τους Δομικούς και για τους Μηχανολόγους.

Σύμφωνα με το έλεγχο του Friedman υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ($\chi^2=21,642$, β.ε.=2, $p<0,001$) μεταξύ των τιμών της προόδου και της α' και β' εξεταστικής (μέση κατάταξη 2,70, 1,61, 1,70 για την πρόοδο την α' και την β' εξέταση) για τους ΔΟΜΙΚΟΥΣ

Σύμφωνα με το έλεγχο του Friedman υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ($\chi^2=22,243$, β.ε.=2, $p<0,001$) μεταξύ των τιμών της προόδου και της α' και β' εξεταστικής (μέση κατάταξη 2,63, 1,45, 1,92 για την πρόοδο την α' και την β' εξέταση) για τους ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΥΣ

3.10.4.Συσχετίσεις (χειμερινό εξάμηνο 2003)

Σε αυτή τη ενότητα περιέχονται τα αποτελέσματα των συσχετίσεων. Υπολογίστηκαν οι συντελεστές Pearson και Spearman. Για τους ΠΔΕ τα αποτελέσματα της προόδου συσχετίζονται με τα αποτελέσματα της α' εξέτασης, ενώ η α' εξέταση συσχετίζεται με την β' εξέταση. Τα αποτελέσματα ισχύουν και για τον συντελεστή Pearson αλλά και τον συντελεστή Spearman.

Για τους Μηχανολόγους η συσχέτιση παρατηρείται μόνο στα αποτελέσματα προόδου και α'-εξέτασης.

Πίνακας 3.40. Συντελεστές συσχέτισης Pearson και Spearman για τα 28 και 30 άτομα ΠΔΕ και ΜΧ αντίστοιχα που συμμετείχαν και στις τρεις εξετάσεις.

Πολιτικών Δομικών Έργων (n=28)					
	N	Pearson's R	P	Spearman's R	P
Πρόοδος-α'εξέταση	28	0,530	0,004	0,552	0,002
Πρόοδος-β'εξέταση	28	0,195	0,320	0,231	0,237
Α'-β'εξέταση	28	0,520	0,005	0,559	0,002
Μηχανολόγοι (n=30)					
	N	Pearson's R	P	Spearman's R	P
Πρόοδος-α'εξέταση	30	0,643	<0,001	0,655	<0,001
Πρόοδος-β'εξέταση	30	0,231	0,219	0,209	0,268
Α'-β'εξέταση	30	0,296	0,112	0,301	0,106

3.11. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑ ΦΥΛΟ (χειμερινό εξάμηνο 2003)

Σε αυτή την ενότητα αναλύονται οι επιδόσεις των φοιτητών με βάση το φύλο. Η ανάλυση είναι ανάλογη της ενότητας 3.6.

3.11.1.Περιγραφικά Στατιστικά

Πίνακας 3.41. Περιγραφικά στατιστικά βαθμολογίας προόδου, α' και β' εξεταστικής, για το τμήμα Δομικών Πολιτικών Έργων και Μηχανολόγων (χειμερινό εξάμηνο έτος 2003).

Δομικοί Πολιτικών Έργων (Αγόρια n=13)			
	Πρόοδος	Α'	Β'
		Εξεταστική	Εξεταστική
Μέση τιμή ± Τυπική απόκλιση	4,17±1,67	2,73±0,78	2,73±1,30
(Εύρος)	(0,5-6,1)	(2,0-4,5)	(0,0-4,0)
Διάμεσος	4,6	2,5	3,0
Κύρτωση	1,11	0,54	-0,15
Ασυμμετρία	-1,17	1,09	-0,74
Κορίτσια (n=15)			
Μέση τιμή ± Τυπική απόκλιση	4,48±1,43	2,87±1,26	2,83±1,52
(Εύρος)	(2,0-6,6)	(0,0-4,5)	(0,0-5,0)
Διάμεσος	4,5	3,0	3,0
Κύρτωση	-1,20	0,34	-0,20
Ασυμμετρία	-0,19	-0,67	-0,87
Μηχανολόγοι (Αγόρια n=26)			
	Πρόοδος	Α'	Β'
		Εξεταστική	Εξεταστική
Μέση τιμή ± Τυπική απόκλιση	4,57±1,45	3,17±0,92	3,53±1,16
(Εύρος)	(1,3-8,0)	(1,5-4,5)	(1,0-5,0)
Διάμεσος	4,7	3	3,65
Κύρτωση	0,43	-1,08	-0,01
Ασυμμετρία	-0,07	0,07	-0,58
Μηχανολόγοι (Κορίτσια n=4)			
Μέση τιμή ± Τυπική απόκλιση	5,4±1,21	3,3±0,29	3,5±1,5
(Εύρος)	(4,5-7,0)	(2,8-4,0)	(2,0-5,0)
Διάμεσος	5,05	3,25	3,50
Κύρτωση	3,08	-1,71	1,5
Ασυμμετρία	1,65	0,57	0

Η σύγκριση των περιγραφικών στατιστικών (διάμεσος, μέγιστο, ελάχιστο, μέσος), δείχνει ότι τα δειγματικά δεδομένα της προόδου υπερέχουν των δειγματικών δεδομένων τόσο της α' εξέτασης όσο και της β' εξέτασης. Το συμπέρασμα ισχύει για κάθε τμήμα και για κάθε φύλο.

3.11.2. Έλεγχοι κανονικότητας

Πίνακας 3.42. Έλεγχοι κανονικότητας βαθμολογίας σπουδαστών ΠΔΕ και ΜΧ κατά φύλο (χειμερινό εξάμηνο 2003)

	Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων		Τμήμα Μηχανολόγων	
	Αγόρια (n=13)		Αγόρια (n=26)	
	Στατιστικό (p) ^(a)	Στατιστικό (p) ^(b)	Στατιστικό (p) ^(a)	Στατιστικό (p) ^(b)
Πρόοδος	0,190 (0,200)	0,874 (0,060)	0,089 (0,200)	0,987 (0,975)
Α' εξέταση	0,309 (0,001)	0,825 (0,014)	0,118 (0,200)	0,934 (0,095)
Β' εξέταση	0,220 (0,085)	0,874 (0,058)	0,170 (0,051)	0,905 (0,020)
Πρόοδος-α' εξέταση	0,203 (0,146)	0,903 (0,149)	0,157 (0,099)	0,967 (0,540)
Πρόοδος-β' εξέταση	0,186 (0,200)	0,957 (0,702)	0,096 (0,200)	0,979 (0,855)
Α'-β' εξέταση	0,192 (0,200)	0,920 (0,250)	0,108 (0,200)	0,953 (0,266)
	Κορίτσια (n=15)		Κορίτσια (n=4)	
Πρόοδος	0,155 (0,200)	0,947 (0,480)	0,358 (-)	0,831 (0,171)
Α' εξέταση	0,149 (0,200)	0,933 (0,307)	0,227 (-)	0,950 (0,717)
Β' εξέταση	0,277 (0,003)	0,874 (0,039)	0,250 (-)	0,945 (0,683)
Πρόοδος-α' εξέταση	0,159 (0,200)	0,970 (0,865)	0,379 (-)	0,788 (0,083)
Πρόοδος-β' εξέταση	0,177 (0,200)	0,918 (0,180)	0,203 (-)	0,989 (0,899)
α'-β' εξέταση	0,127 (0,200)	0,932 (0,294)	0,210 (-)	0,983 (0,922)

(a) Kolmogorov-Smirnov with Lilliefors correction

(b) Shapiro-Wilk

(-) Δεν έδωσε αποτέλεσμα η έξοδος του S.P.S.S.

Η υπόθεση της κανονικότητας απορρίπτεται για την α' εξέταση αγοριών των Δομικών, όπως επίσης και για τη β' εξέταση των κοριτσιών των Δομικών, ενώ για τους Μηχανολόγους απορρίπτεται για τη β' εξέταση των αγοριών, με το τεστ Shapiro-Wilk, όμως, μόνο.

3.11.3. Έλεγχος διαφορών

Λόγω του μικρού αριθμού των συμμετεχόντων στις εξετάσεις (3 στις 4 ομάδες) με τιμές μικρότερες του 20 εφαρμόστηκε επιπλέον ο έλεγχος του Lord.

Πίνακας 3.43. Αποτελέσματα ελέγχου του Lord για τις τρεις εξετάσεις τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ κατά φύλο (χειμερινό εξάμηνο 2003).

Δομικοί	Αγόρια (n=13)			Κορίτσια (n=15)		
	t	t _{critical}	Μέσος (Εύρος)	t	t _{critical}	Μέσος (Εύρος)
Πρόοδος-Α' εξέταση	0,287	0,181	1,44 (5)	0,350	0,160	1,61 (4,6)
Πρόοδος-Β' εξέταση	0,184	0,181	1,44 (7,8)	0,231	0,160	1,65 (7,1)
Α' εξέταση-Β' εξέταση	0,000	0,181	0 (4,5)	0,008	0,160	0,03 (4,0)
Μηχανολόγοι	Αγόρια (n=26)			Κορίτσια (n=4)		
	t	t _{critical}	Μέσος (Εύρος)	t	t _{critical}	Μέσος (Εύρος)
Πρόοδος-Α' εξέταση	-	-	-	0,648	0,717	2,1 (3,2)
Πρόοδος-Β' εξέταση	-	-	-	0,950	0,717	1,9 (2,0)
Α' εξέταση-Β' εξέταση	-	-	-	-0,041	0,717	-0,2 (4,2)

(-) Δεν έγινε, επειδή $n > 20$, και για να γινόταν έπρεπε το δείγμα των αγοριών των μηχανολόγων να χωριστεί σε δύο ίσα δείγματα με τη βοήθεια τυχαίων αριθμών κ.λ.π.

Τα αποτελέσματα του ελέγχου του Lord δείχνουν ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ προόδου-α' εξέτασης και προόδου-β' εξέτασης Δομικών και Μηχανολόγων, και προόδου-β' εξέτασης κοριτσιών των Μηχανολόγων.

Αντίστοιχο αποτέλεσμα δίνει ο έλεγχος t- για ζευγαρωτές μετρήσεις. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ προόδου-α' εξέτασης και προόδου-β' εξέτασης αγοριών και κοριτσιών των Δομικών, προόδου-α' εξέτασης και προόδου-β' εξέτασης αγοριών των Μηχανολόγων, και προόδου-β' εξέτασης κοριτσιών των Μηχανολόγων.

Πίνακας 3.44. Αποτελέσματα ελέγχου t για τις τρεις εξετάσεις τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ κατά φύλο (χειμερινό εξάμηνο 2003).

	Δομικοί (Αγόρια n=13)		Κορίτσια (n=15)	
	Τιμή t (p)	95% ΔΕ	Τιμή t (p)	95% ΔΕ
Πρόοδος - α' εξέταση	3,626 (0,003)	[0,57, 2,30]	4,996 (<0,001)	[0,92, 2,31]
Πρόοδος - β' εξέταση	2,560 (0,025)	[0,21, 2,66]	3,621 (0,003)	[0,67, 2,62]
Α' εξέτασης-Β' εξέταση	0,000 (1,000)	[-0,74 , 0,74]	0,100 (0,922)	[-0,68, 0,75]
Μηχανολόγοι	Αγόρια n=26		Κορίτσια (n=4)	
Πρόοδος - α' εξέταση	6,980 (<0,001)	[0,99, 1,82]	2,880 (0,064)	[-0,22, 4,37]
Πρόοδος - β' εξέταση	3,174 (0,004)	[0,37, 1,72]	4,520 (0,002)	[0,56, 3,23]
Α' εξέταση-Β' εξέταση	-1,594 (0,123)	[-0,84, 0,11]	0,202 (0,852)	[-2,92, 2,58]

Πίνακας 3.45. Αποτελέσματα μη παραμετρικών ελέγχων για τις τρεις εξετάσεις τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ κατά φύλο (χειμερινό εξάμηνο 2003).

	Δομικοί (Αγόρια n=13)					
	Προσημικό τεστ			Wilcoxon		
	Κατατάξεις			Ασυμπτωτικό Z	Ασυμπτωτικό Z	
				Πιθανότητα (p)	Πιθανότητα (p)	
	+	- ^(γ)	0		Άθροισμα	
	(γ)		(γ)		- (+)	
Πρόοδος - α' εξέταση	3	10	0	(0,092)	82,5 (8,5)	-2,590 (0,007)
Πρόοδος - β' εξέταση	2	11	0	(0,022)	77,0 (14,0)	-2,204 (0,026)
Α' -Β' εξέταση	6	4	3	(0,754)	25,5 (29,5)	-0,209 (0,835)
	Κορίτσια (n=15)					
	Προσημικό τεστ			Wilcoxon		
	Κατατάξεις			Ασυμπτωτικό Z	Ασυμπτωτικό Z	
				Πιθανότητα (p)	Πιθανότητα (p)	
Πρόοδος - α' εξέταση	1	13	1	(0,002)	102,0 (3,0)	-3,110 (0,001)
Πρόοδος - β' εξέταση	2	13	0	(0,007)	113,5 (6,5)	-3,040 (0,001)
Α' -Β' εξέταση	7	6	2	(1,000)	45,5 (45,5)	0,000 (1,000)

Μηχανολόγοι (Αγόρια n=26)						
	Προσημικό τεστ			Wilcoxon		
	Κατατάξεις			Ασυμπτωτικό Z Πιθανότητα (p)	Αθροισμα	Ασυμπτωτικό Z Πιθανότητα (p)
	+	- ^(γ)	0		- (+)	
	(γ)		(γ)			
Πρόοδος - α' εξέταση	3	23	0	-3,726 (<0,001)	341,0 (10,0)	-4,207 (<0,001)
Πρόοδος - β' εξέταση	8	18	0	-1,765 (0,076)	287,0 (64,0)	-2,834 (0,003)
A' -B' εξέταση	15	7	4	(0,134)	81,0 (172,0)	-1,483 (0,143)

Κορίτσια (n=4)						
	Προσημικό τεστ			Wilcoxon		
	Κατατάξεις			Ασυμπτωτικό Z Πιθανότητα (p)	Αθροισμα	Ασυμπτωτικό Z Πιθανότητα (p)
Πρόοδος - α' εξέταση	0	4	0	(0,125)	10,0 (0,0)	-1,826 (0,125)
Πρόοδος - β' εξέταση	0	4	0	(0,125)	10,0 (0,0)	-1,826 (0,125)
A' -B' εξέταση	2	1	1	(1,000)	2,0 (4,0)	-0,535 (0,750)

Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ προόδου-α' εξέτασης (με τον έλεγχο Wilcoxon, μόνο), και προόδου-β' εξέτασης αγοριών των Δομικών, προόδου-α' εξέτασης και προόδου-β' εξέτασης κοριτσιών των Δομικών, όπως και προόδου-α' εξέτασης και προόδου-β' εξέτασης (με τον έλεγχο Wilcoxon μόνο) αγοριών των Μηχανολόγων.

