

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Μεταπτυχιακή Εργασία

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ**

**ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΑΝΑΛΩΘΕΝΤΩΝ ΤΑΣ**

**ΑΝΑ ΕΞΟΛΟ ΜΑΧΗΤΙΚΩΝ Α/Φ**

υπό

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ ΚΟΛΟΒΟΥ**

Διπλωματούχου Μηχανικού Αεροσκαφών Σ.Μ.Α., 1994

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των

απαιτήσεων για την απόκτηση του

Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης

2012

© 2012 Αλέξανδρος Κολοβός

Η έγκριση της μεταπτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

## **Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:**

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων) Δρ. Δημήτριος Παντελής  
Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών,  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Γεώργιος Λυμπερόπουλος  
Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο  
Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Γεώργιος Κοζανίδης  
Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών,  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

## **Ευχαριστίες**

Πρώτα απ' όλα, ευχαριστώ τον επιβλέποντα της μεταπτυχιακής εργασίας μου, Επίκουρο Καθηγητή κ. Δημήτριο Παντελή, για την κομβικής σημασίας βοήθεια που μου παρείχε στο πλαίσιο εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας για την απόκτηση μεταπτυχιακού διπλώματος σπουδών, καθώς και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής Καθηγητή κ. Γεώργιο Λυμπερόπουλο και Επίκουρο Καθηγητή κ. Γεώργιο Κοζανίδα για τις πολύτιμες υποδείξεις τους.

Ευχαριστίες απονέμω στο συνάδελφό μου Ανδρέα Γαβράνη για τη βοήθεια που μου παρείχε το διάστημα της ενασχόλησής μου με τις Μεταπτυχιακές σπουδές.

Είμαι ευγνώμων στους γονείς μου, Θεόδωρο και Ανθούλα Κολοβού καθώς και στον παππού και στη γιαγιά μου, Αλέξανδρο και Ευγενία Καραμούτσου, για την ολόψυχη αγάπη τους και τη συνεχή υποστήριξη που μου προσφέρουν.

Όμως, πέρα και από οτιδήποτε άλλο, ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στη σύζυγό μου Αγγελική και στις δύο μου κόρες για τη συμπαράσταση, την κατανόηση και την υπομονή που υπέδειξαν όλο αυτό το διάστημα.

Αφιερώνω αυτήν τη μεταπτυχιακή εργασία στις κόρες μου Ανθή και Ευγενία, που αποτέλεσαν την αφορμή των όποιων προσπαθειών μου.

Αλέξανδρος Κολοβός

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ  
ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΑΝΑΛΩΘΕΝΤΩΝ ΤΑC  
ΑΝΑ ΕΞΟΔΟ ΜΑΧΗΤΙΚΩΝ Α/Φ**

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΚΟΛΟΒΟΣ**

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, 2012

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Δημήτριος Παντελής, Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα  
Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

**Περίληψη**

Δεδομένης της αδυναμίας εφαρμογής προγράμματος εργοστασιακής συντήρησης των Α-Κ των Α/Φ F-XY λόγω έλλειψης των απαιτούμενων ανταλλακτικών, τα τελευταία έτη τέθηκαν από την ΠΑ περιορισμοί στο πτητικό έργο προκειμένου να αποφευχθεί η καθήλωση των Α-Κ και κατ' επέκταση των Α/Φ, έως την οριστική επίλυση του προβλήματος. Ως αποτέλεσμα, το πτητικό έργο βασίζεται σε ένα ανώτατο «επιτρεπτό» όριο ανάλωσης ΤΑC ανά Α-Κ ανά μήνα.

Παράλληλα στο πλαίσιο κλιμάκωσης του χρόνου καθήλωσης των Α-Κ για την εκτέλεση προγραμματισμένων εργασιών συντήρησης, η τεχνική υποστήριξη καλείται να διαφοροποιεί το ποσοστό εκμετάλλευσης καθ' έκαστου, έτσι ώστε να τον επισπεύδει ή να τον επιβραδύνει με στόχο οι συνεπακόλουθες απαιτήσεις σε τεχνική

υποστήριξη να προκύπτουν χρονικά με τρόπο ώστε να είναι δυνατόν να καλυφθούν με βάση τα διαθέσιμα μέσα και πόρους.

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η εξέταση δείγματος αναλωθέντων ΤΑC σε σχέση με συγκεκριμένους παράγοντες, οι οποίοι καταχωρούνται ως πληροφορίες-δεδομένα στο ημερήσιο πρόγραμμα πτήσεων των Πολεμικών Μοιρών, η εξεύρεση τυχόν εξάρτησης και η εν συνεχεία θέσπιση ευέλικτων κανόνων σε επίπεδο τεχνικής υποστήριξης προκειμένου να επιτυγχάνονται οι προαναφερθέντες στόχοι.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup>		21
1.1	Κίνητρο	22
1.2	Ιστορική Αναδρομή - Μαθηματικό Υπόβαθρο	24
1.2.1	Ανάλυση Παλινδρόμησης	24
1.2.2	Ανάλυση Διακύμανσης	28
1.2.2.1	Ανάλυση Διακύμανσης κατά ένα παράγοντα	29
1.2.2.2	Ανάλυση διακύμανσης προς δύο ή περισσότερους παράγοντες	38
1.2.3	Έλεγχοι Στατιστικής Σημαντικότητας	42
1.2.4	Επίπεδο Στατιστικής Σημαντικότητας	43
1.2.5	Συσχέτιση	45
1.2.6	Συγγραμμικότητα μεταξύ ανεξάρτητων μεταβλητών	50
1.3	Οργάνωση Μεταπτυχιακής Εργασίας	52
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup>		53
2.1	Total Accumulated Cycles (TAC)	54
2.2	Παράγοντες	57
2.2.1	Χρονική Διάρκεια της Πτήσης	58
2.2.2	Είδος Αποστολής	58
2.2.2.1	Αποστολή A1	58
2.2.2.2	Αποστολή A2	59
2.2.2.3	Αποστολή A3	59
2.2.2.4	Αποστολή A4	60
2.2.2.5	Αποστολή A5	61
2.2.3	Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής	61
2.2.4	Θέση Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής	62
2.2.5	Εμπειρία Ιπταμένου	62
2.2.6	Είδος Α/Φ (Μονοθέσιο - Διθέσιο)	63
2.2.7	Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της Αποστολής	63

Κεφάλαιο 3 <sup>ο</sup>		64
3.1	Δείγματα	65
3.2	Δείγμα <sub>130M</sub>	67
3.2.1	Στοιχεία Εξαρτημένης Μεταβλητής $Y_{TAC}$	67
3.2.2	Στοιχεία Παραγόντων	70
3.2.2.1	Στοιχεία Παράγοντα "Χρονική Διάρκεια της Πτήσης"	70
3.2.2.2	Στοιχεία Παράγοντα "Είδος Αποστολής"	74
3.2.2.3	Στοιχεία Παράγοντα "Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής"	78
3.2.2.4	Στοιχεία Παράγοντα "Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής"	80
3.2.2.5	Στοιχεία Παράγοντα "Εμπειρία Ιπταμένου"	83
3.2.2.6	Στοιχεία Παράγοντα "Είδος Α/Φ"	86
3.2.2.7	Στοιχεία Παράγοντα "Συνθήκες Φωτός Εκτέλεσης της Αποστολής"	89
3.3	Δείγμα <sub>1501M</sub>	92
3.3.1	Στοιχεία Εξαρτημένης Μεταβλητής $Y_{TAC}$	92
3.3.2	Στοιχεία Παραγόντων	95
3.3.2.1	Στοιχεία Παράγοντα "Χρονική Διάρκεια της Πτήσης"	95
3.3.2.2	Στοιχεία Παράγοντα "Είδος Αποστολής"	102
3.3.2.3	Στοιχεία Παράγοντα "Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής"	106
3.3.2.4	Στοιχεία Παράγοντα "Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής"	109
3.3.2.5	Στοιχεία Παράγοντα "Εμπειρία Ιπταμένου"	113
3.3.2.6	Στοιχεία Παράγοντα "Είδος Α/Φ"	116
3.3.2.7	Στοιχεία Παράγοντα "Συνθήκες Φωτός Εκτέλεσης της Αποστολής"	119
3.4	Δείγμα <sub>1502M</sub>	122
3.4.1	Στοιχεία Εξαρτημένης Μεταβλητής $Y_{TAC}$	122
3.4.2	Στοιχεία Παραγόντων	125
3.4.2.1	Στοιχεία Παράγοντα "Χρονική Διάρκεια της Πτήσης"	125
3.4.2.2	Στοιχεία Παράγοντα "Είδος Αποστολής"	131



3.4.2.3	Στοιχεία Παράγοντα "Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής"	135
3.4.2.4	Στοιχεία Παράγοντα "Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής"	138
3.4.2.5	Στοιχεία Παράγοντα "Εμπειρία Ιπταμένου"	142
3.4.2.6	Στοιχεία Παράγοντα "Είδος Α/Φ"	145
3.4.2.7	Στοιχεία Παράγοντα "Συνθήκες Φωτός Εκτέλεσης της Αποστολής"	148
Κεφάλαιο 4 <sup>ο</sup>		151
4.1	Παραδοχές	152
4.2	Αποτελέσματα και Συμπεράσματα από την Ανάλυση Διακύμανσης και της Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης σε επιλεγμένες παρατηρήσεις του Δείγματος 130M	155
4.3	Αποτελέσματα και Συμπεράσματα από την Ανάλυση Διακύμανσης και της Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης σε επιλεγμένες παρατηρήσεις του Δείγματος 150.1M	163
4.4	Αποτελέσματα και Συμπεράσματα από την Ανάλυση Διακύμανσης και της Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης σε επιλεγμένες παρατηρήσεις επί του Δείγματος 150.2M	171
Κεφάλαιο 5 <sup>ο</sup>	Σύνοψη Μεταπτυχιακής Εργασίας	179
Βιβλιογραφία		182