Πίνακας 3.46. Αποτελέσματα ελέγχου του Friedman για τις τρεις εξετάσεις τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ κατά φύλο (χειμερινό εξάμηνο 2003).

Δομικοί	Αγόρια (n=13)		Κορίτσια (n=15)	
	Κατατάξεις	χ^2 (p)	Κατατάξεις	95% ΔΕ
Πρόοδος	2,62		2,77	
A' εξέταση	1,65	7,878 (0,017)	1,57	14 (<0,001)
B' εξέταση	1,73		1,67	
Μηχανολόγοι	Αγόρια (n=20)		Κορίτσια (n=4)	
Πρόοδος	2,58		3,00	
A' εξέτασης	1,46	16,880 (<0,001)	1,38	6,533 (0,037)
B' εξέταση	1,96		1,63	

Ο έλεγχος Friedman δείχνει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ προόδου-α'εξέτασης-β'εξέτασης και στις τέσσερις περιπτώσεις, (αγόρια Π.Δ.Ε., κορίτσια Π.Δ.Ε., αγόρια ΜΧ., κορίτσια ΜΧ.), με υπεροχή πάντα της προόδου, η οποία σε όλες τις περιπτώσεις έχει τη μεγαλύτερη κατάταξη, (mean rank).

3.12. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΟΔΟΥ ΚΑΙ Α' ΕΞΕΤΑΣΗΣ (χειμερινό εξάμηνο 2003).

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται τα περιγραφικά στατιστικά μεταξύ προόδου και α' εξέτασης. Ελέγχονται τυχόν διαφορές που προκύπτουν μεταξύ προόδου (ηλεκτρονικού τρόπου εξέτασης) και α' εξεταστικής (συμβατικού τρόπου εξέτασης).

3.12.1. Περιγραφικά στατιστικά (εαρινό εξάμηνο 2003)

Πίνακας 3.47. Περιγραφικά στατιστικά βαθμολογία για της φοιτητές που συμμετείχαν στην πρόοδο και την α' εξέταση στα τμήματα ΔΠΕ και ΜΧ.

Πολιτικοί Δομικών Έργων (n=37)		
	Πρόοδος	Α' Εξεταστική
Μέση τιμή ± Τυπική απόκλιση	4,42±1,50	2,99±1,35
(Εύρος)	(0,5-6,6)	(0,0-5,5)
Διάμεσος	4,7	3,0
Κύρτωση	0,17	-0,41
Ασυμμετρία	-0,72	-0,20
Μηχανολόγοι (n=38)		
Μέση τιμή ± Τυπική απόκλιση	4,73±1,61	3,33±1,23
(Εύρος)	(1,3-8,0)	(0,5-6,5)
Διάμεσος	4,95	3,1
Κύρτωση	0,20	0,11
Ασυμμετρία	0,06	0,18

Η σύγκριση των περιγραφικών στατιστικών (διάμεσος, μέγιστο, ελάχιστο, μέσος), δείχνει ότι τα δειγματικά δεδομένα της προόδου υπερέχουν των δειγματικών δεδομένων της α' εξέτασης. Το συμπέρασμα ισχύει και για το τμήμα Δομικών, και για το τμήμα Μηχανολόγων.

Πίνακας 3.48. Μ-εκτιμήτριες της κεντρικής τάσης της βαθμολογίας τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ (χειμερινό εξάμηνο 2003)

Δομικοί πολιτικών έργων (n=37)				
	Huber's M-Estimator	Tukey's Biweight	Hampel's M-Estimator	Andrews'Wave
Πρόοδος	4,59	4,62	4,55	4,62
Α'εξέταση	2,99	3,02	3,02	3,02
Μηχανολόγοι (n=38)				
Πρόοδος	4,74	4,71	4,71	4,71
Α'εξέταση	3,31	3,29	3,32	3,29

Και οι τέσσερις ανθεκτικές, (robust), Μ-εκτιμήτριες κεντρικής τάσης που χρησιμοποιήσαμε, έχουν τιμή μεγαλύτερη για την πρόοδο απ'ότι για την α'εξέταση.

3.12.2. Έλεγχοι κανονικότητας

Πίνακας 3.49. Έλεγχοι κανονικότητας βαθμολογιών και διαφορών των βαθμολογιών ΔΠΕ και ΜΧ (χειμερινό εξάμηνο 2003)

Δομικοί Πολιτικών Έργων (n=37)			
	Βαθμοί ελευθερίας (df)	Στατιστικό (p)^(a)	Στατιστικό (p)^(b)
Πρόοδος	37	0,116 (0,200)	0,946 (0,074)
Α'εξέταση	37	0,128 (0,134)	0,947 (0,075)
Διαφορά προόδου-α'εξέτασης	37	0,116 (0,200)	0,965 (0,296)
Μηχανολόγοι (n=38)			
Πρόοδος	38	0,094 (0,200)	0,972 (0,435)
Α'εξέταση	38	0,106 (0,200)	0,979 (0,687)
Διαφορά προόδου-α'εξέτασης	38	0,121 (0,175)	0,970 (0,394)

(c) Kolmogorof-Smirnof (διόρθωση σημαντικότητας κατά Lilliefors)

(d) Έλεγχος κανονικότητας Shapiro-Wilk.

Η υπόθεση της κανονικότητας γίνεται δεκτή για πρόοδο, α'εξέταση, και διαφορά προόδου-α'εξέτασης, Δομικών και Μηχανολόγων.

3.12.3. Έλεγχος διαφορών

Πίνακας 3.50. Αποτελέσματα ελέγχων t-test προόδου και α' εξέτασης Π.Δ.Ε. και ΜΧ. (χειμερινό εξάμηνο 2003).

Δομικοί (n=37)		
	Τιμή t (p)	95% ΔΕ
Πρόοδος - Α' εξέταση	6,849 (<0,001)	[1,01 ,1,86]
Μηχανολόγοι (n=38)		
Πρόοδος - Α' εξέταση	8,004 (<0,001)	[1,05, 1,75]

Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ προόδου-α'εξέτασης. Το συμπέρασμα ισχύει και για το τμήμα Δομικών, και για το τμήμα Μηχανολόγων.

Πίνακας 3.51. Αποτελέσματα μη-παραμετρικών ελέγχων προόδου και α' εξέτασης ΠΔΕ και ΜΧ (χειμερινό εξάμηνο 2003).

Δομικοί (n=37)						
Προσημικό τεστ				Wilcoxon		
Κατατάξεις		Ασυμπτωτικό Z		Ασυμπτωτικό Z		
		Πιθανότητα (p)		Πιθανότητα (p)		
+	-^(γ)	0	Άθροισμα			
(γ)		(γ)	- (+)			
Πρόοδος - α'εξέταση	6	29	2	-3,719 (<0,001)	594,5 (35,5)	-4,580 (<0,001)
Μηχανολόγοι (n=38)						
Προσημικό τεστ				Wilcoxon		
Κατατάξεις		Ασυμπτωτικό Z		Ασυμπτωτικό Z		
		Πιθανότητα (p)		Πιθανότητα (p)		
Πρόοδος - α'εξέταση	3	35	0	-5,029 (<0,001)	723,0 (18,0)	-5,114 (<0,001)

^(γ) όπου + οι θετικές κατατάξεις – οι αρνητικές κατατάξεις και 0 οι δεσμοί (ties)

Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ προόδου-α'εξέτασης. Το συμπέρασμα ισχύει και για το τμήμα Δομικών, και για το τμήμα Μηχανολόγων.

3.12.4.Συσχετίσεις

Πίνακας 3.52. Συσχετίσεις βαθμολογίας προόδου και α' εξέτασης τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ (χειμερινό εξάμηνο 2003).

Πολιτικών Δομικών Έργων (n=37)					
	n	Pearson's R	P	Spearman's R	P
Πρόοδος-α' εξέταση	37	0,605	<0,001	0,618	<0,001
Μηχανολόγοι (n=)					
	n	Pearson's R	P	Spearman's R	P
Πρόοδος-α' εξέταση	38	0,742	<0,001	0,719	<0,001

Υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ προόδου-α' εξέτασης Δομικών και προόδου-α' εξέτασης Μηχανολόγων.

3.13. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ 2003

3.13.1. Έλεγχοι κανονικότητας

Πίνακας 3.53. Έλεγχος κανονικότητας των επιδόσεων σε πρόοδο και α' εξέταση των φοιτητών των τμημάτων Πολιτικών Δομικών Έργων και Μηχανολόγων (χειμερινό εξάμηνο 2003)

Πολιτικοί Δομικών Έργων		
	Βαθμοί ελευθερίας (df)	Στατιστικό (p) ^(a)
Πρόοδος	37	0,116 (0,200)
Α' εξέταση	37	0,128 (0,134)
Μηχανολόγοι		
Πρόοδος	38	0,094 (0,200)
Α' εξέταση	38	0,106 (0,200)

^(a) Kolmogorov-Smirnov με διόρθωση Lilliefors.

Αυτός ο έλεγχος, (όπως και ο έλεγχος Shapiro-Wilk), έχει γίνει ξανά παραπάνω, στον πίνακα 3.49. Η υπόθεση της κανονικότητας γίνεται δεκτή και για τις τέσσερις περιπτώσεις, και συνεπώς μπορούμε να κάνουμε F-τεστ, τεστ Levene, και t-τεστ ανεξαρτήτων δειγμάτων για τον έλεγχο ισότητας μέσω των τιμών και διακυμάνσεων.

3.13.2. Έλεγχος διακυμάνσεων

Οι έλεγχοι κανονικότητας των μετασχηματισμένων, (για τον έλεγχο Levene), δεδομένων του 2003, δίνουν για πρόοδο δομικών και α' εξέταση δομικών, 0,156(0,023)[0,897(0,002)], και 0,166(0,012)[0,920(0,011)] αντίστοιχα, και για πρόοδο μηχανολόγων και α' εξέταση μηχανολόγων, 0,155(0,021)[0,850(<0,001)] και 0,142(0,051)[0,899(0,002)] αντίστοιχα. Τα πρώτα νούμερα αφορούν το τεστ Kolmogorof-Smirnof (διόρθωση σημαντικότητας κατά Lilliefors), ενώ αυτά που είναι στις αγγύλες αφορούν το τεστ Shapiro-Wilk. Η κανονικότητα δεν επιβεβαιώνεται, πλην της περίπτωσης των μετασχηματισμένων δεδομένων της προόδου των μηχανολόγων (με το τεστ Kolmogorof-Smirnof μόνο), όμως θεωρώντας ότι οι κατανομές των μετασχηματισμένων δεδομένων δεν είναι εξαιρετικά πλατύκυρτες ή λεπτόκυρτες, μπορούμε να κάνουμε τον έλεγχο Levene, και να πάρουμε αξιόπιστα αποτελέσματα. Εξ' άλλου τα αποτελέσματα του F-τεστ για τα ζεύγη πρόοδος δομικών-πρόοδος μηχανολόγων, και α' εξέταση δομικών-α' εξέταση μηχανολόγων, που δίδονται μετά τα αποτελέσματα του Levene-τεστ, επιβεβαιώνουν τα δεύτερα.

Πίνακας 3.54. Έλεγχος ισότητας διακυμάνσεων με τον έλεγχο Levene

	F	P
Πρόοδος ΠΔΕ –MX	0,089	0,766
Α' εξέταση ΠΔΕ-MX	0,372	0,544
Πρόοδος ΠΔΕ – Α' εξέταση MX	0,857	0,358
Α' εξέταση ΠΔΕ- Πρόοδος MX	0,447	0,506

Το αποτέλεσμα του ελέγχου για την ισότητα διακυμάνσεων (έλεγχος Levene) δείχνει ότι η υπόθεση της ισότητας γίνεται αποδεκτή.

Πίνακας 3.55. Έλεγχος ισότητας διακυμάνσεων με τον έλεγχο F

Πρόοδος ΠΔΕ-MX		Α' εξέταση ΠΔΕ- MX	
S_x^2	2,25	S_x^2	1,81
S_y^2	2,63	S_y^2	1,52
F	1,173	F	1,196
$F_{0,025;37,36}$	1,950	$F_{0,025;37,36}$	1,950

Η υπόθεση της ισότητας των διακυμάνσεων γίνεται δεκτή.

3.13.3 Έλεγχοι διαφορών

Στον Πίνακα 3.56 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου t ανεξάρτητων δειγμάτων καθώς και ο αντίστοιχος μη-παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney.

Επειδή η πιθανότητα διπλής ουράς $>0,05$ τα αποτελέσματα δεν είναι στατιστικά σημαντικά (η υπόθεση της ισότητας των μέσων γίνεται δεκτή) και από τους δύο ελέγχους, για πρόοδο Δομικών-πρόοδο Μηχανολόγων.

Επίσης από το Mann-Whitney μας υποδεικνύει ότι η πρόοδος των Δομικών και η πρόοδος των Μηχανολόγων, προέρχονται από την ίδια αθροιστική συνάρτηση κατανομής. Αντίστοιχο συμπέρασμα ισχύει και για την α' εξέταση Δομικών και την α' εξέταση των Μηχανολόγων.

Τα παραπάνω αποτελέσματα, σε συνδιασμό με τα αποτελέσματα του ελέγχου κανονικότητας, και τα αποτελέσματα των ελέγχων ισότητας διακυμάνσεων, δείχνουν ότι η πρόοδος των Δομικών και η πρόοδος των Μηχανολόγων προέρχονται από την ίδια κανονική κατανομή. Ιδιο συμπέρασμα βγαίνει για την α' εξέταση Δομικών και την α' εξέταση των Μηχανολόγων.

Εχουμε, λοιπόν, δύο κανονικές κατανομές, από τις οποίες στη μία περιλαμβάνονται η πρόοδος των δομικών και η πρόοδος των μηχανολόγων, και στην άλλη η α' εξέταση των δομικών και η α' εξέταση των μηχανολόγων. Εμείς θέλουμε να συγκρίνουμε τους μέσους αυτών των κατανομών (είναι ο σκοπός της πτυχιακής αυτός, προκειμένου να βγάλουμε κι'από εδώ συμπέρασμα για το αν ο ηλεκτρονικός τρόπος εξέτασης υπερέρχει ή όχι του συμβατικού τρόπου).