## Κατάλογος Σχημάτων

<b>Σχήμα 2.1</b>	Τρόπος υπολογισμού ενός LFC ( $a=1$ )	55
<b>Σχήμα 2.2</b>	Τρόπος υπολογισμού ενός FTC ( $b=1$ )	55
<b>Σχήμα 2.3</b>	Τρόπος υπολογισμού ενός CIC ( $c=1$ )	56
<b>Σχήμα 3.1</b>	Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Αριθμού Αναλωθέντων TAC Δείγματος <sub>130M</sub>	67
<b>Σχήμα 3.2</b>	Ιστόγραμμα Συχνοτήτων Αριθμού Αναλωθέντων TAC ανά έξοδο Δείγματος <sub>130M</sub>	67
<b>Σχήμα 3.3</b>	Έλεγχος Κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov Αριθμού Αναλωθέντων TAC ανά έξοδο Δείγματος <sub>130M</sub>	68
<b>Σχήμα 3.4</b>	Έλεγχος Κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov Μεταβλητής TAC_NORM Δείγματος <sub>130M</sub>	68
<b>Σχήμα 3.5</b>	Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Μεταβλητής TAC_NORM Δείγματος <sub>130M</sub>	69
<b>Σχήμα 3.6</b>	Ιστόγραμμα Συχνοτήτων Μεταβλητής TAC_NORM Δείγματος <sub>130M</sub>	69
<b>Σχήμα 3.7</b>	Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων «Χρονικής Διάρκειας της Πτήσης» Δείγματος <sub>130M</sub>	70
<b>Σχήμα 3.8</b>	Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής TAC_NORM σε σχέση με τη «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος <sub>130M</sub>	71
<b>Σχήμα 3.9</b>	Γραφική Παράσταση της Μέσης Δειγματικής Τιμής TAC_NORM σε σχέση με τη «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος <sub>130M</sub>	72
<b>Σχήμα 3.10</b>	Θηκόγραμμα των τιμών της TAC_NORM ανά Επίπεδο «Χρονικής Διάρκειας της Πτήσης» Δείγματος <sub>130M</sub>	72
<b>Σχήμα 3.11</b>	Έλεγχος Ισότητας LEVENE Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος <sub>130M</sub>	73
<b>Σχήμα 3.12</b>	Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC_NORM ως προς τη «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος <sub>130M</sub>	73
<b>Σχήμα 3.13</b>	Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων Είδους Αποστολής επί του Δείγματος <sub>130M</sub>	74
<b>Σχήμα 3.14</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Είδους Αποστολής και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM	74

Δείγματος<sub>130M</sub>

<b>Σχήμα 3.15</b>	Θηκόγραμμα των τιμών της TAC_NORM ανά Επίπεδο του Παράγοντα «Είδος Αποστολής» Δείγματος <sub>130M</sub>	75
<b>Σχήμα 3.16</b>	Έλεγχος Ισότητας LEVENE Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Είδος Αποστολής» Δείγματος <sub>130M</sub>	75
<b>Σχήμα 3.17</b>	Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC_NORM ως προς το Είδος Αποστολής Δείγματος <sub>130M</sub>	76
<b>Σχήμα 3.18</b>	Εφαρμογή Κριτηρίου Bonferroni επί των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής TAC_NORM ως προς τον Παράγοντα «Είδος Αποστολής» Δείγματος <sub>130M</sub>	77
<b>Σχήμα 3.19</b>	Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων Αριθμού Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής Δείγματος <sub>130M</sub>	78
<b>Σχήμα 3.20</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων «Αριθμού Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM ανά επίπεδο παράγοντα Δείγματος <sub>130M</sub>	78
<b>Σχήμα 3.21</b>	Θηκόγραμμα των τιμών της TAC_NORM ανά Επίπεδο του Παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» Δείγματος <sub>130M</sub>	79
<b>Σχήμα 3.22</b>	Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» Δείγματος <sub>130M</sub>	79
<b>Σχήμα 3.23</b>	Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC_NORM ως προς τον «Αριθμό Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» Δείγματος <sub>130M</sub>	80
<b>Σχήμα 3.24</b>	Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων «Θέσης Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» Δείγματος <sub>130M</sub>	81
<b>Σχήμα 3.25</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων «Θέσης Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>130M</sub>	81
<b>Σχήμα 3.26</b>	Θηκόγραμμα των τιμών της TAC_NORM ανά Επίπεδο του Παράγοντα « Θέσης του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» Δείγματος <sub>130M</sub>	82
<b>Σχήμα 3.27</b>	Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» Δείγματος <sub>130M</sub>	82
<b>Σχήμα 3.28</b>	Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC_NORM ως προς τη «Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» Δείγματος <sub>130M</sub>	83

<b>Σχήμα 3.29</b>	Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων «Εμπειρίας Ιπταμένου» Δείγματος <sub>130M</sub>	84
<b>Σχήμα 3.30</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων «Εμπειρία Ιπταμένου» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>130M</sub>	84
<b>Σχήμα 3.31</b>	Θηκόγραμμα των τιμών της TAC_NORM ανά Επίπεδο Παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου» Δείγματος <sub>130M</sub>	85
<b>Σχήμα 3.32</b>	Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου» Δείγματος <sub>130M</sub>	85
<b>Σχήμα 3.33</b>	Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC_NORM ως προς την «Εμπειρία Ιπταμένου» Δείγματος <sub>130M</sub>	86
<b>Σχήμα 3.34</b>	Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων του Παράγοντα «Είδος Α/Φ» Δείγματος <sub>130M</sub>	86
<b>Σχήμα 3.35</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων «Είδος Α/Φ» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>130M</sub>	87
<b>Σχήμα 3.36</b>	Θηκόγραμμα των τιμών της TAC_NORM ανά Επίπεδο Παράγοντα «Είδος Α/Φ» Δείγματος <sub>130M</sub>	87
<b>Σχήμα 3.37</b>	Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Θέση Α/Φ» Δείγματος <sub>130M</sub>	88
<b>Σχήμα 3.38</b>	Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC_NORM ως προς το «Είδος Α/Φ» Δείγματος <sub>130M</sub>	88
<b>Σχήμα 3.39</b>	Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων του Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της αποστολής» Δείγματος <sub>130M</sub>	89
<b>Σχήμα 3.40</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων του Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>130M</sub>	89
<b>Σχήμα 3.41</b>	Θηκόγραμμα των τιμών της TAC_NORM ανά Επίπεδο Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της Αποστολής» Δείγματος <sub>130M</sub>	90
<b>Σχήμα 3.42</b>	Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της Αποστολής» Δείγματος <sub>130M</sub>	90
<b>Σχήμα 3.43</b>	Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC_NORM ως προς τον Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της Αποστολής» Δείγματος <sub>130M</sub>	91
<b>Σχήμα 3.44</b>	Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Αριθμού Αναλωθέντων TAC ανά έξοδο Δείγματος <sub>1501M</sub>	92

<b>Σχήμα 3.45</b>	Ιστόγραμμα Συχνοτήτων Αριθμού Αναλωθέντων TAC ανά έξοδο Δείγματος <sub>1501M</sub>	92
<b>Σχήμα 3.46</b>	Έλεγχος Κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov Αριθμού Αναλωθέντων TAC ανά έξοδο Δείγματος <sub>1501M</sub>	93
<b>Σχήμα 3.47</b>	Έλεγχος Κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov Μεταβλητής TAC_NORM Δείγματος <sub>1501M</sub>	93
<b>Σχήμα 3.48</b>	Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Μεταβλητής TAC_NORM Δείγματος <sub>1501M</sub>	94
<b>Σχήμα 3.49</b>	Ιστόγραμμα Συχνοτήτων Μεταβλητής TAC_NORM Δείγματος <sub>1501M</sub>	94
<b>Σχήμα 3.50</b>	Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης Δείγματος <sub>1501M</sub> »	95
<b>Σχήμα 3.51</b>	Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της μεταβλητής TAC_NORM σε σχέση με τη «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος <sub>1501M</sub>	96
<b>Σχήμα 3.52</b>	Γραφική Παράσταση της Μέσης Δειγματικής Τιμής της μεταβλητής TAC_NORM σε σχέση με τη «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος <sub>1501M</sub>	97
<b>Σχήμα 3.53</b>	Θηκόγραμμα των τιμών της TAC_NORM ανά «Επίπεδο» Παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος <sub>1501M</sub>	97
<b>Σχήμα 3.54</b>	Έλεγχος Ισότητας LEVENE Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC_NORM στα «Επίπεδα» του Παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος <sub>1501M</sub>	98
<b>Σχήμα 3.55</b>	Τροποποιημένα «Επίπεδα» Παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος <sub>1501M</sub>	98
<b>Σχήμα 3.56</b>	Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της μεταβλητής TAC_NORM σε σχέση με τον Παράγοντα «Χρονικά Διαστήματα Πτήσης» του Δείγματος <sub>1501M</sub>	99
<b>Σχήμα 3.57</b>	Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC_NORM στα «Επίπεδα» του Παράγοντα «Χρονικά Διαστήματα Πτήσης» του Δείγματος <sub>1501M</sub>	99
<b>Σχήμα 3.58</b>	Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC_NORM ως προς τον Παράγοντα «Χρονικά Διαστήματα Πτήσης» Δείγματος <sub>1501M</sub>	100
<b>Σχήμα 3.59</b>	Εφαρμογή Κριτηρίου Tukey (Honestly Significant Difference Test) επί των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής TAC_NORM ως προς τον Παράγοντα «Χρονικά Διαστήματα Πτήσης» Είδος Αποστολής» Δείγματος <sub>1501M</sub>	101
<b>Σχήμα 3.60</b>	Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων του Παράγοντα «Είδος Αποστολής» επί του Δείγματος <sub>1501M</sub>	102
<b>Σχήμα 3.61</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων του Παράγοντα «Είδος Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>1501M</sub>	102
<b>Σχήμα 3.62</b>	Θηκόγραμμα των τιμών της TAC_NORM ανά Επίπεδο του Παράγοντα «Είδος Αποστολής» Δείγματος <sub>1501M</sub>	103
<b>Σχήμα 3.63</b>	Έλεγχος Ισότητας LEVENE Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Είδος Αποστολής» Δείγματος <sub>1501M</sub>	103