Αυτό μπορούμε να το κάνουμε με δύο τρόπους:

- 1) Συγκρίνοντας είτε την πρόοδο των δομικών με την α' εξέταση των δομικών είτε την πρόοδο των μηχανολόγων με την α' εξέταση των μηχανολόγων, που είναι συσχετισμένα δείγματα.

2) Συγκρίνοντας είτε την πρόοδο των δομικών με την αξιολόγηση των μηχανολόγων είτε την αξιολόγηση των δομικών με την πρόοδο των μηχανολόγων που είναι ανεξάρτητα δείγματα.

Ο πρώτος τρόπος έχει εφαρμοστεί ήδη στη μελέτη ανά σχολή. Εδώ θα εφαρμοστεί ο δεύτερος τρόπος.

Τα αποτελέσματα του t-τεστ ανεξαρτήτων δειγμάτων και του ελέγχου Mann-Whitney για πρόοδο Δομικών -αξιολόγηση Μηχανολόγων, και αξιολόγηση Δομικών-πρόοδο Μηχανολόγων φαίνονται κι'αυτά στον πίνακα 3.56 και δείχνουν ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αυτών των εξετάσεων.

Πίνακας 3.56. Αποτελέσματα σύγκρισης επιδόσεων προόδου και αξιολόγησης Μηχανολόγων και Πολιτικών Δομικών Έργων (χειμερινό εξάμηνο 2003)

Έλεγχος t			
	B.E.	Τιμή t (p)	95 ΔΕ
Πρόοδος ΠΔΕ- MX	73	-0,870 (0,387)	[-1,02, 0,40]
Α' αξιολόγηση ΠΔΕ- MX	73	-1,159 (0,250)	[-0,94, 0,25]
Πρόοδος ΠΔΕ- Α' αξιολόγηση MX	73	3,438 (0,001)	[0,46, 1,72]
Α' αξιολόγηση ΠΔΕ- Πρόοδος MX	73	-5,088 (<0,001)	[-2,43, 1,06]
Έλεγχος Mann-Whitney			
	U^(c) (W)^(d)	Z (p)	
Πρόοδος ΠΔΕ-MX	640 (1343)	-0,668 (0,508)	
α' αξιολόγηση ΠΔΕ-MX	604 (1307)	-1.056 (0,291)	
Πρόοδος ΠΔΕ- Α' αξιολόγηση MX	387 (1128)	-3,354 (0,001)	
Α αξιολόγηση ΠΔΕ- Πρόοδος MX	279,5 (982,5)	-4,494 (<0,001)	

^(c) Στατιστικό Mann-Whitney

^(d) Στατιστικό Wilcoxon

Η κανονική κατανομή λοιπόν που περιέχει την πρόοδο των δομικών και την πρόοδο των μηχανολόγων έχει μεγαλύτερο μέσο από την κανονική κατανομή που περιέχει την αξιολόγηση των δομικών και την αξιολόγηση των μηχανολόγων, και την ίδια διακύμανση μ'αυτήν. Επομένως, και από εδώ βγαίνει το συμπέρασμα ότι ο ηλεκτρονικός τρόπος εξέτασης υπερέχει του συμβατικού.

3.13.4. Έλεγχος διαφορών συνολικού αριθμού επιδόσεων

Σε αυτήν την υποενότητα επειδή τα δείγματα της προόδου των δομικών και της προόδου των μηχανολόγων προέρχονται από την ίδια κανονική κατανομή, μπορούμε να προσθέσουμε τα αντίστοιχα δείγματα. Επίσης, επειδή τα δείγματα της α' εξέτασης των δομικών και της α' εξέτασης των μηχανολόγων προέρχονται από την ίδια κανονική κατανομή, μπορούμε να προσθέσουμε τα αντίστοιχα δείγματα. Στα αθροίσματα μπορεί να γίνει έλεγχος συσχετισμένων δειγμάτων.

Τα δείγματα μπορούμε να τα μεταχειριστούμε και σαν ανεξάρτητα δείγματα και να κάνουμε t-τεστ ανεξαρτήτων δειγμάτων και το αντίστοιχο του παραμετρικό, δηλαδή το Mann-Whitney.

Γενικά, το να κάνει κανείς t-τεστ ανεξαρτήτων δειγμάτων σε συσχετισμένα δείγματα θεωρείται σοβαρό θεωρητικό λάθος γιατί στο t-τεστ ανεξαρτήτων δειγμάτων, στον παρανομαστή του στατιστικού, για π.χ. ίσα δείγματα με κοινή διακύμανση, υπάρχει η ποσότητα

$$\sqrt{\frac{S^2 * 2}{n}}$$

όπου S^2 η από κοινού διακύμανση των δύο δειγμάτων, ενώ στο t-τεστ συσχετισμένων δειγμάτων στον παρανομαστή του στατιστικού υπάρχει η ποσότητα

$$\sqrt{\frac{S_d^2}{n}}$$

όπου S_d^2 η διακύμανση της διαφοράς, και έτσι ενδέχεται να υπάρχει διαφορά ανάμεσα στα δείγματα, και με το t-τεστ ανεξαρτήτων ζευγών να μην την βρούμε. Εδώ όμως γνωρίζουμε ήδη ότι υπάρχει διαφορά, και αν την βρούμε και με το t-τεστ ανεξαρτήτων δειγμάτων, (και με το ισοδύναμο του, Mann-Whitney), το συμπέρασμα μας ισχυροποιείται.

Η ευαισθησία που προσθέτουμε στο στατιστικό λόγω της πρόσθεσης βαθμών ελευθερίας, (148 έναντι 74), αν δούμε πίνακες της t-κατανομής, βλέπουμε ότι είναι εντελώς αμελητέα.

Ο έλεγχος Levene για την ισότητα των διακυμάνσεων δίνει $F=1,009$, $p=0,317$, και επομένως η υπόθεση της ισότητας των διακυμάνσεων γίνεται δεκτή.

Πίνακας 3.57. Περιγραφικά στατιστικά συνολικού δείγματος

Δομικοί Πολιτικών Έργων και Μηχανολόγων (n=75)		
	Πρόοδος	Α' Εξεταστική
Μέση τιμή ± Τυπική απόκλιση	4,58±1,55	3,16 ±1,29
(Εύρος)	(0,5-8,0)	(0,0-6,5)
Διάμεσος	4,8	3,0
Κύρτωση	0,252	-0,125
Ασυμμετρία	-0,252	-0,066

Τα περιγραφικά στατιστικά (μέσος, μέγιστο, ελάχιστο, άθροισμα, διάμεσος), δείχνουν σαφή υπεροχή των δεδομένων των προόδων.

Πίνακας 3.58. Τεστ κανονικότητας βαθμολογιών και διαφορών των βαθμολογιών Π.Δ.Ε. και ΜΧ

Δομικοί Πολιτικών Έργων και Μηχανολόγοι		
	Βαθμοί ελευθερίας	Στατιστικό
	(df)	(p) ^(a)
Πρόοδος	75	0,080 (0,200)
Α' εξέταση	75	0,096 (0,082)
Διαφορά προόδου-α' εξέτασης	75	0,093 (0,169)

^(e) Kolmogorof-Smirnof (διόρθωση σημαντικότητας Lilliefors)

Η υπόθεση της κανονικότητας γίνεται δεκτή σε όλες τις περιπτώσεις.

Πίνακας 3.59. Μη παραμετρικοί έλεγχοι συσχετισμένων δειγμάτων επιδόσεων προόδων και α' εξέτασης για το συνολικό δείγμα ΔΠΕ και μηχανολόγων.

Δομικοί και Μηχανολόγοι (n=75)						
	Προσημικό τεστ			Wilcoxon		
	Κατατάξεις			Ασυμπτωτικό Z		
				Πιθανότητα (p)		
	+ (γ)	- (γ)	0 (γ)	Άθροισμα		
				- (+)		
Πρόοδος - α' εξέταση (συσχετισμένα δείγματα)	9	64	2	-6,320 (<0,001)	2583,5 (117,5)	-6,780 (<0.001)
	Mann-Whitney U	Wilcoxon W	Z	Σημαντικότητα P		
Πρόοδος - α' εξέταση (ανεξάρτητα δείγματα)	1336	4186	-5,557	<0,001		

Επειδή ακριβής πιθανότητα διπλής ουράς<0,001 τα αποτελέσματα είναι στατιστικά σημαντικά και στις δύο περιπτώσεις.

Πίνακας 3.60. Παραμετρικοί έλεγχος t-test (συσχετισμένων και ανεξάρτητων δειγμάτων) των επιδόσεων προόδου και α' – εξέτασης για το δείγμα των μηχανολόγων και δομικών (χειμερινό εξάμηνο 2003)

Δομικοί και Μηχανολόγοι (n=75)			
	B.E.	Τιμή t (p)	95 ΔΕ
Πρόοδος - α' εξέταση (συσχετισμένα δείγματα)	74	10,481 (p<0.001)	[1,15, 1,69]
Πρόοδος - α' εξέταση (ανεξάρτητα δείγματα)	148	6,071 (p<0,001)	[0,96, 1,88]

Πίνακας 3.61. Συντελεστές συσχέτισης Pearson και Spearman για τα 75 άτομα (ΠΔΕ και ΜΧ) που συμμετείχαν στις εξετάσεις προόδου και α'-εξέτασης.

Δομικοί και Μηχανολόγοι (n=75)					
	n	Pearson's R	P	Spearman's R	P
Πρόοδος-α'εξέταση	75	0,676	<0,001	0,663	<0,001

Η συσχέτιση είναι σημαντική στο επίπεδο 0,01 (δίπλευρος έλεγχος). Αρα, εδώ, υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ προόδου-α'εξέτασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ένας από τους κλάδους της Εφαρμοσμένης Στατιστικής είναι η Βιοστατιστική. Σ' αυτήν χρησιμοποιούνται ακριβώς εκείνες οι στατιστικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σ' αυτή την Πτυχιακή, οι οποίες είναι γενικές και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα οποιαδήποτε δεδομένα, αρκεί να ισχύουν οι αντίστοιχες σχετικές προϋποθέσεις. (Στη Βιοστατιστική χρησιμοποιούνται βέβαια και άλλες μέθοδοι, γενικές κι' αυτές, όπως η ανάλυση παλινδρόμησης, ή οι έλεγχοι που αφορούν κατηγορικές μεταβλητές. Χρησιμοποιούνται επίσης και οι μέθοδοι που είναι γνωστές με το γενικό όνομα «Ανάλυση Επιβίωσης», οι οποίες όμως χρησιμοποιούνται μόνο στη Βιοστατιστική).

Οι συγκεκριμένοι έλεγχοι που χρησιμοποιούνται σ' αυτή τη Πτυχιακή, (οι οποίες επαναλαμβάνεται ότι είναι γενικές και χρησιμοποιούνται και στη Βιοστατιστική), δεν εφαρμόστηκαν σε ιατρικά δεδομένα, γιατί υπήρχε μεγάλη δυσκολία πρόσβασης σ' αυτά, και χρήσης τους.

Η αντικειμενοποίηση του συστήματος των εξετάσεων και η στατιστική μελέτη των αποτελεσμάτων μιάς εξέτασης, έχουν τόσο μεγαλύτερη σημασία όσο μεγαλύτεροι είναι οι βαθμοί. Πάντα, βέβαια, θα υπάρχουν σπουδαστές που θα γράφουν απορριπτικούς βαθμούς, όμως για την ομάδα των σπουδαστών που έγραψαν, για παράδειγμα, δύο, λίγη σημασία έχει αν αυτό το δύο έπρεπε να είναι τρία, ένα ή τέσσερα, καθώς και το με ποιο τρόπο εξετάστηκαν. Γι' αυτό η σκοπιμότητα αυτής της ανάλυσης εξαρτάται από την ποιότητα των γραπτών των σπουδαστών. Η ποιότητα των γραπτών των σπουδαστών και η σκοπιμότητα αυτής της ανάλυσης, έχουν μια ισχυρή θετική συσχέτιση.

Το πόσο καλά, πάλι, γράφουν οι σπουδαστές εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, και γι' αυτό θεωρούμε ότι είναι μέσα στο θέμα της πτυχιακής να αναφερθούν ορισμένα παιδαγωγικά στοιχεία από τη βιβλιογραφία τα οποία αναφέρονται ακριβώς σ' αυτό.

Η επίδοση, (5), των σπουδαστών σε μια εξέταση εξαρτάται κατ' αρχήν από το βαθμό στον οποίο έχουν μάθει οι σπουδαστές Φυσική ο οποίος ποικίλει και εξαρτάται από:

- 1) την πνευματική υποδομή του σπουδαστή
- 2) την παρούσα φυσική και συναισθηματική του κατάσταση
- 3) την ποιότητα της παρούσας και παρελθούσας εμπειρίας του στη γνώση
- 4) την ποιότητα της αλληλεπίδρασης μεταξύ σπουδαστών-καθηγητή και μεταξύ των ίδιων των σπουδαστών
- 5) τη σημασία που νομίζουν οι ίδιοι οι σπουδαστές ότι έχει η γνώση της Φυσικής

Η ποιότητα της μάθησης της Φυσικής, (5), ποικίλει και βελτιώνεται με:

- 1) την εξασφάλιση του απαραίτητου χρόνου για συζήτηση και σκέψη πάνω σε θέματα και εμπειρίες
- 2) τις ευκαιρίες για εμπέδωση και εξάσκηση
- 3) τις εφαρμογές και τη συμβολή της Φυσικής στη λύση διαφόρων προβλημάτων
- 4) την ομαδική έρευνα
- 5) τη δημιουργική σύνδεση νοητικών, λεκτικών, και συμβολικών αναπαραστάσεων
- 6) τη χρήση διαφόρων διδακτικών προσεγγίσεων, έτσι ώστε όλοι οι σπουδαστές να μαθαίνουν ανεξάρτητα από τον τρόπο με τον οποίο το επιτυγχάνουν

Ο ρυθμός με τον οποίο μαθαίνουν Φυσική οι σπουδαστές, (5), εξαρτάται από:

- 1) το επιτυχημένο πέρασμα από τη χρήση της φυσικής γλώσσας στη γλώσσα που χρησιμοποιείται στη Φυσική (και στα Μαθηματικά που χρησιμοποιούνται στη Φυσική)
- 2) το βαθμό στον οποίο η νέα γνώση σχετίζεται με την παλιά
- 3) την παρουσίαση κατάλληλων παραδειγμάτων-θεμάτων τα οποία βοηθούν στον σχηματισμό νοητικών εικόνων και στη δημιουργία αναπαραστάσεων με στόχο την καλύτερη κατανόηση
- 4) τη δημιουργία στόχων αρκετά προκλητικών, ώστε να κινητοποιούν τους σπουδαστές προς την κατάκτηση της γνώσης
- 5) τη συχνότητα του προβληματισμού που δημιουργείται από κατάλληλα γι' αυτό το σκοπό θέματα
- 6) τις σχέσεις τους με τους καθηγητές και τους συναδέλφους τους και την υποστήριξη που δέχονται από αυτούς
- 7) τις εφικτές προσδοκίες, ως προς τους ατομικούς στόχους
- 8) την ενθάρρυνση για διερεύνηση και προβληματισμό

Μαθαίνουν, όμως, οι σπουδαστές αυτό αυτό που διδάσκονται στο μάθημα της Φυσικής; Αν απευθύνουμε αυτό το ερώτημα στους διδάσκοντες του Τ.Ε.Ι., η απάντηση θάναι αρνητική. Είναι όμως αλήθεια αυτό; Πως καθορίζεται και πώς μετριέται το αν μαθαίνουν οι σπουδαστές Φυσική;

Εδώ νομίζω πως υπάρχει αρκετή σύγχυση που οδηγεί σε εσφαλμένα συμπεράσματα. Από τη στιγμή που δεν έχουμε καθορίσει το ελάχιστο ποσόν των γνώσεων που πρέπει να αποκτήσει ένας σπουδαστής, πως αποφαινόμεστε αν ξέρει Φυσική ή όχι; Φοβάμαι πως η απάντηση προκύπτει από την απλή εκτίμηση ότι το μεγάλο ποσοστό των σπουδαστών

δεν μαθαίνει αρκετή από τη Φυσική που διδάσκεται. Και αφού αυτό πράγματι συμβαίνει, λέμε απλά ότι δεν μαθαίνουν οι σπουδαστές Φυσική.

Πρέπει εδώ να ξεκαθαρίσουμε μερικά πράγματα. Πιο συγκεκριμένα πρέπει να ξεκαθαρίσουμε τι σημαίνει μαθαίνω Φυσική. Κατά την άποψη μου, μαθαίνει ο σπουδαστής Φυσική, (5), σημαίνει:

- 1) κατανοεί τη δομή και τη λειτουργία του κόσμου που μας περιβάλλει
- 2) μπορεί να εξηγήσει το πως συμβαίνουν τα διάφορα φυσικά φαινόμενα
- 3) κατανοεί τους μηχανισμούς και τη φυσική διαδικασία των αλλαγών-μεταβολών που συμβαίνουν στη φύση
- 4) μαθαίνει να επαναλαμβάνει στο Εργαστήριο ένα φαινόμενο για να το κατανοήσει καλύτερα
- 5) μαθαίνει να χρησιμοποιεί τους νόμους και τις διαδικασίες της Φυσικής στην επίλυση προβλημάτων, ώστε να βελτιώσει τις συνθήκες της ζωής του
- 6) συνειδητοποιεί τη θέση του στον κόσμο, αντιλαμβάνεται την απεραντοσύνη του σύμπαντος και κατανοεί το μέγεθος της ύπαρξής του, διαπιστώνοντας έτσι την ανάγκη της συνεργασίας με τους συνανθρώπους του και μαθαίνοντας να ζει ήρεμα και γαλήνια, χωρίς φόβους και προκαταλήψεις.

Η διδασκαλία της Φυσικής πρέπει να γίνεται με βάση συγκεκριμένες διδακτικές αρχές, (5), οι οποίες πρέπει να τηρούνται πάντα, και τις οποίες ο διδάσκων οφείλει να τις γνωρίζει και να τις εφαρμόζει σωστά ώστε να δώσει στο μάθημα τη συνοχή, την ποιότητα και την έκταση που απαιτούνται ώστε να επιτευχθεί το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Οι σπουδαιότερες από αυτές τις διδακτικές αρχές είναι

- 1) της επιστημονικής, παιδαγωγικής και διδακτικής επάρκειας
- 2) της βιωματικότητας
- 3) της εποπτικότητας
- 4) της οικονομίας
- 5) της συνολικότητας
- 6) της αποδοτικότητας
- 7) της εξατομίκευσης
- 8) της συνεργασιμότητας, κ.λ.π.

Η επίδοση, όμως, των σπουδαστών σε μια εξέταση εξαρτάται και από την εξεταστική μέθοδο και τις παραμέτρους που την χαρακτηρίζουν, και αυτό γιατί τα χαρακτηριστικά μιάς καλής αξιολόγησης της επίδοσης, (13), τα οποία είναι

- 1) η εγκυρότητα
- 2) η αξιοπιστία
- 3) η αντικειμενικότητα
- 4) η πρακτικότητα και οικονομία
- 5) η διακριτότητα

ποικίλουν από διαδικασία σε διαδικασία.

Ο ηλεκτρονικός τρόπος εξέτασης στη Φυσική έχει δύο, αλληλένδετα μεταξύ τους χαρακτηριστικά τα οποία είναι:

- α) ο Η/Υ είναι το μέσον της εξέτασης, με την ευχέρεια που πρέπει να έχει κανείς στη χρήση του, και τους περιορισμούς που πρέπει, ίσως, να τίθενται προκειμένου να διαφοροποιηθεί η εξέταση από τις συνήθειες
- β) η εξέταση έχει ένα παιδαγωγικό περιεχόμενο, που σημαίνει ότι πρέπει να ελεγχθεί ποια από τις μεθόδους γραπτής εξέτασης έχει νόημα και είναι η καταλληλότερη να χρησιμοποιηθεί με το συγκεκριμένο εξεταστικό μέσο

Τα εποπτικά, (ή, γενικότερα, οπτικοακουστικά) μέσα διδασκαλίας, (17), απευθύνονται στις αισθήσεις της ακοής και κυρίως της όρασης. Βοηθούν τους σπουδαστές να αποκτήσουν μια εποπτεία αντικειμένων και φαινομένων των οποίων η άμεση και ζωντανή εποπτεία μπορεί να είναι δύσκολη ή αδύνατη.

Η αξία της εποπτείας έχει αναγνωριστεί από πολλούς παιδαγωγούς με πρώτο τον Comenius (1592-1679) που τόνισε ιδιαίτερα την αρχή της εποπτείας.

Η χρήση των εποπτικών μέσων διδασκαλίας προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα στον διδάσκοντα. Συγκεκριμένα, τα οπτικοακουστικά μέσα:

- 1) προκαλούν το ενδιαφέρον των σπουδαστών
- 2) δημιουργούν σαφείς παραστάσεις
- 3) βοηθούν να διατηρηθούν οι παραστάσεις περισσότερο χρόνο
- 4) διεγείρουν, συγκεντρώνουν, και συγκρατούν την προσοχή
- 5) βοηθούν στην καλύτερη κατανόηση του μαθήματος
- 6) εξοικονομούν πολύτιμο χρόνο

- 7) συμβάλλουν στην ενεργητική μάθηση, ενεργοποιούνται όλες οι αισθήσεις και πολλές ψυχικές λειτουργίες (αντίληψη, προσοχή)
- 8) εξυπηρετούν τις ατομικές διαφορές των σπουδαστών στη μάθηση

Τα εποπτικά μέσα διδασκαλίας είναι:

- 1) οι πίνακες (α) μαυροπίνακας β) πίνακες τοίχου ή αφίσες)
- 2) οι προβολείς (α) επισκόπιο β) διασκόπια γ) προβολείς slides, δ) ανακλαστικός προβολέας (overhead projector))
- 3) ο κινηματογράφος (α) μηχανές προβολής των 8 mm, και super 8 mm β) μηχανές προβολής με κασέτα (film super 8 mm))
- 4) η τηλεόραση, το video και οι βιντεοδίσκοι, και
- 5) οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές

Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές είναι το σπουδαιότερο εποπτικό μέσον διδασκαλίας. Χρησιμοποιούνται στην εκπαιδευτική διαδικασία της Φυσικής για:

- 1) επίδειξη
- 2) προσομοίωση
- 3) εργαστηριακή χρήση
- 4) βοήθεια στην εξατομίκευση της διδασκαλίας
- 5) συλλογή εκπαιδευτικού υλικού από το διαδίκτυο
- 6) τη λεγόμενη εξ'αποστάσεως εκπαίδευση

Η χρήση του Η/Υ στη διδασκαλία της Φυσικής, δημιουργεί κίνητρο για την επέκταση της χρήσης του και στην εξέταση του μαθήματος

Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές έχουν εισβάλλει τα τελευταία χρόνια στη ζωή μας για την ευκολία μας. Η χρήση του Η/Υ σαν εξεταστικού μέσου στην εξέταση της Φυσικής σε συνδιασμό με τη χρήση αντικειμενικού τεστ εξέτασης, διευκολύνει τα μέγιστα τον διδάσκοντα στην ταχεία διόρθωση.

Μ'αυτές τις σκέψεις παρουσιάζουμε, σχολιάζουμε και ερμηνεύουμε τα αποτελέσματα της Ανάλυσης που έγινε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

4.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ -ΣΧΟΛΙΑ

Τα αποτελέσματα της μελέτης είναι τα εξής:

1) Από τις δώδεκα εξετάσεις που ερευνήθηκαν, στις επτά το ποσοστό συμμετοχής κυμαίνεται από 10,74%, (πρόοδος Μηχανολόγων, Ιανουάριος 2003), έως 40,22%, (β' εξέταση Δομικών, Ιανουάριος 2003).

Στις υπόλοιπες πέντε το ποσοστό συμμετοχής κυμαίνεται από 50,38%, (α' εξέταση Μηχανολόγων, Ιανουάριος 2003), έως 99,42%, (πρόοδος Δομικών, καλοκαίρι 2001).

Η συμμετοχή στις προόδους του 2003 ήταν προεραϊτική. Το ποσοστό συμμετοχής στην πρόοδο των Δομικών, (Ιανουάριος 2003), ήταν 14,86%.

Τα ποσοστά των σπουδαστών που έγραψαν βαθμό <5 κυμαίνονται από 1,52%, (α' εξέταση Μηχανολόγων, Ιανουάριος 2003), έως 45,24%, (πρόοδος Μηχανολόγων, Ιανουάριος 2003).

Τα μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας ήταν 29,27%, (πρόοδος Δομικών, Ιανουάριος 2003), και 45,24%, (πρόοδος Μηχανολόγων, Ιανουάριος 2003). Στις προόδους αυτές η συμμετοχή ήταν προεραϊτική και συμμετείχαν 41 και 42 σπουδαστές, αντίστοιχα.

Τα μικρά ποσοστά συμμετοχής και τα πολύ μικρά ποσοστά επιτυχίας των συμμετεχόντων οπωσδήποτε προβληματίζουν. Οι σπουδαστές μπαίνουν στα' Ανώτατα Τεχνολογικά Ιδρύματα με χαμηλό υπόβαθρο στο μάθημα της Φυσικής από το Λύκειο, στο Τ.Ε.Ι. η κατάσταση επιδεινώνεται, και τελικά πολύ σπουδαστές «κουβαλούν» το μάθημα της Φυσικής μέχρι το πέρας των σπουδών τους. Αυτό δημιουργεί και Παιδαγωγικό πρόβλημα, αφού με την Εκπαίδευση επιδιώκεται η μάθηση, αλλά και πρακτικό πρόβλημα, δεδομένου ότι κάθε χρονιά εισάγονται περί τους 150 νέοι σπουδαστές στους Δομικούς και ανάλογος αριθμός στους Μηχανολόγους, αριθμός μεγαλύτερος του αριθμού των σπουδαστών που περνούν το μάθημα της Φυσικής και στις τρεις εξεταστικές περιόδους κάθε έτους, με αποτέλεσμα χρόνο με το χρόνο η κατάσταση να επιδεινώνεται δραματικά.

Μερικά πράγματα που μπορεί να κάνει, κατά τη γνώμη μας, το Τ.Ε.Ι. για τη βελτίωση της κατάστασης, είναι τα εξής:

1) Αναδιοργάνωση του μαθήματος της Φυσικής, έτσι ώστε:

α) να διδάσκεται η βασική Φυσική, ή επιλεγμένες ενότητες απ' αυτήν, και οι εργαστηριακές ασκήσεις να αντιστοιχούν σ' αυτά που διδάσκονται στη θεωρία.

β) να καθιερωθούν επιπλέον ώρες στις οποίες να διδάσκεται μεθοδολογία λύσεως προβλημάτων και ασκήσεων Φυσικής, τομέας όπου, όπως δείχνει και η ανάλυση, (φαίνεται έντονα στην α' και τη β' εξεταστική του 2003), οι σπουδαστές έχουν μεγάλο πρόβλημα.

2) Προμήθεια βιβλίων από τη βιβλιοθήκη, και ενθάρρυνση των σπουδαστών να χρησιμοποιούν τη βιβλιοθήκη, και όχι το διαδίκτυο.

3) Εύρεση νέου και πιο άνετου χώρου για τα Εργαστήρια Φυσικής Ι, για να ασκούνται οι σπουδαστές σε καλύτερες, σε σύγκριση με τις σημερινές, συνθήκες.

2) έτος 2001: α) Οι περισσότεροι έλεγχοι δεν έδειξαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ προόδου (συμβατική μέθοδος), και α' εξέτασης (ηλεκτρονική μέθοδος). Ορισμένοι έλεγχοι, ωστόσο, έδειξαν μια τέτοια διαφορά υπέρ της α' εξέτασης.

β) Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ προόδου και β' εξέτασης (ηλεκτρονική μέθοδος).

γ) Υπάρχει διαφορά μεταξύ α' εξέτασης και β' εξέτασης. Η διαφορά αυτή είναι στατιστικά σημαντική.

Η υπεροχή της β' εξέτασης έχει, πιστεύουμε, δύο ερμηνείες: α₁) οι σπουδαστές είχαν ένα υποβάθρο μάθησης από τη μελέτη τους στην πρόοδο και την α' εξέταση, και ήταν λογικό να γράψουν στη β' εξέταση καλύτερα. α₂) στη β' εξέταση, παρ'όλο που η συμμετοχή ήταν υποχρεωτική, πήρε μέρος μικρός αριθμός σπουδαστών, (61 δομικοί και 72 μηχανολόγοι), πήραν δηλαδή τελικά μέρος μόνο εκείνοι οι σπουδαστές που είχαν διαβάσει καλύτερα, εκείνοι που αισθανόταν άνεση στη χρήση Η/Υ, καθώς και εκείνοι που αισθανόταν φυσικά και πνευματικά έτοιμοι να συγκεντρωθούν και να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις της εξέτασης (χρονικός περιορισμός 30sec έως 5min για την απάντηση κάθε ερώτησης).