<b>Σχήμα 3.64</b>	Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC_NORM ως προς τον Παράγοντα «Είδος Αποστολής» Δείγματος <sub>1501M</sub>	104
<b>Σχήμα 3.65</b>	Εφαρμογή Κριτηρίου Bonferroni επί των μέσων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής TAC_NORM ως προς τον Παράγοντα «Είδος Αποστολής» Δείγματος <sub>1501M</sub>	105
<b>Σχήμα 3.66</b>	Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων Παράγοντα «Αριθμού Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» Δείγματος <sub>1501M</sub>	106
<b>Σχήμα 3.67</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Αριθμού Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM ανά επίπεδο παράγοντα Δείγματος <sub>1501M</sub>	107
<b>Σχήμα 3.68</b>	Θηκόγραμμα των τιμών της TAC_NORM ανά Επίπεδο του Παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» Δείγματος <sub>1501M</sub>	107
<b>Σχήμα 3.69</b>	Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Αριθμού Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» Δείγματος <sub>1501M</sub>	108
<b>Σχήμα 3.70</b>	Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC_NORM ως προς τον Παράγοντα «Αριθμό Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» Δείγματος <sub>1501M</sub>	108
<b>Σχήμα 3.71</b>	Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων Παράγοντα «Θέση Α/Φ στο Σχηματισμού της Αποστολής» Δείγματος <sub>1501M</sub>	109
<b>Σχήμα 3.72</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Θέσης Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>1501M</sub>	110
<b>Σχήμα 3.73</b>	Θηκόγραμμα των τιμών της TAC_NORM ανά Επίπεδο Παράγοντα «Θέσης του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» Δείγματος <sub>1501M</sub>	110
<b>Σχήμα 3.74</b>	Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» Δείγματος <sub>1501M</sub>	111
<b>Σχήμα 3.75</b>	Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC_NORM ως προς τον Παράγοντα «Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» Δείγματος <sub>1501M</sub>	111
<b>Σχήμα 3.76</b>	Εφαρμογή Κριτηρίου Bonferroni επί των μέσων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής TAC_NORM ως προς τον Παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» Δείγματος <sub>1501M</sub>	112
<b>Σχήμα 3.77</b>	Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων του Παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου» Δείγματος <sub>1501M</sub>	113
<b>Σχήμα 3.78</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>1501M</sub>	113
<b>Σχήμα 3.79</b>	Θηκόγραμμα των τιμών της TAC_NORM ανά Επίπεδο του Παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου» Δείγματος <sub>1501M</sub>	114
<b>Σχήμα 3.80</b>	Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Εμπειρία Ιπτάμενου» Δείγματος <sub>1501M</sub>	114
<b>Σχήμα 3.81</b>	Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC_NORM ως προς την «Εμπειρία Ιπτάμενου» Δείγματος <sub>1501M</sub>	115

<b>Σχήμα 3.82</b>	Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων Παράγοντα «Είδος Α/Φ» Δείγματος <sub>1501M</sub>	116
<b>Σχήμα 3.83</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων του Παράγοντα «Είδος Α/Φ» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>1501M</sub>	116
<b>Σχήμα 3.84</b>	Θηκόγραμμα των τιμών της TAC_NORM ανά Επίπεδο του Παράγοντα «Είδος Α/Φ» Δείγματος <sub>1501M</sub>	117
<b>Σχήμα 3.85</b>	Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Είδος Α/Φ» Δείγματος <sub>1501M</sub>	117
<b>Σχήμα 3.86</b>	Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC_NORM ως προς το «Είδος Α/Φ» Δείγματος <sub>1501M</sub>	118
<b>Σχήμα 3.87</b>	Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους Επιπέδων Παράγοντα «Συνθήκες φωτός εκτέλεσης της αποστολής» Δείγματος <sub>1501M</sub>	119
<b>Σχήμα 3.88</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων του Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>1501M</sub>	119
<b>Σχήμα 3.89</b>	Θηκόγραμμα των τιμών της TAC_NORM ανά Επίπεδο του Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της αποστολής» Δείγματος <sub>1501M</sub>	120
<b>Σχήμα 3.90</b>	Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της αποστολής» Δείγματος <sub>1501M</sub>	120
<b>Σχήμα 3.91</b>	Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC_NORM ως προς τον παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της αποστολής» Δείγματος <sub>1501M</sub>	121
<b>Σχήμα 3.92</b>	Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Αριθμού Αναλωθέντων TAC ανά έξοδο Δείγματος <sub>1502M</sub>	122
<b>Σχήμα 3.93</b>	Ιστόγραμμα Συχνοτήτων Αριθμού Αναλωθέντων TAC ανά έξοδο Δείγματος <sub>1502M</sub>	122
<b>Σχήμα 3.94</b>	Έλεγχος Κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov Αριθμού Αναλωθέντων TAC ανά έξοδο Δείγματος <sub>1502M</sub>	123
<b>Σχήμα 3.95</b>	Έλεγχος Κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov Μεταβλητής TAC_NORM Δείγματος <sub>1502M</sub>	123
<b>Σχήμα 3.96</b>	Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Μεταβλητής TAC_NORM Δείγματος <sub>1502M</sub>	124
<b>Σχήμα 3.97</b>	Ιστόγραμμα Συχνοτήτων Μεταβλητής TAC_NORM Δείγματος	124
<b>Σχήμα 3.98</b>	Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος <sub>1502M</sub>	125
<b>Σχήμα 3.99</b>	Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της μεταβλητής TAC_NORM σε σχέση με τη «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος <sub>1502M</sub>	126
<b>Σχήμα 3.100</b>	Γραφική Παράσταση της Μέσης Δειγματικής Τιμής της μεταβλητής TAC_NORM σε σχέση με τη «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος	127

<b>Σχήμα 3.101</b>	Θηκόγραμμα των τιμών της TAC_NORM ανά «Επίπεδο» Παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος <sub>1502M</sub>	127
<b>Σχήμα 3.102</b>	Έλεγχος Ισότητας LEVENE Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC_NORM στα «Επίπεδα» του Παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος <sub>1502M</sub>	128
<b>Σχήμα 3.103</b>	Τροποποιημένα «Επίπεδα» του Παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος <sub>1502M</sub>	129
<b>Σχήμα 3.104</b>	Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της μεταβλητής TAC_NORM σε σχέση με τον Παράγοντα «Χρονικά Διαστήματα Πτήσης» του Δείγματος <sub>1502M</sub>	129
<b>Σχήμα 3.105</b>	Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Χρονικά Διαστήματα Πτήσης» του Δείγματος <sub>1502M</sub>	130
<b>Σχήμα 3.106</b>	Έλεγχος Brown-Forsythe Ισότητας Μέσης Τιμής Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Χρονικά Διαστήματα Πτήσης» του Δείγματος <sub>1502M</sub>	130
<b>Σχήμα 3.107</b>	Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC_NORM ως προς τον Παράγοντα «Χρονικά Διαστήματα Πτήσης» Δείγματος <sub>1502M</sub>	130
<b>Σχήμα 3.108</b>	Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων του Παράγοντα «Είδος Αποστολής» επί του Δείγματος <sub>1502M</sub>	131
<b>Σχήμα 3.109</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων του Παράγοντα «Είδος Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>1502M</sub>	131
<b>Σχήμα 3.110</b>	Θηκόγραμμα των τιμών της TAC_NORM ανά Επίπεδο του Παράγοντα «Είδος Αποστολής» Δείγματος <sub>1502M</sub>	132
<b>Σχήμα 3.111</b>	Έλεγχος Ισότητας LEVENE Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Είδος Αποστολής» Δείγματος <sub>1502M</sub>	132
<b>Σχήμα 3.112</b>	Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC_NORM ως προς τον Παράγοντα «Είδος Αποστολής» Δείγματος <sub>1502M</sub>	133
<b>Σχήμα 3.113</b>	Εφαρμογή Κριτηρίου Bonferroni επί των μέσων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής TAC_NORM ως προς τον Παράγοντα «Είδος Αποστολής» Δείγματος <sub>1502M</sub>	134
<b>Σχήμα 3.114</b>	Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων του Παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» Δείγματος <sub>1502M</sub>	135
<b>Σχήμα 3.115</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων του Παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM ανά επίπεδο παράγοντα Δείγματος <sub>1502M</sub>	135
<b>Σχήμα 3.116</b>	Θηκόγραμμα των τιμών της TAC_NORM ανά Επίπεδο του Παράγοντα	136



«Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» Δείγματος<sub>1502M</sub>

<b>Σχήμα 3.117</b>	Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» Δείγματος <sub>1502M</sub>	137
<b>Σχήμα 3.118</b>	Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC_NORM ως προς τον Παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» Δείγματος <sub>1502M</sub>	137
<b>Σχήμα 3.119</b>	Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων Παράγοντα «Θέση Α/Φ στο Σχηματισμού της Αποστολής» Δείγματος <sub>1502M</sub>	138
<b>Σχήμα 3.120</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων του Παράγοντα «Θέση Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>1502M</sub>	139
<b>Σχήμα 3.121</b>	Θηκόγραμμα των τιμών της TAC_NORM ανά Επίπεδο του Παράγοντα «Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» Δείγματος <sub>1502M</sub>	139
<b>Σχήμα 3.122</b>	Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» Δείγματος <sub>1502M</sub>	140
<b>Σχήμα 3.123</b>	Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC_NORM ως προς τον Παράγοντα «Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» Δείγματος <sub>1502M</sub>	140
<b>Σχήμα 3.124</b>	Εφαρμογή Κριτηρίου Tukey's Honestly Significant Difference test επί των μέσων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής TAC_NORM ως προς τον Παράγοντα «Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» Δείγματος <sub>1502M</sub>	141
<b>Σχήμα 3.125</b>	Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων του Παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου» Δείγματος <sub>1502M</sub>	142
<b>Σχήμα 3.126</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων του Παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>1502M</sub>	143
<b>Σχήμα 3.127</b>	Θηκόγραμμα των τιμών της TAC_NORM ανά Επίπεδο του Παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου» Δείγματος <sub>150M</sub>	143
<b>Σχήμα 3.128</b>	Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Εμπειρία Ιπτάμενου» Δείγματος <sub>1502M</sub>	144
<b>Σχήμα 3.129</b>	Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC_NORM ως προς την «Εμπειρία Ιπτάμενου» Δείγματος <sub>1502M</sub>	144
<b>Σχήμα 3.130</b>	Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων του Παράγοντα «Είδος Α/Φ» Δείγματος <sub>1502M</sub>	145
<b>Σχήμα 3.131</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων του Παράγοντα «Είδος Α/Φ» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>1502M</sub>	145
<b>Σχήμα 3.132</b>	Θηκόγραμμα των τιμών της TAC_NORM ανά Επίπεδο του Παράγοντα «Είδος Α/Φ» Δείγματος <sub>1502M</sub>	146

<b>Σχήμα 3.133</b>	Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Είδος Α/Φ» Δείγματος <sub>1502M</sub>	146
<b>Σχήμα 3.134</b>	Έλεγχος Brown-Forsythe Ισότητας Μέσης Τιμής Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Χρονικά Διαστήματα Πτήσης» του Δείγματος <sub>1502M</sub>	147
<b>Σχήμα 3.135</b>	Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC_NORM ως προς το «Είδος Α/Φ» Δείγματος <sub>1502M</sub>	147
<b>Σχήμα 3.136</b>	Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους Επιπέδων του Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της αποστολής» Δείγματος <sub>1502M</sub>	148
<b>Σχήμα 3.137</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων του Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>1502M</sub>	148
<b>Σχήμα 3.138</b>	Θηκόγραμμα των τιμών της TAC_NORM ανά Επίπεδο του Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της αποστολής» Δείγματος <sub>1502M</sub>	149
<b>Σχήμα 3.139</b>	Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της αποστολής» Δείγματος <sub>1502M</sub>	149
<b>Σχήμα 3.140</b>	Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC_NORM ως προς τον παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της αποστολής» Δείγματος <sub>1502M</sub>	150
<b>Σχήμα 4.1</b>	Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Αριθμού Αναλωθέντων TAC Δείγματος <sub>130M*</sub>	156
<b>Σχήμα 4.2</b>	Έλεγχος Κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov Αριθμού Αναλωθέντων TAC ανά έξοδο Δείγματος <sub>130M*</sub>	156
<b>Σχήμα 4.3</b>	Έλεγχος Κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov Μεταβλητής TAC_NORM Δείγματος <sub>130M*</sub>	156
<b>Σχήμα 4.4</b>	Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Μεταβλητής TAC_NORM Δείγματος <sub>130M*</sub>	156
<b>Σχήμα 4.5</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Είδος Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>130M*</sub>	157
<b>Σχήμα 4.6</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένων» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>130M*</sub>	157
<b>Σχήμα 4.7</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>130M*</sub>	157
<b>Σχήμα 4.8</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Θέση Α/Φ» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της	157

	TAC_NORM Δείγματος <sub>130M*</sub>	
<b>Σχήμα 4.9</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός Εκτέλεσης της Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>130M*</sub>	157
<b>Σχήμα 4.10</b>	Αποτελέσματα Ανάλυσης Διακύμανσης της TAC_NORM επί των παρατηρήσεων του Δείγματος <sub>130M*</sub>	160
<b>Σχήμα 4.11</b>	Αποτελέσματα Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης (Stepwise) της TAC_NORM επί των παρατηρήσεων του Δείγματος <sub>130M*</sub>	161-162
<b>Σχήμα 4.12</b>	Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Αριθμού Αναλωθέντων TAC Δείγματος <sub>1501M*</sub>	163
<b>Σχήμα 4.13</b>	Έλεγχος Κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov Αριθμού Αναλωθέντων TAC ανά έξοδο Δείγματος <sub>1501M*</sub>	163
<b>Σχήμα 4.14</b>	Έλεγχος Κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov Μεταβλητής TAC_NORM Δείγματος <sub>1501M*</sub>	163
<b>Σχήμα 4.15</b>	Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Μεταβλητής TAC_NORM Δείγματος <sub>1501M*</sub>	163
<b>Σχήμα 4.16</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Είδος Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>1501M*</sub>	164
<b>Σχήμα 4.17</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένων» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>1501M*</sub>	164
<b>Σχήμα 4.18</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>1501M*</sub>	164
<b>Σχήμα 4.19</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Θέση Α/Φ» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>1501M*</sub>	164
<b>Σχήμα 4.20</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός Εκτέλεσης της Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>1501M*</sub>	164
<b>Σχήμα 4.21</b>	Αποτελέσματα Ανάλυσης Διακύμανσης της TAC_NORM επί των παρατηρήσεων του Δείγματος <sub>1501M*</sub>	168
<b>Σχήμα 4.22</b>	Αποτελέσματα Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης (Stepwise) της TAC_NORM επί των παρατηρήσεων του Δείγματος <sub>1501M*</sub>	169-170
<b>Σχήμα 4.23</b>	Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Αριθμού Αναλωθέντων TAC	172

	Δείγματος <sub>1502M*</sub>	
<b>Σχήμα 4.24</b>	Έλεγχος Κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov Αριθμού Αναλωθέντων TAC ανά έξοδο Δείγματος <sub>1502M*</sub>	172
<b>Σχήμα 4.25</b>	Έλεγχος Κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov Μεταβλητής TAC_NORM Δείγματος <sub>1502M*</sub>	172
<b>Σχήμα 4.26</b>	Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Μεταβλητής TAC_NORM Δείγματος <sub>1502M*</sub>	172
<b>Σχήμα 4.27</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Είδος Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>1502M*</sub>	173
<b>Σχήμα 4.28</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένους» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>1502M*</sub>	173
<b>Σχήμα 4.29</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>1502M*</sub>	173
<b>Σχήμα 4.30</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Θέση Α/Φ» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>1502M*</sub>	173
<b>Σχήμα 4.31</b>	Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός Εκτέλεσης της Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC_NORM Δείγματος <sub>1502M*</sub>	173
<b>Σχήμα 4.32</b>	Αποτελέσματα Ανάλυσης Διακύμανσης της TAC_NORM επί των παρατηρήσεων του Δείγματος <sub>1502M*</sub>	176
<b>Σχήμα 4.33</b>	Αποτελέσματα Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης (Stepwise) της TAC_NORM επί των παρατηρήσεων του Δείγματος <sub>1502M*</sub>	177-178

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

Σε αυτό το κεφάλαιο, παρουσιάζεται το κίνητρο για την εκπόνηση της μεταπτυχιακής εργασίας, δίδονται πληροφορίες εισαγωγικού χαρακτήρα για βασικές έννοιες της στατιστικής ανάλυσης που θα χρησιμοποιηθούν και παρατίθεται μια ανασκόπηση των βασικών ενοτήτων που περιλαμβάνει.