έτος 2003: α) Η πρόοδος (ηλεκτρονική μέθοδος), διαφέρει τόσο της α' εξέτασης (συμβατική μέθοδος), όσο και της β' εξέτασης (συμβατική μέθοδος), και η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική και στις δύο περιπτώσεις.

β) Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ α' εξέτασης και β' εξέτασης.

Τα συμπεράσματα του έτους 2003 ερμηνεύονται, πιστεύουμε, ως εξής: α₁) η συμμετοχή στην πρόοδο ήταν προαιρετική, και πήραν τελικά μέρος σ' αυτήν οι σπουδαστές που αισθανόταν άνεση στη χρήση Η/Υ, καθώς και εκείνοι που αισθανόταν φυσικά και πνευματικά έτοιμοι να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις της εξέτασης, δηλαδή αυτοί που μπορούσαν να συγκεντρωθούν και να ανταποκριθούν στο χρονικό περιορισμό των 30sec-5min για την απάντηση της κάθε ερώτησης.

α₂) οι πέντε ασκήσεις της α' και της β' εξεταστικής, οι οποίες στην πλειοψηφία τους δεν επιλύθηκαν, αντιστοιχούσαν φυσιολογικά σε πάνω από πέντε μονάδες της βαθμολογικής κλίμακας. Αντίθετα, μεταξύ των 40 ερωτήσεων του τεστ πολλαπλής επιλογής της προόδου

υπήρχαν μόνο μία ή δύο ερωτήσεις υπολογισμού, δηλαδή μικρές ασκήσεις. Είχε λοιπόν πολύ μικρότερη βαθμολογική σημασία ότι στην πλειοψηφία τους δεν επιλύθηκαν κι' αυτές.

α₃) οι σπουδαστές έγραψαν πολύ άσχημα στην α' και στη β' εξέταστική και η βαθμολογική κλίμακα στις δύο αυτές εξετάσεις, εκ των πραγμάτων περιορίστηκε περίπου στο ήμισυ. Κάτω απ' αυτές τις συνθήκες ήταν δύσκολο να προκύψει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της α' και της β' εξεταστικής.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ισχύουν, για δομικούς, μηχανολόγους, αγόρια, και κορίτσια. Η ανεξαρτησία των αποτελεσμάτων από το Τμήμα και από το φύλο, εξηγείται γιατί:

α) στα τμήματα των δομικών και των μηχανολόγων εισάγονται κάθε χρόνο με τις Πανελλήνιες Εξετάσεις σπουδαστές και σπουδάστριες με παρόμοιο επίπεδο, και

β) τα κορίτσια στην εποχή μας έχουν την ίδια πρόσβαση στη σύγχρονη τεχνολογία με τα' αγόρια. Δύσκολα θα βρεί κανείς σήμερα σπουδάστρια ή σπουδαστή, χωρίς Η/Υ στο σπίτι,

Τέλος, παρατηρώντας ορισμένα εννέα ή οκτώ, στους βαθμούς της α' και της β' εξεταστικής του 2001, συμπεραίνουμε ότι, λόγω του περιορισμού να μην μπορεί να γυρίσει κανείς πίσω να διορθώσει ένα λάθος, η εξέταση με τον υπολογιστή δύσκολα μεν θα βρεί τον άριστο, τον πολύ καλό όμως σπουδαστή οπωσδήποτε θα τον βρεί.

4.3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- 1) Τα ποσοστά συμμετοχής των σπουδαστών σε όλες τις εξετάσεις που ερευνήθηκαν, με την εξαίρεση της προόδου των Δομικών το καλοκαίρι του 2001 όπου δεν προσήλθε μόνο ένας σπουδαστής, κυμάνθηκαν σε μικρά έως μη ικανοποιητικά επίπεδα.
- 2) Σε όλες τις εξετάσεις της μελέτης, τα ποσοστά των συμμετεχόντων σπουδαστών που έγραψαν βαθμό ≥ 5 κυμάνθηκαν σε πολύ μικρά έως μη ικανοποιητικά επίπεδα.
- 3) Στις προόδους Δομικών και Μηχανολόγων του έτους 2003, λόγω της προαιρετικότητας της συμμετοχής, υπήρξαν τα μικρότερα ποσοστά συμμετοχής των σπουδαστών και τα μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας των συμμετεχόντων σπουδαστών.
- 4) Ο ηλεκτρονικός τρόπος εξέτασης υπερέχει του συμβατικού τρόπου εξέτασης τόσο κατά το έτος 2001 όσο και κατά το έτος 2003.
- 5) Οι σπουδαστές και των δύο Τμημάτων έχουν σοβαρό πρόβλημα λύσης ασκήσεων Φυσικής. Το μέγεθος της υπεροχής του ηλεκτρονικού τρόπου εξέτασης κατά το έτος 2003 οφείλεται κατά σημαντικό ποσοστό και σ' αυτό.

4.4. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η μελέτη της διαδικασίας αξιολόγησης των σπουδαστών στο μάθημα της Φυσικής, οι γενικές τάσεις των δεδομένων μας, και τα ευρήματα της μελέτης, μας οδηγούν να διατυπώσουμε κάποιες προτάσεις για τη βελτίωση του τρόπου αξιολόγησης στο μάθημα της Φυσικής, (θεωρία), των σπουδαστών του Τ.Ε.Ι. Προτείνεται ένας συνολικός τρόπος αξιολόγησης, με τα εξής βασικά στοιχεία:

1) Δημιουργία τράπεζας ερωτήσεων αντικειμενικού τύπου, συλλογικής ή και ατομικής για τον κάθε διδάσκοντα, σύμφωνα με τους κανόνες δημιουργίας της τράπεζας(13,14), που σημαίνει:

- α) διατήρηση μεγάλου αριθμού ερωτήσεων στην τράπεζα
- β) για κάθε ερώτηση, υπολογισμός του βαθμού δυσκολίας της και του δείκτη διακριτότητας της
- γ) για κάθε ερώτηση, ύπαρξη παρατηρήσεων που τη συνοδεύουν και οι οποίες αναφέρονται στο δείγμα στο οποίο δοκιμάστηκε, και στις δυνατές μεταβολές που μπορεί αυτή να υποστεί.

Με τη δημιουργία της τράπεζας ερωτήσεων ο διδάσκων μπορεί να επιλέγει διαφορετικές ερωτήσεις σε εξετάσεις που απέχουν 3-4 χρόνια τουλάχιστον, αποφεύγοντας έτσι τον κίνδυνο να γίνουν γνωστές στους σπουδαστές οι ερωτήσεις που χρησιμοποιούνται.

Οι κανόνες δημιουργίας διαφοροποιούν την τράπεζα από μια απλή συλλογή ερωτήσεων.

2) Διατήρηση του ηλεκτρονικού τρόπου εξέτασης που η στατιστική ανάλυση αυτής της πτυχιακής τον δικαίωσε, ως εξής:

- α) διατήρηση στην πρόοδο, όπου η συμμετοχή είναι προεραϊτική.
- β) κατασκευή του τεστ έτσι ώστε να έχει εγκυρότητα σαν εξεταστικό μέσον, να μπορεί δηλαδή ο διδάσκων να ελέγξει την κατοχή από το σπουδαστή της συγκεκριμένης ύλης της φυσικής που διδάχτηκε, και να έχει και εγκυρότητα πρόγνωσης, να μπορεί δηλαδή ο διδάσκων να δει από το αποτέλεσμα της εξέτασης αν πραγματοποιήθηκαν οι στόχοι της διδασκαλίας της φυσικής στο συγκεκριμένο εξάμηνο και στο συγκεκριμένο τμήμα (κατανόηση εννοιών,κ.λ.π.).
- γ) υπολογισμός της αξιοπιστίας του τεστ. Γενικά, όσο πιο μεγάλος είναι ο μέσος όρος των δεικτών διακριτότητας των επιμέρους ερωτήσεων του τεστ, τόσο πιο μεγάλη είναι η αξιοπιστία του τεστ.

δ) υιοθέτηση της διόρθωσης του τελικού αποτελέσματος με βάση τον τύπο, (13),

$$S = R + \frac{Q}{N}$$

όπου R ο αριθμός των ορθών απαντήσεων, Q ο αριθμός των απαντήσεων που παραλείφθηκαν, και N ο αριθμός των εναλλακτικών απαντήσεων για την κάθε ερώτηση.

Με τον τρόπο αυτό αμείβονται οι σπουδαστές που απαντούν μόνο στις ερωτήσεις που γνωρίζουν αντί να απαντούν τυχαία και σ'αυτές που δεν γνωρίζουν.

ε) διατήρηση του χρονικού περιορισμού, ανάλογου με τη δυσκολία της κάθε ερώτησης, που ήδη υπάρχει, για την απάντηση της, καθώς και διατήρηση του να μην μπορεί ο σπουδαστής να γυρίσει πίσω για να απαντήσει σε αναπάντητη ερώτηση ή να διορθώσει ένα λάθος.

3) Παράδοση από τον κάθε σπουδαστή στο τέλος του εξαμήνου, ενός φακέλλου, ο οποίος θα περιέχει μία εργασία, γραμμένη χειρόγραφα για να αποφεύγεται η αντιγραφή, σχετική με το μάθημα. Εναλλακτικά θα περιέχονται περιλήψεις από τα κεφάλαια του μαθήματος που ο σπουδαστής διάβασε.

Τα παραπάνω εξασφαλίζουν τουλάχιστον την ανάγνωση βασικών εννοιών του μαθήματος από τον κάθε σπουδαστή. Επίσης μπορούν να αποτελέσουν μια σημαντική πηγή για την άντληση από τον διδάσκοντα πληροφοριών σχετικών με τις ικανότητες του σπουδαστή, και να δώσουν σημαντική βοήθεια στον διδάσκοντα στο να διαμορφώσει μια πιο ολοκληρωμένη αξιολογική κρίση γι' αυτόν. Τα παραπάνω, τέλος, αποσκοπούν στο να βοηθήσουν, λίγο, όσους από τους σπουδαστές βρίσκονται σε μειονεκτική θέση, (για τον όποιο λόγο), σε σχέση με τους συναδέλφους τους.

Οι παραπάνω εργασίες ή περιλήψεις πρέπει να βαθμολογούνται χωριστά, και ο βαθμός τους πρέπει να συμψηφίζεται με τους βαθμούς που προέρχονται από τις άλλες εξετάσεις.

Το παραπάνω μέτρο εφαρμόζεται σε Ιδρύματα Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης στο εξωτερικό, στα πλαίσια μιας συνολικής αξιολόγησης του σπουδαστή(13).

4) Α' και Β' εξεταστική με τον συνήθη τρόπο των Ανώτατων Σχολικών Ιδρυμάτων, δηλαδή εξέταση με 3-5 ασκήσεις και τριώρη διάρκεια της εξέτασης. Το τελευταίο στηρίζεται στα εξής:

α) Έχει αποδειχθεί επαρκώς(13,19), ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των σπουδαστών που προσέρχεται στις εξετάσεις διακατέχεται από αγωνία, άγχος και φόβο. Η αγωνία αυτή όταν είναι σε μικρό βαθμό δεν βλάπτει, μπορεί μάλιστα να αποτελέσει και βοηθητικό στοιχείο για τις εξετάσεις. Όταν όμως είναι σε μεγάλο βαθμό γίνεται αρνητικό στοιχείο για την επίδοση. Μεγάλη αγωνία και φόβος παραλύουν την προσπάθεια του σπουδαστή, και δημιουργούν τρακ, αποτέλεσμα του οποίου είναι η αποτυχία.

Στα Πανεπιστήμια γι' αυτού του είδους τις εξετάσεις δίδεται παγίως χρόνος τριών ωρών, χρόνος ο οποίος είναι επαρκής για να μπορέσει να ηρεμήσει ο εξεταζόμενος και ν' αρχίσει σιγά-σιγά να ασχολείται με τη λύση των ασκήσεων των εξετάσεων.

β) ο χρόνος της εξέτασης πρέπει να καθορίζεται έτσι ώστε να επαρκεί στους εξεταζόμενους σπουδαστές(13,19). Εάν συμβαίνει αυτό δεν υπάρχει λόγος ούτε να δίνεται παράταση της διάρκειας των εξετάσεων, ούτε να παίρνονται τα γραπτά όσων δεν έχουν τελειώσει, προβλήματα τα οποία είναι εμφανή στους πάντες στο τέλος μιάς εξέτασης δύο ωρών.

γ) δεν υπάρχει νοητική αναλογία ανάμεσα στο μαθητή και το δάσκαλο της φυσικής, και επομένως δεν μπορεί να συσχετιστεί ο χρόνος που πρέπει να δοθεί στους σπουδαστές με το χρόνο που χρειάζεται ο διδάσκων για να απαντήσει στις ασκήσεις της εξέτασης. Επομένως η άποψη ότι, «μισή ώρα χρειάζεται ο διδάσκων για να απαντήσει στα θέματα, ο τριπλάσιος χρόνος για τους σπουδαστές αρκεί», δεν είναι ορθή. Στη βιβλιογραφία, άλλωστε, δεν βρέθηκε εργασία που να συσχετίζει τη χρονική διάρκεια που χρειάζεται ο διδάσκων για να απαντήσει στις ασκήσεις της εξέτασης με το χρόνο που πρέπει να δοθεί στο σπουδαστή, ούτε θεωρητική αρχή από την οποία να προκύπτει έμμεσα κάτι τέτοιο

Όταν λέμε « δεν υπάρχει νοητική αναλογία», εννοούμε τα εξής:

α) ο σπουδαστής μπορεί να ,έχει έσφαλμένες αντιλήψεις στη Φυσική, άρα και εσφαλμένες νοητικές δομές(17), τις οποίες δεν έχει ο διδάσκων.

β) Η νοημοσύνη χωρίζεται σε πρωτογενή ή ρευστή νοημοσύνη, και σε μορφοποιημένη νοημοσύνη(18). Η ανάπτυξη της πρωτογενούς νοημοσύνης σταματάει με το τέλος της εφηβείας(18). Επομένως η απόσταση της πρωτογενούς νοημοσύνης του διδάσκοντα μ'αυτήν του κάθε σπουδαστή είναι σταθερή για την κάθε περίπτωση, αλλά σχετική.

Όπως, τώρα, λένε οι Elkind και Weiner(20), η ανάπτυξη της μορφοποιημένης νοημοσύνης συνεχίζεται σχεδόν σε όλη μας τη ζωή. Επομένως η απόσταση της μορφοποιημένης νοημοσύνης του διδάσκοντα μ'αυτήν του κάθε σπουδαστή είναι και μεταβλητή και σχετική.

4.5. ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η έρευνα έχει πολλές δυνατότητες να προχωρήσει. Μερικές προτάσεις που μπορούν να γίνουν πάνω σ' αυτό, είναι οι εξής:

1) Χρήση ψυχομετρικών κλιμάκων για τη μέτρηση της νοητικής ικανότητας των σπουδαστών. Ένα παράδειγμα είναι η κλίμακα γενικών πληροφοριών και κατανόησης γενικών προβλημάτων του Wechsler, η οποία χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της μορφοποιημένης νοημοσύνης. Η μορφοποιημένη νοημοσύνη, (18), περιλαμβάνει κυρίως τις γνώσεις και της δεξιότητες που αποκτώνται μέσω της κοινωνικοποίησης και της πολιτιστικής εμπειρίας, και συνεχίζει ν' αυξάνει σχεδόν σ' όλη μας τη ζωή, (20).

2) Χρήση κατάλληλα δομημένων ερωτηματολογίων, για τη συλλογή περισσότερων στοιχείων σχετικών προς τους σπουδαστές. Με τα ερωτηματολόγια μπορεί, για παράδειγμα, να μελετηθεί η στάση των σπουδαστών απέναντι στο μάθημα της Φυσικής, τους βαθμούς εισαγωγής στο ΤΕΙ κ.ά.

3) Εφαρμογή της θεωρίας ανάλυσης ερωτήσεων στις ερωτήσεις αντικειμενικού τύπου, (πολλαπλής επιλογής), της ηλεκτρονικής εξέτασης, πράγμα που σημαίνει έλεγχο για το αν οι ερωτήσεις είναι κατανοητές από τους σπουδαστές με ομοιόμορφο τρόπο, σύμφωνα με τον τρόπο που είχε στο μυαλό του ο διδάσκων όταν κατασκεύαζε την ερώτηση.

Σημαίνει επίσης ένα έλεγχο και των απαντήσεων, ενώ σημαίνει, τέλος, και το στατιστικό προσδιορισμό των δεικτών δυσκολίας και διακριτότητας κάθε επί μέρους ερώτησης.

Για το τελευταίο, η εργασία γίνεται ως εξής:

Οι ερωτήσεις του τεστ που χρειάζεται να αναλυθούν, δίνονται σ' ένα δείγμα σπουδαστών, αντιπροσωπευτικό του τμήματος, (της Σχολής), που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί το τεστ για εξέταση. Οι σπουδαστές απαντούν, οι απαντήσεις συγκεντρώνονται, και υπολογίζεται για την κάθε ερώτηση ο αριθμός των ορθών απαντήσεων. Ο δείκτης δυσκολίας, τότε, της κάθε ερώτησης, υπολογίζεται από τη σχέση, (13,19),

$$\Delta = \frac{N_{\sigma}}{N} * 100$$

όπου N_{σ} είναι ο αριθμός των σωστών απαντήσεων στην κάθε ερώτηση, και N ο συνολικός αριθμός των απαντήσεων. Εννοείται ότι όσο πιο μεγάλος είναι ο αριθμός των σωστών απαντήσεων τόσο πιο εύκολη θεωρείται η ερώτηση.

Ο δείκτης διακριτότητας της κάθε ερώτησης εκφράζει την ικανότητα της ερώτησης να διακρίνει τους σπουδαστές που εξετάστηκαν σε κατηγορίες. Ο υπολογισμός του γίνεται με τον παρακάτω τρόπο:

Λαμβάνεται το 27% των γραπτών του δείγματος των σπουδαστών που πήραν μέρος στην εξέταση, με πρώτο γραπτό εκείνο που έχει το μεγαλύτερο αριθμό ορθών απαντήσεων και τελευταίο αυτό με το οποίο συμπληρώνεται το ποσοστό του δείγματος του 27% των σπουδαστών. Σχηματίζεται έτσι η ομάδα Α. Μετά λαμβάνεται ίσος αριθμός γραπτών, αρχίζοντας από το γραπτό με το μικρότερο αριθμό ορθών απαντήσεων, και σχηματίζεται έτσι η ομάδα Β. Τότε ο δείκτης διακριτότητας, δίνεται από τη σχέση, (13,19),

$$D = \frac{Q_A - Q_B}{N}$$

όπου Q_A ο αριθμός των ορθών απαντήσεων στην εξεταζόμενη ερώτηση των N καλύτερων σπουδαστών, και Q_B ο αριθμός των ορθών απαντήσεων στην εξεταζόμενη ερώτηση των N χειρότερων σπουδαστών.

Η λήψη του 27% από την αρχή και από το τέλος του δείγματος, εξασφαλίζει τη μεγαλύτερη πιθανότητα να υπάρχουν στην ομάδα Α σπουδαστές κατά πολύ ανώτεροι ως προς την ικανότητα που μετριέται με το τεστ, σε σύγκριση με τους σπουδαστές της ομάδας Β. (TR.L. Kelley, The Selection of Upper and Lower Groups for the Validation of test Items, Journal of Educational Psychology, 1939, 30).

Στη συνέχεια κατασκευάζεται μια γραφική παράσταση, με κατακόρυφο άξονα τον δείκτη δυσκολίας και οριζόντιο άξονα τον δείκτη διακριτότητας, σημειώνεται ο αύξων αριθμός κάθε ερώτησης στο σημείο τομής των δεικτών δυσκολίας και διακριτότητας της, εκλέγεται το επιθυμητό εύρος των δεικτών δυσκολίας και διακριτότητας, σχηματίζεται το αντίστοιχο ορθογώνιο, και στο τεστ περιλαμβάνονται οι ερωτήσεις που βρίσκονται μέσα σ' αυτό.

Σημειώνεται ότι ο δείκτης διακριτότητας μπορεί να υπολογιστεί κι' από τη σχέση, (13),

$$D = \frac{M_1 - M_2}{\sigma} pq$$

όπου M_1 ο μέσος όρος του πρώτου $\frac{1}{2}$ του συνόλου των σπουδαστών του δείγματος, ταξινομημένων κατά σειρά επίδοσης, M_2 ο μέσος όρος των υπολοίπων, σ η τυπική απόκλιση της βαθμολογίας του συνόλου του δείγματος, p το ποσοστό των σπουδαστών που απάντησαν ορθά στη συγκεκριμένη ερώτηση, και $q=1-p$.

4) Υπολογισμός της αξιοπιστίας του τεστ. Αυτό μπορεί να γίνει κατ' αρχήν ως εξής:

Βρίσκεται ο μέσος των δεικτών διακριτότητας των ερωτήσεων που περιλαμβάνονται στο τεστ. Όσο μεγαλύτερος είναι αυτός, τόσο μεγαλύτερη είναι η αξιοπιστία του τεστ. Μπορεί να γίνει όμως και με τους παρακάτω τρόπους:

Υπολογίζεται το σύνολο των ορθών απαντήσεων στις ερωτήσεις με μονό αριθμό του τεστ, καθώς και το σύνολο των ορθών απαντήσεων στις ερωτήσεις με ζυγό αριθμό του τεστ, και

βρίσκεται ο δείκτης συσχέτισης μεταξύ των δύο κατηγοριών, για το σύνολο των εξετασθέντων σπουδαστών.

Αυτό γίνεται ως εξής:

Οι ορθές απαντήσεις βαθμολογούνται με 1 και οι εσφαλμένες με 0. Το χ παριστάνει το άθροισμα των ορθών απαντήσεων για τον καθένα σπουδαστή, στις ερωτήσεις με μονό αριθμό, και το ψ το άθροισμα των ορθών απαντήσεων για τον καθένα σπουδαστή στις ερωτήσεις με ζυγό αριθμό. Στη συνέχεια γίνονται οι απαραίτητοι υπολογισμοί και εφαρμόζεται ο γνωστός τύπος του Pearson.

Τότε, ο δείκτης αξιοπιστίας του τεστ δίνεται από τον τύπο των Spearman-Brown

$$R = \frac{2r}{r+1}$$

Ενας άλλος τρόπος υπολογισμού της αξιοπιστίας του τεστ είναι να βρεθεί η διασπορά της διαφοράς της βαθμολογίας μονών και ζυγών ερωτήσεων για τον κάθε σπουδαστή οπότε ο δείκτης αξιοπιστίας του τεστ δίνεται από έναν τύπο που οφείλεται στον Rulon (P.J. Rulon, A Simplified Procedure of Determining the Reliability of a Test by Split-halves, Harvard Educational Review, 1939, 9)

$$R = 1 - \frac{\sigma_1^2}{2\sigma^2}$$

όπου σ_1^2 η διασπορά των βαθμολογιών μονών και ζυγών ερωτήσεων, και σ^2 η διασπορά των βαθμών όλων των ερωτήσεων του τεστ.

5) Χρήση μεθόδων πολυδιάστατης ανάλυσης για την πληρέστερη στατιστική μελέτη των αποτελεσμάτων. Στο παράρτημα υπάρχει ένα δείγμα πολυδιάστασης ανάλυσης one way and repeated measures analysis of variance.

6) Ερμηνεία της βαθμολογίας με βάση τους τεθέντες στόχους για το μάθημα. Προς τούτο οι στόχοι χωρίζονται σε μακροστόχους, οι οποίοι είναι οι γενικοί στόχοι που τέθηκαν για το μάθημα, οι μακροστόχοι χωρίζονται σε μικροστόχους, και οι μικροστόχοι σε υπομικροστόχους, και εξετάζεται πόσοι απ' αυτούς επιτεύχθηκαν. (Παράδειγμα μακροστόχου είναι το να μάθουν οι σπουδαστές τα θερμοδυναμικά αξιώματα, μικροστόχου το να μάθουν το π.χ. α' θερμοδυναμικό αξίωμα, και υπομικροστόχου το να μάθουν μια εφαρμογή του α' θερμοδυναμικού αξιώματος).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Μπένος Βασίλειος, Στατιστική, Τόμος Α9, Περιγραφική Στατιστική, Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Αθήνα 1997
- 2) Δαμιανού Χαράλαμπος, Κούτρας Μάρκος, Εισαγωγή στη Στατιστική, Μέρος Ι, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1998
- 3) Δρ. Μπένος Βασίλειος, Μεθοδολογία Αξιοποίησης των Αποτελεσμάτων της Δειγματοληψίας, Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Πειραιάς 1991
- 4) Κάκουλλου Θεόφилου Ν., Στατιστική, Θεωρία και Εφαρμογές, Αθήνα 1972
- 5) Καραγεώργος Δημήτρης Λ., Διδακτική των Θετικών Επιστημών, Εισαγωγή στη Διδακτική Διαδικασία, Εκδόσεις Σαββάλας, Αθήνα 2003
- 6) Αθανασόπουλου Δημητρίου Α., Επαγωγική Στατιστική, Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Πειραιάς 1990
- 7) Παπαιωάννου Τάκη και Λουκά Σωτήρη Β, Εισαγωγή στη Στατιστική, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Ιωάννινα 1998
- 8) Γναρδέλλης Χαράλαμπος, Εφαρμοσμένη Στατιστική, Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα 2003
- 9) Καρακώστας Κ. Ξ, Επαγωγική Στατιστική, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Ιωάννινα 1993
- 10) Arnold B. Arons, Οδηγός Διδασκαλίας της Φυσικής, Εκδόσεις Τροχαλία, Αθήνα 1992
- 11) Καραγεώργος Δημήτρης Λ., Μεθοδολογία Έρευνας στις Επιστήμες της Αγωγής, Εκδόσεις Σαββάλας, Αθήνα 2002
- 12) Δαμιανού Χαράλαμπος και Κούτρας Μάρκος, Εισαγωγή στη Στατιστική, Μέρος ΙΙ, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1998
- 13) Κασσωτάκης Μ. Η αξιολόγηση της επιδόσεως των μαθητών, εκδόσεις Γρηγόρη, 1980
- 14) Παπαιωάννου Α., Ερώτηση πολλαπλής εκλογής και Τράπεζα ερωτήσεων, Κύπρος, 1980
- 15) Lord F.M., The Relation of the Reliability of Multiple-choice Tests to the Distribution of Item Difficulties, Psychometrica, 1952
- 16) Ebel R.J, Essentials of Educational Measurement, Prentice-Hall Inc., New Jersey, 1972
- 17) Πατάπης Σταμάτης. Μεθοδολογία Διδασκαλίας της Φυσικής. Σημειώσεις για τους φοιτητές του Φυσικού Τμήματος του Πανεπιστημίου Αθηνών, Ακαδημαϊκή χρονιά, 1980,81.
- 18) Παρασκευόπουλου Ι. Εξελεγκτική Ψυχολογία, Αθήνα 1980.
- 19) .Μαρκαντώνη Ι.Σ, Παραδόσεις Παιδαγωγικής και Διδακτικής, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Πανεπιστημιακές Παραδόσεις, εκδόσεις Δ.Μαυρομάτη, Αθήνα, 1989.
- 20) Elkind D. & Weiner I.B., Development of the child, John Wiley & sons, 1978.