## 1.1 Κίνητρο

Οι Πολεμικές Μοίρες τα τελευταία έτη κατά τον προγραμματισμό των ημερήσιων πτήσεων λαμβάνουν υπόψη όχι μόνο τις ανάγκες εκπαίδευσης του ιπτάμενου προσωπικού σε συνδυασμό με τις αντίστοιχες δυνατότητες παροχής της απαιτούμενης τεχνικής υποστήριξης σε επίπεδο Μοίρας και Πτέρυγας Μάχης, αλλά και ένα ανώτατο «επιτρεπτό» όριο ανάλωσης TAC ανά A-K/ανά μήνα. Εξαιτίας της υπόψη - αναπόφευκτης λόγω των συνθηκών - πολιτικής, το πτητικό έργο των Πολεμικών Μοιρών προσανατολίζεται κυρίως στην κάλυψη βασικών αναγκών εκπαίδευσης των «λιγότερο» έμπειρων ιπταμένων και στη συντήρηση των δεξιοτήτων των «περισσότερο» έμπειρων.

Επιπροσθέτως, μετά την έναρξη του προγράμματος εργοστασιακής συντήρησης θα απαιτηθεί η εκ νέου κλιμάκωση του χρόνου εκμετάλλευσης των A-K, έτσι ώστε αφενός να καλύπτονται οι απαιτήσεις σε πτητικό έργο στο μέγιστο δυνατό βαθμό, αφετέρου να εξασφαλίζεται συγκεκριμένος ρυθμός ένταξης A-K στον εργοστασιακό φορέα, ο οποίος κάθε φορά θα πρέπει είναι αντίστοιχος του ρυθμού απορρόφησης του εκάστοτε φόρτου εργασιών.

Έως σήμερα, ο μοναδικός κανόνας ο οποίος χρησιμοποιείται για την επίτευξη των ανωτέρω στόχων, είναι απλώς «ο προγραμματισμός ή μη του A/Φ και κατ' επέκταση του A-K για πτήση». Η υπόψη πρακτική όμως έχει τα εξής σημαντικά μειονεκτήματα στην περίπτωση που απαιτείται η «προστασία» των A-K από ανάλωση TAC:

- Δεν παρέχει καμιά ευελιξία στην τεχνική υποστήριξη κατά τον ημερήσιο προγραμματισμό A/Φ για πτήση, δεδομένου ότι οι A-K με μεγάλο συνολικό αριθμό αναλωθέντων TAC - και συνεπώς μικρό υπόλοιπο TAC για

εργοστασιακή συντήρηση - ουσιαστικά δεν θεωρούνται εκμεταλλεύσιμοι, και σπάνια προγραμματίζονται για πτήση.

- Στην περίπτωση που αποφασιστεί ο προγραμματισμός των εν λόγω Α/Φ - Α-Κ για πτήση, αυτό γίνεται χωρίς να υφίσταται σχετική «ασφαλή» εκτίμηση για τον αριθμό των αναλωθέντων ΤΑC, που θα προκύψουν, αλλά με την προσδοκία ότι αυτός θα κυμανθεί σε χαμηλά σχετικά επίπεδα και με τη λογική ότι εάν μετά την εκτέλεση της πτήσης ο αριθμός των αναλωθέντων ΤΑC δεν είναι «ικανοποιητικός», το Α/Φ απλώς δεν θα ξαναπρογραμματιστεί για πτήση τουλάχιστον στο άμεσο μέλλον.

- Στην περίπτωση απαίτησης επίσπευσης της ανάλωσης ΤΑC με σκοπό την ένταξη ενός Α-Κ σε πρόγραμμα εργοστασιακής συντήρησης, αυτό επιδιώκεται με τη συχνή εκμετάλλευση του Α/Φ, με την οποία όμως αυξάνονται οι συνολικές Ώρες Πτήσης του και ως εκ τούτου οι απαιτήσεις για επιθεωρήσεις διαφόρων δομικών τμημάτων του, επιθεωρήσεις ή αντικαταστάσεις διαφόρων εξαρτημάτων του και τέλος η κατανάλωση σε καύσιμο.

- Η μαθηματική εξίσωση από την οποία προκύπτει ο αριθμός των αναλωθέντων ΤΑC σε κάθε περίπτωση λειτουργίας του Α-Κ είναι γνωστή. Με την εξίσωση αυτή αποτυπώνεται ξεκάθαρα η σχέση αίτιου – αποτελέσματος και καταγράφονται οι ακριβείς παράγοντες που επιδρούν και επηρεάζουν την ανάλωση ΤΑC. Όμως, η εν λόγω εξίσωση δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο πλαίσιο εκτίμησης των τιμών των αναλωθέντων ΤΑC και ανάλογου προγραμματισμού των πτήσεων γιατί αφενός δεν είναι γνωστός ο ακριβής τρόπος χρήσης της, αφετέρου θα ήταν ιδιαίτερα χρονοβόρος ο καθορισμός των τιμών των διαφόρων παραμέτρων.

Από τα ανωτέρω καθίσταται σαφές ότι θα αποτελούσε ένα χρήσιμο εργαλείο για την Τεχνική Υποστήριξη των Πολεμικών Μοιρών και εν γένει για την ΠΑ, αρχικά ο καθορισμός των βασικών παραμετρικών στοιχείων της μεταβλητής «Αριθμός Αναλωθέντων ΤΑC ανά έξοδο» με βάση τα αποτελέσματα μελέτης συγκεκριμένου δείγματος καταγεγραμμένων ΤΑC, εν συνεχεία ο εντοπισμός τυχόν σχέσης - ή πιο ορθά διαφανιζόμενης σχέσης- της υπόψη μεταβλητής με συγκεκριμένους παράγοντες, που καθίστανται γνωστοί κατά τον ημερήσιο προγραμματισμό των Α/Φ – Α-Κ για πτήση και τέλος, ο καθορισμός ευέλικτων κανόνων για την επίτευξη των προαναφερθέντων στόχων που θα έχουν τη μορφή «προγραμματισμός ή μη του Α/Φ και κατ' επέκταση του Α-Κ για πτήση με τις ακόλουθες προϋποθέσεις...».

## **1.2 Ιστορική Αναδρομή - Μαθηματικό Υπόβαθρο**

### **1.2.1 Ανάλυση Παλινδρόμησης**

Σε πολλές στατιστικές εφαρμογές συναντάτε το πρόβλημα της μελέτης της σχέσης δύο ή περισσότερων τυχαίων μεταβλητών. Η σχέση αυτή μπορεί να προσδιοριστεί με βάση ορισμένες παρατηρήσεις. Η πρώτη προσπάθεια μελέτης της σχέσης μεταξύ δύο μεταβλητών έγινε από τον Sir Francis Galton (Αγγλία, 1822-1911) για την μελέτη της σχέσης του ύψους των παιδιών με τους γονείς τους. Από την μελέτη αυτή προήλθε και ο όρος *παλινδρόμηση* (regression) που ουσιαστικά αναφέρεται στην *παλινδρόμηση προς την κατεύθυνση του μέσου* (regression towards the mean).

Σε κάθε σύστημα, στο οποίο οι μεταβλητές ποσότητες αλλάζουν ή μεταβάλλονται, έχει ενδιαφέρον να εξεταστούν οι επιδράσεις που κάποιες μεταβλητές ασκούν ή φαίνεται ότι ασκούν σε κάποιες άλλες μεταβλητές.



Ο κλάδος της Στατιστικής που εξετάζει την πιθανή σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών με σκοπό την πρόβλεψη μιας από αυτές μέσω των άλλων χαρακτηρίζεται με την ονομασία **ανάλυση παλινδρόμησης** (regression analysis).

Η μεταβλητή που θέλουμε να εκτιμήσουμε ή να προβλέψουμε λέγεται **εξαρτημένη (dependent)** ή αποκριτική (responsive) ή πραγματική ή παρατηρηθείσα (observed) ή μεταβλητή εξόδου (output variable), ενώ οι μεταβλητές που θεωρούνται ως δεδομένες λέγονται **ανεξάρτητες (independents)** ή προβλέπουσες (predictors) ή παλινδρομούσες (regressors) ή μεταβλητές εισόδου (input variables).

Οι μεταβλητές οι οποίες χρησιμοποιούνται στην ανάλυση παλινδρόμησης διακρίνονται σε **ποσοτικές** (quantitative), δηλαδή εκφράζονται σε κλίμακα διαστημάτων (interval scale) ή σε αναλογική κλίμακα (ratio scale) και να έχουν έναν αριθμό τιμών (values) ή παρατηρήσεων (observations) ή περιπτώσεων (cases) και σε **ποιοτικές** (qualitative), που διακρίνονται σε ονομαστικές και διατάξιμες. Σημειώνεται, ότι στην περίπτωση ποιοτικών ανεξάρτητων μεταβλητών η ανάλυση παλινδρόμησης προϋποθέτει την αντικατάστασή τους από  $k-1$  ψευδομεταβλητές, όπου  $k$  ο αριθμός των επιπέδων τους, με σκοπό να ποσοτικοποιηθούν.

Τονίζεται, ότι η σχέση που αναζητάτε με την ανάλυση παλινδρόμησης και που συνδέει την εξαρτημένη μεταβλητή με τις ανεξάρτητες είναι στατιστική (statistical), πρόκειται δηλαδή για ένα στατιστικό μοντέλο, και όχι συναρτησιακή (functional), δηλαδή εξίσωση. Έτσι, λοιπόν ενώ σε μια συναρτησιακή σχέση κάθε τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής δίνει πάντα την ίδια τιμή στην εξαρτημένη μεταβλητή, στη στατιστική σχέση, που αποτελεί και το προϊόν της ανάλυσης παλινδρόμησης, σε κάθε τιμή των ανεξάρτητων μεταβλητών υπολογίζεται μια θεωρητική/εκτιμώμενη τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής, ενώ η πραγματική τιμή της βρίσκεται μέσα σε ένα εύρος τιμών, το οποίο περιέχει τη θεωρητική τιμή.