- 21) Κολυβά Φ, Μαχαίρα Ε, Μπόρα-Σέντα, Στατιστική, θεωρία, εφαρμογές, Εκδόσεις Ζήτη, 1995, Θεσσαλονίκη.
- 22) Γεωργιακούδης Φώτης, Τσίμπος Κλέων, Περιγραφική & Διερευνητική Στατιστική, Ανάλυση Δεδομένων, Δισδιάστατη Ανάλυση, Τόμος Β, Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Αθήνα 2000.
- 23) Κιόχος Πέτρος, Περιγραφική Στατιστική, Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Αθήνα, 1999.
- 24) Upton G., Cook I., *Introducing Statistics*, Oxford University Press, 1998.
- 25) Πανάς Επαμεινώνδας Ε., Θεωρία και Εφαρμογές του Γραμμικού Υποδείγματος, Εκδοτικές Επιχειρήσεις « Το Οικονομικό», Κ.&Π. Σμπίλιας, Α.Ε.Β.Ε., Αθήνα, 1999.
- 26) Howitt Dennis and Cramer Duncan. Στατιστική με το S.P.S.S. 11 για Windows, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα 2003.
- 27) Cook D.L., *An Investigation of Three Aspects of Free-Response and Choise-Type Tests*, Dissertation Abstracts, 1955, 13, 1351.
- 28) Sax G. and Collet L.S., *An Empirical Comparison of the Effects of Recall and Multiple-Choise Tests on Student Achievement*, Journal of Educational Measurement, 1968, 5, 169-173.
- 29) Paterson D.G.. *Do New and Old Type Examinations Measure Different Mental Functions?*, School and Society, 1926, 24, 246-248.
- 30) Chorrin B.H., Purves A.C., *A Comparison of Open Ended and Multiple -Choise Items dealing with Literary Understanding*, Research in the Teaching of English, 1969, 3, 15-24.
- 31) Stones E., μετάφραση Α. Δανασσή-Αφεντάκη κ.α., *Παιδαγωγική Ψυχολογία*, Αθήνα, 1978.
- 32) Cohen J., *Statistical Power Analysis for the Behavior Sciences*, Academic Press, New York, 1977.
- 33) Everitt B.S., *The Cambridge Dictionary of Statistics*, Cambridge University Press, Cambridge, 1998.
- 34) Everitt B.S., G. Dunn, *Applied Multivariate Data Analysis*, Oxford University Press, New York, 1992.
- 35) Levene H., *Robust Tests for Equality of Variances*. In *Contributions to Probability and Statistics* (I. Olkin, ed.) Stanford University Press, Palo Alto , California, 278-292, 1960.
- 36) Croxton F., *Elementary Statistics*, Dover Publications, New York, 1953.
- 37) Ott L., *An Introduction to Statistical Methods and Data Analysis*, 3rd edition, PWS-KENT Publishing Company, Boston, 1988.

- 38) Plewis I., *Statistics in Education*, Edward Arnold, London, 1997.
- 39) Μαυρομάτης Γ., *Στατιστικά Μοντέλα και Μέθοδοι Ανάλυσης Δεδομένων*, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 1999.
- 40) Kanji G., *100 Statistical Tests*, Sage Publications, London, 1993.
- 41) Crow E.L., Davis F.A., Maxfield M.W., *Statistics Manual*, Research Department U.S. Naval Ordnance Test Station, Dover Publications, 1991.
- 42) Αθανασοπούλου Δ. και Μπένου Β., *Στατιστικοί Πίνακες*, Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Πειραιάς 1990.
- 43) Οδηγός Στατιστικής Έρευνας, Τύποι και Πίνακες, Σύνταξη: C.R. Rao, S.K. Mitra, A. Matthai, K.G. Ramamuthry, Μετάφραση Θεόφιλος Ν. Κάκουλλος, Καθηγητής του Λογισμού Πιθανοτήτων και Στατιστικής στο Πανεπιστήμιο Αθηνών Αθήνα 1981.
- 44) Barnett V., Lewis T., *Outliers in Statistical Data*, John Wiley & Sons, 1978.
- 45) Καρακώστας Κ. Ξ., *Γραμμικά Μοντέλα, Παλινδρόμηση, Ανάλυση Διακύμανσης*, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 2002, Ιωάννινα.
- 46) Μουζάκης Χ, Τα συστήματα τηλεδιάσκεψης και η αξιοποίησή τους στην εξ αποστάσεως εκπαίδευση-Εμπειρίες από εφαρμογές στην Ελληνική Τριτοβάθμια Εκπαίδευση, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Θέματα στην Εκπαίδευση, Τόμος 4, Τεύχος 1, σελ. 69-83, 2003.
- 47) Καραμπαρμπούνης Α., Μαμαλούγκος Ν., Παπανικόλας Κ., Στυλιάρης Ε., Εργαστήριο Φυσικής και Τμήμα Φυσικής, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα ΜΙΘΕ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 10^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικής, Ένωση Ελλήνων Φυσικών, Λουτράκι 2004.
- 48) Τζιμογιάννης Α., Διδασκαλία Φυσικής και υπολογιστές, Μια εναλλακτική διδακτική προσέγγιση, Σύγχρονη Εκπαίδευση, 105, σελ. 115-122, 1999.
- 49) Θεοφιλίδης Χ., *Η Συγγραφή Επιστημονικής Εργασίας, Από τη Θεωρία στην Πράξη*, εκδόσεις Γ. Δάρδανος, Αθήνα 1995.
- 50) Magagula C. M., Ngwenya A. P., *A Comparative Analysis of the Academic Performance of Distance and On-campus Learners*, University of Swaziland, Mbabane, Swaziland, the Turkish Online Journal of Distance Education, Anadolu University, Eskisehir, Turkey, 2004.
- 51) Kalkanis G., *Physics Education: We need good teachers not only more and better computers*, Turkish journal of Physics, 15 (2), 225-227, 1991.

- 52) Δανασσής-Αφεντάκης Κ. Α., Καθηγητής του Πανεπιστημίου Αθηνών, η εξέλιξη της Παιδαγωγικής και Διδακτικής Σκέψης, (17^{ος}-20^{ος} αι.), Β' έκδοση, Αθήνα 1980, Κεντρική Πώληση εκδόσεις Γρηγόρη, Σόλωνος 71, Αθήνα.
- 53) Δαμιανού Χ. Χ., Μεθοδολογία Δειγματοληψίας: Τεχνικές & Εφαρμογές, Εκδόσεις Αίθρα, Μεσολογγίου 1 Αθήνα, 1992.
- 54) Καλκάνης Θ. Γ., Εκπαιδευτική Τεχνολογία, Εκπαιδευτικές Εφαρμογές των Τεχνολογιών Πληροφόρησης (και) στην Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, Αθήνα 2002.
- 55) Πανταζίδης Ν., Εισαγωγή εις την θεωρίαν της Δειγματοληψίας, Αρχείο Ε.Σ.Υ.Ε., Αθήνα 1960.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. Πίνακας Εικόνων –Πινάκων

Πίνακας 1.1. Αποτελέσματα μελέτης χρήσης νέων τεχνολογιών στο Εργαστήριο Φυσικής, του Φυσικού Τμήματος Πανεπιστήμιο Αθηνών	24
Εικόνα 1.1 Γραφική παράσταση φάσματος φωνής του συγγραφέα της πτυχιακής. (sampling rate 5 KHz).....	25
Εικόνα 1.2 Τμήμα αρχείου καταγραφής εξόδου του υπολογιστή που επιλύει την εξίσωση Shrodinger για το μοντέλο Kronig-Penney.....	25
Πίνακας 3.1. Περιγραφικά στατιστικά βαθμολογίας προόδου, α' και β' εξεταστικής των σπουδαστών ΠΔΕ και ΜΧ στο μάθημα Φυσικής εαρινού εξαμήνου 2001.....	73
Εικόνα 3.1. Ιστογράμματα βαθμολογίας προόδου, α' και β' εξεταστικής των σπουδαστών ΠΔΕ στο μάθημα Φυσικής εαρινού εξαμήνου 2001.....	75
Εικόνα 3.2 Φυλογράμματα βαθμολογίας προόδου, α' και β' εξεταστικής των σπουδαστών ΠΔΕ στο μάθημα Φυσικής εαρινού εξαμήνου 2001.....	76
Εικόνα 3.3. Θηκογράμματα (box and whisker plots) βαθμολογίας προόδου, α' και β' εξεταστικής των σπουδαστών ΠΔΕ στο μάθημα Φυσικής εαρινού εξαμήνου 2001.....	78
Εικόνα 3.4. Ιστογράμματα (histograms) βαθμολογίας προόδου, α' και β' εξεταστικής των σπουδαστών ΜΧ στο μάθημα Φυσικής εαρινού εξαμήνου 2001.....	79
Εικόνα 3.5. Φυλογράμματα (stem and leaf plots) βαθμολογίας προόδου, α' και β' εξεταστικής των σπουδαστών ΜΧ στο μάθημα Φυσικής εαρινού εξαμήνου 2001.....	81
Εικόνα 3.6. Θηκογράμματα (box and whisker plots) βαθμολογίας προόδου, α' και β' εξεταστικής των σπουδαστών ΜΧ στο μάθημα Φυσικής εαρινού εξαμήνου 2001.....	82
Πίνακας 3.2. Έλεγχοι κανανικότητας βαθμολογιών και διαφορών τους στα τμήματα Πολιτικών Δομικών Εργων και Μηχανολόγων (εαρινό εξάμηνο 2001).	83
Πίνακας 3.3. Έλεγχος t ζευγαρωτών μετρώσεων για τη βαθμολογία στις 3 εξεταστικές ΠΔΕ και ΜΧ (Εαρινό εξάμηνο 2001).....	84
Πίνακας 3.4 Μη παραμετρικοί έλεγχοι για την βαθμολογία των σπουδαστών στις 3 εξεταστικές ΠΔΕ και ΜΧ (Εαρινό εξάμηνο 2001).....	84
Πίνακας 3.5. Συντελεστές συσχέτισης Pearson και Spearman για τα 43 και 49 άτομα Δομικών και Μηχανολόγων αντίστοιχα που συμμετείχαν και στις τρεις εξετάσεις.....	86

Πίνακας 3.6.	Περιγραφικά στατιστικά βαθμολογίας προόδου, α' και β' εξεταστικής για τις Σχολές Πολιτικών Δομικών Έργων και Μηχανολόγων κατηγοριοποιημένα κατά φύλο (θερινό εξάμηνο έτος 2001).....	87
Πίνακας 3.7.	Έλεγχοι κανονικότητας βαθμολογιών και διαφορών των βαθμολογιών για τις Σχολές ΠΔΕ και ΜΧ κατηγοριοποιημένα κατά φύλο (εαρινό εξάμηνο 2001).	88
Πίνακας 3.8.	Αποτελέσματα σύγκρισης βαθμολογιών με χρήση του ελέγχου Lord, ανά φύλο των τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ στις τρεις εξετάσεις (εαρινό εξάμηνο 2001).	89
Πίνακας 3.9.	Αποτελέσματα σύγκρισης βαθμολογιών με χρήση του ελέγχου t ανά φύλο των τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ στις τρεις εξετάσεις (εαρινό εξάμηνο 2001).....	90
Πίνακας 3.10.	Διαφορές στην βαθμολογία κατά φύλο στις τρεις εξεταστικές των ΠΔΕ και ΜΧ (εαρινό εξάμηνο 2001).	90
Πίνακας 3.11.	Αποτελέσματα ελέγχου Friedman για τις βαθμολογίες των Τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ κατηγοριοποιημένα κατά φύλο (εαρινό εξάμηνο 2001).....	92
Πίνακας 3.12.	Περιγραφικά στατιστικά επιδόσεων σπουδστών τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ (εαρινό εξάμηνο 2001).....	93
Πίνακας 3.13.	Εκτίμηση κεντρικών τάσεων των βαθμολογιών ΠΔΕ και ΜΧ με χρήση των M-εκτιμητριών (εαρινό εξάμηνο 2001).	93
Πίνακας 3.14.	Τεστ κανονικότητας βαθμολογιών και διαφορών των βαθμολογιών ΠΔΕ και ΜΧ προόδου και α' εξαμήνου (εαρινό εξάμηνο 2001).....	94
Πίνακας 3.15.	Αποτελέσματα ελέγχων t- για βαθμολογίες ΠΔΕ και ΜΧ προόδου και α' εξέταση (εαρινό εξάμηνο 2001).....	94
Πίνακας 3.16.	Αποτελέσματα μη-παραμετρικών ελέγχων για βαθμολογίες ΠΔΕ και ΜΧ προόδου και α' εξέταση (εαρινό εξάμηνο 2001)	95
Πίνακας 3.17.	Συντελεστές συσχέτισης προόδου και α' εξέτασης βαθμολογιών ΠΔΕ και ΜΧ (εαρινό εξάμηνο 2001).....	95
Πίνακας 3.18.	Περιγραφικά στατιστικά των τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ για τις εξετάσεις προόδου και β' εξεταστικής.	96
Πίνακας 3.19.	Εκτίμηση κεντρικών τάσεων των βαθμολογιών προόδου και β' εξέτασης των τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ με χρήση των M-εκτιμητριών (εαρινό εξάμηνο 2001).....	97
Πίνακας 3.20.	Τεστ κανονικότητας βαθμολογιών και διαφορών των βαθμολογιών ΠΔΕ και ΜΧ προόδου και β' εξεταστικής (εαρινό εξάμηνο 2001).	97
Πίνακας 3.21.	Αποτελέσματα t-ελέγχων για τα τμήματα ΠΔΕ και ΜΧ στις εξετάσεις προόδου και β' εξεταστικής (εαρινό εξάμηνο 2001).....	98

Πίνακας 3.22.	Αποτελέσματα μη-παραμετρικών ελέγχων για τα τμήματα ΠΔΕ και ΜΧ στις εξετάσεις προόδου και β' εξεταστικής (εαρινό εξάμηνο 2001).....	98
Πίνακας 3.23.	Συσχετίσεις βαθμολογιών προόδου και β' εξέτασης τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ (εαρινό εξάμηνο 2001).....	99
Πίνακας 3.24.	Έλεγχος ισότητας διακυμάνσεων με τον έλεγχο Levene.	99
Πίνακας 3.25.	Έλεγχος διαφορών με έλεγχο Mann-Whitney για τις εξετάσεις προόδου α' εξέτασης των τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ (εαρινό εξάμηνο 2001).....	100
Πίνακας 3.26.	Έλεγχος διαφορών με έλεγχο Kolmogorof-Smirnov δύο δειγμάτων για τις εξετάσεις προόδου α' εξέτασης των τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ (εαρινό εξάμηνο 2001).....	100
Πίνακας 3.27.	Έλεγχος ισότητας διακυμάνσεων με τον έλεγχο Levene.	101
Πίνακας 3.28.	Έλεγχος διαφορών με έλεγχο Mann-Whitney για τις εξετάσεις προόδου β' εξέτασης των τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ (εαρινό εξάμηνο 2001).....	102
Πίνακας 3.29.	Έλεγχος διαφορών με έλεγχο Kolmogorof-Smirnov δύο δειγμάτων για τις εξετάσεις προόδου β' εξέτασης των τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ (εαρινό εξάμηνο 2001).....	102
Πίνακας 3.30.	Έλεγχοι διαφορών βαθμολογιών για τα συνολικά αποτελέσματα προόδου και β' εξέτασης (εαρινό εξάμηνο 2001).....	103
Πίνακας 3.31.	Έλεγχοι κανονικότητας βαθμολογιών για τα συνολικά αποτελέσματα προόδου και β' εξέτασης (εαρινό εξάμηνο 2001).....	104
Πίνακας 3.32.	Έλεγχοι διαφορών βαθμολογιών με χρήση t-ελέγχου για τα συνολικά αποτελέσματα προόδου και β' εξέτασης (εαρινό εξάμηνο 2001).....	104
Πίνακας 3.33.	Έλεγχοι διαφορών βαθμολογιών με χρήση μη-παραμετρικών ελέγχων για τα συνολικά αποτελέσματα προόδου και β' εξέτασης (εαρινό εξάμηνο 2001).....	104
Πίνακας 3.34.	Έλεγχοι κανονικότητας βαθμολογιών για τα συνολικά αποτελέσματα προόδου και α' εξέτασης (εαρινό εξάμηνο 2001).....	105
Πίνακας 3.35.	Έλεγχοι διαφορών βαθμολογιών με χρήση ελέγχου-t για τα συνολικά αποτελέσματα προόδου και β' εξέτασης (εαρινό εξάμηνο 2001).....	105
Πίνακας 3.36.	Περιγραφικά στατιστικά βαθμολογίας προόδου, α' και β' εξεταστικής, για το τμήμα Δομικών Πολιτικών Έργων και Μηχανολόγων (χειμερινό εξάμηνο έτος 2003). ..	107
Εικόνα 3.7.	Ιστόγραμμα βαθμών προόδου 28 φοιτητών που συμμετείχαν στη πρόοδο (πάνω αριστερά). Στη α' εξεταστική (πάνω δεξιά) και στη β' εξεταστική (κάτω κέντρο). Τμήμα Δομικών Έργων (έτος 2003).....	108
Εικόνα 3.8.	Φυλλογράμματα Βαθμολογίας (Stem-and-Leaf Plots) Δομικών για τις τρεις εξετάσεις (χειμερινό εξάμηνο 2003).....	109

Εικόνα 3.10. Ιστογράμματα βαθμολογίας Μηχανολόγων που συμμετείχαν στις τρεις εξετάσεις (χειμερινό εξάμηνο 2003)	110
Εικόνα 3.11. Φυλλογραφήματα βαθμολογίας ΜΧ για τις τρεις εξετάσεις (χειμερινό εξάμηνο 2003). 111	111
Εικόνα 3.12. Θηκογράμματα επιδόσεων φοιτητών ΜΧ στο μάθημα της Φυσικής (Χειμερινό εξάμηνο 2003).....	111
Πίνακας 3.37. Τεστ κανονικότητας βαθμολογιών και διαφορών των βαθμολογιών για τα τμήματα ΔΠΕ και ΜΧ στις τρεις εξετάσεις (χειμερινό εξάμηνο 2003)	112
Πίνακας 3.38 Έλεγχος t για ζευγαρωτές μετρήσεις για Δομικούς και Μηχανολόγους (Χειμερινό εξάμηνο 2003).	113
Πίνακας 3.39. Μη παραμετρικοί έλεγχοι (προσημικό test, έλεγχος Wilcoxon) για Δομικούς και μηχανολόγους (χειμερινό εξάμηνο 2003).....	114
Πίνακας 3.40. Συντελεστές συσχέτισης Pearson και Spearman για τα 28 και 30 άτομα ΠΔΕ και ΜΧ αντίστοιχα που συμμετείχαν και στις τρεις εξετάσεις.....	115
Πίνακας 3.41. Περιγραφικά στατιστικά βαθμολογίας προόδου, α' και β' εξεταστικής, για το τμήμα Δομικών Πολιτικών Έργων και Μηχανολόγων (χειμερινό εξάμηνο έτος 2003). ...	115
Πίνακας 3.42. Έλεγχοι κανονικότητας βαθμολογίας σπουδαστών ΠΔΕ και ΜΧ κατά φύλο (χειμερινό εξάμηνο 2003)	117
Πίνακας 3.43. Αποτελέσματα ελέγχου του Lord για τις τρεις εξετάσεις τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ κατά φύλο (χειμερινό εξάμηνο 2003).....	118
Πίνακας 3.44. Αποτελέσματα ελέγχου t για τις τρεις εξετάσεις τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ κατά φύλο (χειμερινό εξάμηνο 2003).....	119
Πίνακας 3.45. Αποτελέσματα μη παραμετρικών ελέγχων για τις τρεις εξετάσεις τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ κατά φύλο (χειμερινό εξάμηνο 2003).....	119
Πίνακας 3.46. Αποτελέσματα ελέγχου του Friedman για τις τρεις εξετάσεις τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ κατά φύλο (χειμερινό εξάμηνο 2003).....	120
Πίνακας 3.47. Περιγραφικά στατιστικά βαθμολογία για τους φοιτητές που συμμετείχαν στην πρόοδο και την α' εξέταση στα τμήματα ΔΠΕ και ΜΧ.....	121
Πίνακας 3.48. Μ-εκτιμήτριες της κεντρικής τάσης της βαθμολογίας τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ (χειμερινό εξάμηνο 2003)	122
Πίνακας 3.49. Έλεγχοι κανονικότητας βαθμολογιών και διαφορών των βαθμολογιών ΔΠΕ και ΜΧ (χειμερινό εξάμηνο 2003).....	122
Πίνακας 3.50. Αποτελέσματα ελέγχων t-test προόδου και α' εξέτασης ΔΠΕ και ΜΧ (χειμερινό εξάμηνο 2003).....	123

Πίνακας 3.51.	Αποτελέσματα μη-παραμετρικών ελέγχων προόδου και α' εξέταση ΔΠΕ και ΜΧ (χειμερινό εξάμηνο 2003).	123
Πίνακας 3.52.	Συσχετίσεις βαθμολογίας προόδου και α' εξέτασης τμημάτων ΠΔΕ και ΜΧ (χειμερινό εξάμηνο 2003).	124
Πίνακας 3.53.	Έλεγχος κανονικότητας των επιδόσεων σε πρόοδο και α' εξέταση των φοιτητών των τμημάτων Πολιτικών Δομικών Έργων και Μηχανολόγων (χειμερινό εξάμηνο 2003)	124
Πίνακας 3.54.	Έλεγχος ισότητας διακυμάνσεων με τον έλεγχο Levene	125
Πίνακας 3.55.	Έλεγχος ισότητας διακυμάνσεων με τον έλεγχο F	126
Πίνακας 3.56.	Αποτελέσματα σύγκρισης επιδόσεων προόδου και α' εξέτασης Μηχανολόγων και Πολιτικών Δομικών Έργων (χειμερινό εξάμηνο 2003)	127
Πίνακας 3.57.	Περιγραφικά στατιστικά συνολικού δείγματος	129
Πίνακας 3.58.	Τεστ κανονικότητας βαθμολογιών και διαφορών των βαθμολογιών ΔΠΕ και ΜΧ	129
Πίνακας 3.59.	Μη παραμετρικοί έλεγχοι (συσχετισμένων και ανεξάρτητων δειγμάτων) επιδόσεων προόδων και α' εξέτασης για το συνολικό δείγμα ΔΠΕ και μηχανολόγων	130
Πίνακας 3.60.	Παραμετρικοί έλεγχος t-test (συσχετισμένων και ανεξάρτητων δειγμάτων) των επιδόσεων προόδου και α' – εξέτασης για το δείγμα των μηχανολόγων και δομικών (χειμερινό εξάμηνο 2003)	130
Πίνακας 3.61.	Συντελεστές συσχέτισης Pearson και Spearman για τα 75 άτομα (ΠΔΕ και ΜΧ) που συμμετείχαν στις εξετάσεις προόδου και α'-εξέτασης	131

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.

Η Στατιστική Ανάλυση της Πτυχιακής έγινε με ελέγχους προσοιότητες στον καθένα που έχει βασικές γνώσεις Στατιστικής. Η ανάλυση είναι τεκμηριωμένη, πλήρης και επιστημονικά επαρκής, αφού ο έλεγχος Friedmann και η συμφωνία των αποτελεσμάτων του με τα αποτελέσματα των t-τεστ συσχετισμένων ζευγών, προσημικού ελέγχου και ελέγχου Wilcoxon, καλύπτει και τη θεωρητική αντίρρηση που θα μπορούσε να έχει κάποιος για τη χρήση ελέγχων που αφορούν δύο συσχετισμένα δείγματα για να βγούν συμπεράσματα για το κάθε δείγμα των σπουδαστών που έδωσαν πρόοδο-α' εξέταση-β' εξέταση.

Θεωρήθηκε όμως σκόπιμο να περιληφθεί κι' αυτό το Παράρτημα στο οποίο, με συνθετότερες στατιστικές μεθόδους επαναλαμβάνεται η ανάλυση του έτους 2003, και εξάγονται τα ίδια συμπεράσματα μ' αυτά της βασικής ανάλυσης, για όποιον έχει το απαραίτητο υπόβαθρο και ενδιαφέρεται να το διαβάσει.

ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΤΩΝ n=30 ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΠΟΥ ΚΑΤΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2003 ΕΔΩΣΑΝ ΠΡΟΟΔΟ, Α'ΕΞΕΤΑΣΗ, ΚΑΙ Β'ΕΞΕΤΑΣΗ, ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΣΥΓΚΡΙΣΕΩΝ.

Επιζητείται να ευρεθεί ποια συγκεκριμένα ζεύγη μέσω των τιμών διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους.

Ο έλεγχος κανονικότητας με το τεστ Kolmogorov-Smirnov, διόρθωση σημαντικότητας κατά Lilliefors, δίνει για την πρόοδο 0,094(0,200), για την α' εξέταση 0,118(0,200), και για τη β' εξέταση 0,157(0,058), (εκτός των παρενθέσεων βρίσκονται οι τιμές του στατιστικού του ελέγχου, και μέσα στις παρενθέσεις τα αντίστοιχα p-values). Επομένως η υπόθεση της κανονικότητας γίνεται δεκτή και στις τρεις περιπτώσεις.

Οι τιμές του στατιστικού του ελέγχου του Levene για την ομοιογένεια των διακυμάνσεων, και το αντίστοιχο p-value είναι 2,115(0,127). Επομένως η υπόθεση της ομοιογένειας των διακυμάνσεων γίνεται δεκτή.

Ο πίνακας ANADIA δίνει $F=13,525(p<0,001)$. Επομένως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στα τρία ζεύγη μέσω των τιμών που εξετάζονται. Για να ευρεθεί μεταξύ ποιων ζευγων υπάρχει η στατιστικά σημαντική διαφορά θα προτιμηθεί η μέθοδος του Tukey, η οποία υπερέχει τόσο π.χ. της μεθόδου της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς, όσο και της μεθόδου Scheffe, όταν πρόκειται για συγκρίσεις μεταξύ ζευγών.

Με τη μέθοδο του Tukey, έχουμε, για τη μέση διαφορά προόδου-α' εξέτασης, $p<0,001$, για τη μέση διαφορά προόδου-β' εξέτασης, $p=0,001$, και για τη μέση διαφορά α' εξέτασης-

β'εξέτασης, $p=0,500$. Επομένως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ προόδου-α'εξέτασης, και προόδου-β'εξέτασης.

Η μέθοδος της ανάλυσης διακύμανσης πολλαπλών συγκρίσεων εφαρμόζεται για ανεξάρτητα δείγματα. Επειδή, όμως, εδώ, οι δύο από τις τρεις συσχετίσεις (πρόοδος-β'εξέταση, α'εξέταση-β'εξέταση), δεν είναι στατιστικά σημαντικές, μπορούμε με καλή προσέγγιση να μεταχειριστούμε τα συσχετισμένα δείγματα μας ως ανεξάρτητα.

ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΤΩΝ $n=30$ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΠΟΥ ΚΑΤΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2003 ΕΔΩΣΑΝ ΠΡΟΟΔΟ, Α'ΕΞΕΤΑΣΗ, ΚΑΙ Β'ΕΞΕΤΑΣΗ, ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ ΕΠΑΝΑΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.

Αρχικά θεωρήσαμε και τα δύο τμήματα και εξετάσαμε αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα σε πρόοδο-α'εξέταση-β'εξέταση. Επειδή ο έλεγχος σφαιρικότητας του Mauchy είναι στατιστικά σημαντικός, (Mauchy's $W=0,736$, $p<0,001$), χρησιμοποιήσαμε τη διόρθωση του ελέγχου F κατά Greenhouse-Geisser, και τη διόρθωση του ελέγχου F κατά Huynh-Feldt. Τα αποτελέσματα ήταν α) για την Greenhouse-Geisser correction, $F=40,301$, $p<0,001$, και β) για την Huynh-Feldt correction, $F=40,301$, $p<0,001$. Αρα υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις τρεις εξετάσεις.

Στη συνέχεια κάναμε την ίδια εξέταση με παράγοντες α)εξέταση+φύλο β) εξέταση+τμήμα γ) εξέταση+φύλο+τμήμα. Επειδή ο έλεγχος σφαιρικότητας κατά Mauchy είναι στατιστικά σημαντικός, (Mauchy's $W=0,742$, $p<0,001$), χρησιμοποιήσαμε ξανά τη διόρθωση του ελέγχου F κατά Greenhouse-Geisser, και τη διόρθωση του ελέγχου F κατά Huynh-Feldt. Τα αποτελέσματα ήταν:

α) με παράγοντα την εξέταση, για την Greenhouse-Geisser correction, $F=29,647$, $p<0,001$, και για την Huynh-Feldt correction, $F=29,647$, $p<0,001$

β) με παράγοντα εξέταση και φύλο, για την Greenhouse-Geisser correction, $F=0,650$, $p=0,491$, και για την Huynh-Feldt correction, $F=0,650$, $p=0,502$

γ) με παράγοντα εξέταση και τμήμα, για την Greenhouse-Geisser correction, $F=0,194$, $p=0,773$, και για την Huynh-Feldt correction, $F=0,194$, $p=0,791$

δ) με παράγοντα εξέταση και τμήμα και φύλο, για την Greenhouse-Geisser correction, $F=0,220$, $p=0,751$, και για την Huynh-Feldt correction, $F=0,220$, $p=0,770$

Αρα υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ προόδου-α'εξέτασης-β'εξέτασης, η οποία διαφορά, όμως, δεν εξαρτάται ούτε από το τμήμα ούτε από το φύλο.