Η απλούστερη περίπτωση παλινδρόμησης είναι η **απλή γραμμική παλινδρόμηση** (simple linear regression) στην οποία υπάρχει μόνο μια ανεξάρτητη μεταβλητή  $X$  και η εξαρτημένη μεταβλητή  $Y$ , η οποία μπορεί να προσεγγιστεί ικανοποιητικά από ένα μοντέλο της μορφής:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon \quad (1-1)$$

όπου:

- $\varepsilon$  το **σφάλμα** (error) ή **υπόλοιπο** (residual) της παλινδρόμησης για το οποίο θεωρούμε ότι ακολουθεί κανονική κατανομή  $(0, \sigma^2)$  και ότι είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους.

- $\beta_0, \beta_1$  οι **συντελεστές παλινδρόμησης** (regression coefficients).

Στην περίπτωση ύπαρξης  $k$  ανεξάρτητων μεταβλητών  $X_k$ , η παλινδρόμηση καλείται **πολλαπλή παλινδρόμηση** (multiple regression), η οποία διακρίνεται σε **γραμμική** (linear) και σε **μη γραμμική** (nonlinear) ανάλογα με το εάν στο μοντέλο παλινδρόμησης οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι γραμμικές ή όχι, αντίστοιχα.

Το γενικό μοντέλο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης με  $k$  ανεξάρτητες μεταβλητές είναι το:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (1-2)$$

και περιγράφει ένα υπερεπίπεδο με αριθμό διαστάσεων ίσο με τον αριθμό των ανεξάρτητων μεταβλητών συν ένα, το οποίο καλείται και **επιφάνεια παλινδρόμησης** (regression surface) ή **επιφάνεια απόκρισης** (response surface).

Στην περίπτωση της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης κάθε παρατήρηση  $y_i$  της εξαρτημένης μεταβλητής μπορεί να εκφραστεί ως :

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} \dots + \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i \quad (1-3)$$

όπου  $i = 1, 2, \dots, n$  και  $n$  : ο αριθμός των παρατηρήσεων.

Προκύπτει με τον τρόπο αυτό ένα σύστημα  $n$  εξισώσεων το οποίο θα έχει την ακόλουθη μορφή πινάκων:

$$Y = X\beta + \varepsilon \quad (1-4),$$

όπου

$$Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ y_n \end{pmatrix}, \quad X = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \cdot & \cdot & x_{1k} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \cdot & \cdot & x_{2k} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \cdot & \cdot & x_{nk} \end{pmatrix}, \quad \beta = \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \beta_k \end{pmatrix}, \quad \varepsilon = \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \varepsilon_n \end{pmatrix}$$

Για την επίλυση του υπόψη συστήματος εξισώσεων εφαρμόζουμε τη μέθοδο των Ελαχίστων Τετραγώνων με σκοπό να προσδιορίσουμε τους συντελεστές  $\beta_k$  για τους οποίους ελαχιστοποιείται το άθροισμα των τετραγώνων των σφαλμάτων  $\varepsilon$ , δηλαδή το:

$$L = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \varepsilon^T \varepsilon = (y - X\beta)^T (y - X\beta) \quad (1-5)$$

Οι υπόψη συντελεστές οι οποίοι καλούνται **εκτιμητές των συντελεστών παλινδρόμησης** και συμβολίζονται με  $\hat{\beta}$  θα πρέπει να ικανοποιούν τη σχέση:

$$\frac{\partial L}{\partial \beta} = 0 \quad (1-6)$$

Το σύστημα εξισώσεων που θα πρέπει να επιλυθεί έχει αρχικά τη μορφή :

$$X^T X \hat{\beta} = X^T y \quad (1-7)$$

ή με ανάπτυξη των αντίστοιχων πινάκων:

[27]

$$\begin{pmatrix} n & \sum_{i=1}^n x_{i1} & \sum_{i=1}^n x_{i2} & \cdot & \cdot & \sum_{i=1}^n x_{ik} \\ \sum_{i=1}^n x_{i1} & \sum_{i=1}^n x_{i1}^2 & \sum_{i=1}^n x_{i1}x_{i2} & \cdot & \cdot & \sum_{i=1}^n x_{i1}x_{ik} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \sum_{i=1}^n x_{ik} & \sum_{i=1}^n x_{ik}x_{i1} & \sum_{i=1}^n x_{ik}x_{i2} & \cdot & \cdot & \sum_{i=1}^n x_{ik}^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{\beta}_0 \\ \hat{\beta}_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \hat{\beta}_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n x_{i1}y_i \\ \cdot \\ \cdot \\ \sum_{i=1}^n x_{ik}y_i \end{pmatrix}$$

Από την (7) με πολλαπλασιασμό με το  $(X^T X)^{-1}$  προκύπτει:

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T y \quad (1-8)$$

Έτσι, λοιπόν τελικώς το προσαρμοσμένο μοντέλο παλινδρόμησης θα έχει τη μορφή :

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_0 + \sum_{j=1}^k \hat{\beta}_j x_{ij} \quad , \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1-9)$$

όπου η  $\hat{y}_i$  είναι η εκτιμώμενη τιμή της Y με βάση το μοντέλο. Σημειώνεται, ότι η υπόψη τιμή διαφέρει από την αντίστοιχη πραγματική/παρατηρούμενη τιμή  $y_i$  κατά  $\varepsilon_i$ . Δηλαδή, ισχύει:

$$\varepsilon_i = y_i - \hat{y}_i \quad (1-10)$$

ή με μορφή πινάκων:

$$\varepsilon = y - \hat{y} \quad (1-11)$$

## 1.2.2 Ανάλυση Διακύμανσης

Με τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης είναι δυνατός ο έλεγχος περισσότερων των δύο πληθυσμιακών μέσων τιμών. Η λογική της μεθόδου είναι ότι προβαίνει στο διαμερισμό της συνολικής διασποράς ενός συνόλου δεδομένων σε επιμέρους συνιστώσες. Προσαρτώντας την κάθε συνιστώσα σε μία συγκεκριμένη τιμή (παράγοντα), προβαίνει σε αξιολόγηση της συμμετοχής και τη βαρύτητας της κάθε μιας από αυτές τις πηγές στη συνολική μεταβλητότητα του πληθυσμού.

### 1.2.2.1 Ανάλυση Διακύμανσης κατά ένα παράγοντα

Η πιο απλή περίπτωση είναι η ανάλυση διακύμανσης κατά ένα παράγοντα (one-way analysis of variance). Το γενικό πλαίσιο στο οποίο τοποθετείται η χρήση της αφορά  $k$  ανεξάρτητους πληθυσμούς στους οποίους η κατανομή μιας ποσοτικής μεταβλητής είναι κανονική με μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις  $\mu_j$  και  $\sigma_j$  αντίστοιχα, όπου  $j=1,2,\dots,k$ . Από κάθε πληθυσμό λαμβάνεται ένα τυχαίο δείγμα μεγέθους  $n_j$  με μέση δειγματική τιμή  $\bar{x}_j$  και δειγματική τυπική απόκλιση  $\bar{s}_j$ . Με τη χρήση της μεθόδου ελέγχεται η μηδενική υπόθεση  $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$ , έναντι της εναλλακτικής  $H_1$ : Δύο τουλάχιστον από τις  $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_k$  διαφέρουν μεταξύ τους.

Μια πρώτη αντιμετώπιση ενός τέτοιου ελέγχου θα μπορούσε να γίνει με μια απλή προέκταση του ελέγχου δύο μέσων τιμών. Δηλαδή να ελεγχθούν ανά δύο όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί των  $k$  μέσων τιμών, χρησιμοποιώντας πολλαπλά  $t$  tests για ανεξάρτητα δείγματα. Το πρόβλημα που δημιουργείται σε μια τέτοια περίπτωση είναι ότι όταν όλες οι μέσες τιμές ελέγχονται ταυτόχρονα ανά δύο, τότε η πιθανότητα να προκύψει εσφαλμένη απόρριψη μιας μηδενικής υπόθεσης αυξάνει ανάλογα με τον αριθμό των δυνατών συγκρίσεων. Αν για παράδειγμα για τον έλεγχο της ισότητας των μέσων τιμών  $\mu_i$  και  $\mu_j$  χρησιμοποιηθεί ως επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας  $\alpha=0,05$  και για τον έλεγχο των μέσων τιμών  $\mu_k$  και  $\mu_v$  χρησιμοποιηθεί επίσης η τιμή  $\alpha=0,05$ , τότε η πιθανότητα να απορριφθεί ορθά η μηδενική υπόθεση και στους δύο ελέγχους θα είναι  $(1-\alpha)(1-\alpha) = 0,95 * 0,95 = 0,9025$ . Οπότε η πιθανότητα εσφαλμένης απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης θα είναι  $1 - 0,9025 = 0,0975$ . Γενικά, σε περίπτωση που ο αριθμός των πιθανών συγκρίσεων είναι  $m$ , τότε η συνολική

πιθανότητα ορθής απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης θα είναι ίση με  $(1-\alpha)^m$ , ενώ η αντίστοιχη πιθανότητα εσφαλμένης απόρριψης θα είναι  $1 - (1-\alpha)^m$ .

Στην πραγματικότητα το πρόβλημα είναι ακόμη πιο σύνθετο. Εφόσον κάθε ένα από τα επιμέρους t tests γίνεται χρησιμοποιώντας το ίδιο σύνολο δεδομένων, δεν μπορούν οι έλεγχοι να θεωρηθούν ανεξάρτητοι μεταξύ τους. Με τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης η διαδικασία δεν διασπάται σε επιμέρους ελέγχους και επιπλέον διασφαλίζεται μια συνολική πιθανότητα σφάλματος ίση με το προκαθορισμένο επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας.

Ο όρος ανάλυση διακύμανσης προς ένα παράγοντα δηλώνει ότι υπάρχει ένας μόνο παράγοντας (factor) ή χαρακτηριστικό ως προς το οποίο διαφοροποιούνται οι πληθυσμοί μεταξύ τους. Μια από τις βασικές παραδοχές που πρέπει να γίνουν κατά την ανάλυση είναι ότι όλοι οι πληθυσμοί έχουν την ίδια διακύμανση. Δηλαδή, ότι  $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2 = \sigma^2$ . Με βάση την παραδοχή αυτή μια εκτίμηση της κοινής πληθυσμιακής διακύμανσης  $\sigma^2$  μπορεί να γίνει συνδυάζοντας τις επιμέρους διακυμάνσεις των k δειγμάτων. Δηλαδή από την ποσότητα:

$$s_w^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2 + \dots + (n_k - 1)s_k^2}{N - k}, \quad (1-12)$$

όπου  $N = n_1 + n_2 + \dots + n_k$

Η ποσότητα  $s_w^2$  δεν είναι τίποτε άλλο παρά μια σταθμισμένη μέση τιμή των k επιμέρους δειγματικών διακυμάνσεων, αποτελεί στην ουσία ένα μέτρο της διασποράς στο εσωτερικό των k πληθυσμών. Αυτού του είδους η διασπορά ονομάζεται διασπορά στο εσωτερικό των ομάδων (within-groups variability).

Γενικότερα, η συνολική μεταβλητότητα των  $k$  πληθυσμών μπορεί να αναλυθεί σε δύο συνιστώσες. Μία, η οποία μετρά τη διασπορά των ατομικών παρατηρήσεων του κάθε πληθυσμού  $j$  γύρω από τη μέση τιμή του πληθυσμού  $\mu_j$  του πληθυσμού, και μία που μετρά τη διασπορά των  $k$  πληθυσμιακών μέσων τιμών  $\mu_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, k$  γύρω από τη συνολική μέση τιμή  $\mu$  όλων των πληθυσμών. Η πρώτη από αυτές τις διασπορές εκτιμάται με τη βοήθεια της ποσότητας  $s_w^2$ . Αυτό που χρειαζόμαστε είναι μια εκτίμηση και της δεύτερης διασποράς.

Η εκτίμηση της διασποράς των επιμέρους πληθυσμιακών μέσων γύρω από τη συνολική πληθυσμιακή μέση τιμή μπορεί να γίνει από τα δειγματικά δεδομένα, θεωρώντας κάθε δειγματική μέση τιμή  $\bar{x}_j$  ως ατομική παρατήρηση, με συχνότητα εμφάνισης  $n_j$ . Στην περίπτωση αυτή, η ποσότητα

$$s_B^2 = \frac{n_1(\bar{x}_1 - \bar{x})^2 + n_2(\bar{x}_2 - \bar{x})^2 + \dots + n_k(\bar{x}_k - \bar{x})^2}{k - 1} \quad (1-13)$$

όπου  $\bar{x}$  η συνολική μέση τιμή των  $k$  δειγμάτων (grand mean), αποτελεί μέτρο της διασποράς των πληθυσμιακών μέσων γύρω από τη συνολική μέση τιμή όλων των πληθυσμών. Αυτού του είδους η διασπορά ονομάζεται διασπορά μεταξύ των ομάδων (between-groups variability). Οι όροι  $(\bar{x}_j - \bar{x})^2$  που υπεισέρχονται στον υπολογισμό της  $s_B^2$ , είναι τα τετράγωνα των αποκλίσεων των δειγματικών μέσων από τη συνολική μέση τιμή όλων των δειγμάτων. Η συνολική μέση τιμή υπολογίζεται ως σταθμικός μέσος των επιμέρους δειγματικών μέσων τιμών. Δηλαδή,

$$\bar{x} = \frac{n_1\bar{x}_1 + n_2\bar{x}_2 + \dots + n_k\bar{x}_k}{N} \quad (1-14)$$

Αποδεχόμενοι την ισχύ της μηδενικής υπόθεσης ( $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$ ) και υπό την προϋπόθεση ότι οι πληθυσμιακές διακυμάνσεις είναι ίσες ( $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2 = \sigma^2$ ), ουσιαστικά αποδεχόμαστε ότι οι  $k$  πληθυσμοί ταυτίζονται σε έναν πληθυσμό με μέση τιμή  $\mu = \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$  και διακύμανση  $\sigma^2$ . Σε μια τέτοια περίπτωση οι δειγματικές μέσες τιμές  $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_k$  μπορούν να θεωρηθούν ότι προέρχονται όλες από τον ίδιο πληθυσμό ο οποίος έχει μέση τιμή  $\mu$  και διακύμανση  $\sigma^2$ . Στην περίπτωση, αυτή η ποσότητα  $s_B^2$  εκτιμά επίσης την κοινή πληθυσμιακή διακύμανση  $\sigma^2$ .

Υπό την προϋπόθεση επομένως ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση, προκύπτουν δύο διαφορετικές εκτιμήσεις της  $\sigma^2$ , μία προερχόμενη από την ποσότητα  $s_w^2$  και μία από την  $s_B^2$ . Στην περίπτωση αυτή, ο λόγος  $F = \frac{s_B^2}{s_w^2}$  θα πρέπει να είναι ίσος με τη μονάδα. Αν όμως υπάρχουν διαφορές μεταξύ των πληθυσμιακών μέσων, τότε η διασπορά μεταξύ των ομάδων τείνει να υπερβαίνει τη διασπορά στο εσωτερικό των ομάδων και επομένως ο λόγος  $F = \frac{s_B^2}{s_w^2}$  θα είναι μεγαλύτερος του 1.

Όταν ισχύει η μηδενική υπόθεση, ο λόγος  $F = \frac{s_B^2}{s_w^2}$  ακολουθεί την κατανομή  $F$  με  $k-1$  και  $N-k$  βαθμούς ελευθερίας. Συνεπώς, αν η τιμή του λόγου είναι αρκετά μεγάλη ώστε να ορίζει στη δεξιά ουρά της αντίστοιχης κατανομής μια περιοχή εμβαδού ( $p$ ) μικρότερου από το καθορισθέν επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας  $\alpha$ , τότε η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται.

Χρησιμοποιώντας τους ορισμούς που ετέθησαν στις προηγούμενες παραγράφους και συμβολίζοντας τις αναλυτικές τιμές του κάθε δείγματος με  $x_{ij}$  όπου



$i= 1, 2, \dots, n_j, j=1, 2, \dots, k$  ( $n_j$  το μέγεθος του εκάστοτε δείγματος), η συνολική διακύμανση των  $k$  πληθυσμών εκτιμάται από την ποσότητα:

$$s_T^2 = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{x})^2}{N-1} \quad (1-15)$$

όπου  $\bar{x}$  η συνολική μέση τιμή των  $k$  δειγμάτων.

Επιπλέον, οι δύο συνιστώσες της συνολικής διακύμανσης  $s_w^2$  και  $s_B^2$  μπορούν να γραφούν :

$$s_w^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2 + \dots + (n_k - 1)s_k^2}{N - k} = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{N - k} \quad (1-16)$$

$$s_B^2 = \frac{n_1(\bar{x}_1 - \bar{x})^2 + n_2(\bar{x}_2 - \bar{x})^2 + \dots + n_k(\bar{x}_k - \bar{x})^2}{k - 1} = \frac{\sum_{j=1}^k n_j(\bar{x}_j - \bar{x})^2}{k - 1} \quad (1-17)$$

Οι αριθμητές των (1-25) , (1-26) και (1-27) καλούνται αντίστοιχα:

- της  $s_T^2$ , συνολικό άθροισμα τετραγώνων και συμβολίζεται συνήθως με **TSS (Total Sum of Squares)**.
- της  $s_w^2$ , άθροισμα των τετραγώνων στο εσωτερικό των ομάδων και συμβολίζεται συνήθως με **SSW (Sum of Squares Within-groups)**.
- της  $s_B^2$ , άθροισμα των τετραγώνων μεταξύ των ομάδων και συμβολίζεται συνήθως με **SSB (Sum of Squares Between-groups)**.

Αποδεικνύεται ότι ισχύει:

$$TSS = SSB + SSW \text{ (1-18)}$$

Οι ποσότητες  $s_B^2$  και  $s_w^2$ , οι οποίες προκύπτουν διαιρώντας τις SSB και SSW με τους βαθμούς ελευθερίας τους,  $k-1$  και  $N-k$ , ονομάζονται αντίστοιχα μέσο τετράγωνο μεταξύ των ομάδων (mean square between-groups) και μέσο τετράγωνο στο εσωτερικό των ομάδων (mean square within-groups).

Συνοπτικά τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πηγή Διασποράς	Άθροισμα Τετραγώνων	Βαθμοί Ελευθερίας	Μέσο Τετράγωνο	F	Sig.
Μεταξύ των Ομάδων	SSB	$k-1$	$s_B^2 = \frac{SSB}{k-1}$	$\frac{s_B^2}{s_w^2}$	
Στο εσωτερικό των Ομάδων	SSW	$N-k$	$s_w^2 = \frac{SSW}{N-k}$		
Σύνολο	SS	$N-1$			

Για την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης κατά ένα παράγοντα θα πρέπει να πληρούνται τα ακόλουθα:

- Οι κατανομές στους  $k$  πληθυσμούς από τους οποίους προέρχονται οι ομάδες θα πρέπει να είναι κανονικές. Βέβαια, η ανάλυση διακύμανσης είναι αρκετά ανθεκτική σε εκτροπές από την κανονικότητα, ώστε αυτό που ουσιαστικά απαιτείται είναι η στοιχειώδης συμμετρία των κατανομών στις ομάδες και η απουσία πολύ ακραίων τιμών. Σε περίπτωση που ο συνολικός αριθμός των παρατηρήσεων  $N \leq 30$ ,

απαιτείται η χρήση μη παραμετρικών μεθόδων όπως αυτή των Kruskal-Wallis, δεδομένου ότι η διασφάλιση της κανονικότητας είναι δύσκολο να επιτευχθεί.

- Οι διακυμάνσεις της ποσοτικής μεταβλητής στους  $k$  πληθυσμούς θα πρέπει να είναι ίσες εκτός και αν ο αριθμός των παρατηρήσεων ανά ομάδα είναι ίσος. Ο έλεγχος γίνεται με τη μέθοδο του Levene, ενώ όταν δεν διασφαλίζεται η ισότητα των διακυμάνσεων ( $\text{Sig} > 0,05$ ) χρησιμοποιούνται τα τεστ των Brown-Forsythe και Welch. Τα κριτήρια των δύο αυτών ελέγχων, όταν η μηδενική υπόθεση της ισότητας των μέσων τιμών ισχύει, ακολουθούν προσεγγιστικά την κατανομή  $F$  χωρίς να απαιτείται η ισότητα των πληθυσμιακών διακυμάνσεων.

- Τα δείγματα θα πρέπει να είναι τυχαία και ανεξάρτητα μεταξύ τους.
- Στην ανάλυση διακύμανσης προς έναν παράγοντα η απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης οδηγεί στην αποδοχή της εναλλακτικής και ως εκ τούτου της υπόθεσης ότι τουλάχιστον δύο από τις  $k$  πληθυσμιακές μέσες τιμές διαφέρουν μεταξύ τους.

Για τον εντοπισμό των μέσων τιμών που διαφέρουν απαιτείται η χρήση ελέγχων πολλαπλών συγκρίσεων (multiple comparisons tests). Γενικά υπάρχουν δύο είδη ελέγχων, αυτοί που προσδιορίζουν τα ζεύγη τιμών που διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους (post hoc pairwise multiple comparisons tests) και αυτούς που ορίζουν ομοιογενή υποσύνολα μέσων τιμών οι οποίες δεν διαφοροποιούνται σημαντικά η μία της άλλης (post hoc range tests). Έλεγχος υφίστανται και για τις περιπτώσεις όπου διασφαλίζεται η ισότητα των διακυμάνσεων μεταξύ των πληθυσμιακών ομάδων, αλλά και για τις περιπτώσεις που η ισότητα των διακυμάνσεων δεν μπορεί να θεωρηθεί ως δεδομένη.

Στην περίπτωση των ίσων διακυμάνσεων ορισμένοι έλεγχοι χρησιμοποιούν και τις δύο προσεγγίσεις πολλαπλών συγκρίσεων ταυτόχρονα (post hoc pairwise multiple comparisons tests και post hoc range tests), όπως οι έλεγχοι των Tukey (Tukey's Honestly Significant Difference test), Hochberg (Hochberg GT2), Gabriel και Scheffé. Από τους υπόλοιπους ελέγχους αυτοί που κάνουν μόνο πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων τιμών ανά δύο είναι του Bonferroni, του Sidak, του Dunnett και το LSD (Least Significant Difference), ενώ αυτοί που ορίζουν ομοιογενή υποσύνολα μέσων τιμών είναι ο έλεγχος Tukey's b, ο S-N-K (Student-Newman-Keuls), ο έλεγχος του Duncan, ο έλεγχος των Waller-Duncan και οι έλεγχοι R-E-G-WF (Ryan-Einot-Gabriel-Welsch F test) και R-E-G-WQ (Ryan-Einot-Gabriel-Welsch range test).

Γενικά, σε περίπτωση που ο αριθμός των συγκρινόμενων μέσων τιμών είναι σχετικά μικρός (εμπειρικά ο αριθμός των συγκρίσεων να μην υπερβαίνει τις 10) προτείνεται ο έλεγχος του Bonferroni, ο οποίος βασίζεται σε απλά t tests στα οποία όμως έχει τροποποιηθεί το επίπεδο σημαντικότητας, έτσι ώστε τελικώς να μην προκύψει εσφαλμένη πιθανότητα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης. Συγκεκριμένα αν υποθέσουμε ότι το επίπεδο σημαντικότητας του ελέγχου της μηδενικής υπόθεσης είναι  $\alpha$ , τότε για κάθε επιμέρους t test χρησιμοποιεί επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha^*$ , όπου

$$\alpha^* = \frac{\alpha}{m} \quad (1-19)$$

και m ο αριθμός των δυνατών συγκρίσεων.

Για να ελεγχθεί η μηδενική υπόθεση ότι δηλαδή  $H_0 : \mu_i = \mu_j$ , υπολογίζεται η ποσότητα:

$$t^{ij} = \frac{(\bar{x}_i - \bar{x}_j)}{\sqrt{s_w^2 \left( \frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)}} \quad (1-20)$$

Όταν η μηδενική υπόθεση ισχύει, η ποσότητα  $t_{ij}$  ακολουθεί την κατανομή  $t$  με  $N-k$  βαθμούς ελευθερίας. Η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται όταν η εν λόγω ποσότητα είναι μεγαλύτερη από την κρίσιμη τιμή της κατανομής  $t_{N-k}$ , που ορίζει συμμετρικά στη δεξιά και στην αριστερή ουρά της κατανομής δύο περιοχές συνολικού εμβαδού μικρότερου από  $\alpha^*$  (γεγονός που σημαίνει ότι η πιθανότητα να προκύψει μια τόσο μεγάλη τιμή είναι  $p < \alpha^*$ ).

Πρόβλημα με τη συγκεκριμένη μέθοδο προκύπτει όταν ο αριθμός των συγκρίσεων αυξάνει, οπότε ελαττώνεται σημαντικά η ισχύς του συνολικού ελέγχου με αποτέλεσμα να μην μπορεί να τεκμηριώσει σημαντικές διαφορές ακόμη και όταν υφίστανται. Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιείται το test του Tukey, στο οποίο το στατιστικό κριτήριο ακολουθεί την τυποποιημένη κατά Student κατανομή εύρους (Studentized Range Distribution). Ο έλεγχος δύο οποιωνδήποτε πληθυσμιακών μέσων  $\mu_i$  και  $\mu_j$  γίνεται συγκρίνοντας την απόλυτη τιμή της διαφοράς των δειγματικών μέσων  $\bar{x}_i$  και  $\bar{x}_j$  με την ποσότητα:

$$W^{ij} = q^{0,05,k,N-k} \sqrt{\frac{s_w^2}{2} \left( \frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)} \quad (1-21)$$

όπου  $k$  ο συνολικός αριθμός των μέσων τιμών που συγκρίνονται,  $N$  ο συνολικός αριθμός των παρατηρήσεων,  $s_w^2$  το μέσο τετράγωνο στο εσωτερικό των ομάδων και  $q_{0,05,k,N-k}$  είναι η κρίσιμη τιμή της τυποποιημένης κατά Student κατανομής εύρους με  $N-k$  βαθμούς ελευθερίας και η οποία ορίζει το 95° εκατοστημόριο της κατανομής.

Για όσες από τις διαφορές  $\bar{x}_i - \bar{x}_j$ , η απόλυτη τιμή είναι μεγαλύτερη από την ποσότητα  $W_{ij}$ , οι αντίστοιχες πληθυσμιακές μέσες τιμές  $\mu_i$  και  $\mu_j$  διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους στο προκαθορισθέν επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας  $\alpha$ .

### 1.2.2.2 Ανάλυση διακύμανσης προς δύο ή περισσότερους παράγοντες

Η ανάλυση διακύμανσης προς δύο ή περισσότερους παράγοντες αποτελεί προέκταση της ανάλυσης προς έναν παράγοντα. Η πιο απλή περίπτωση είναι η ανάλυση διακύμανσης προς δύο παράγοντες. Στην περίπτωση αυτή υπάρχουν δύο κατηγορικές μεταβλητές-παράγοντες A και B οι οποίες επιδρούν στις τιμές μιας ποσοτικής μεταβλητής Y. Για κάθε συνδυασμό των κατηγοριών-επιπέδων των δύο παραγόντων, υπολογίζονται οι τιμές της ποσοτικής μεταβλητής σε ένα τυχαίο δείγμα n παρατηρήσεων. Ο αριθμός n των παρατηρήσεων μπορεί να είναι σταθερός σε όλους τους συνδυασμούς των επιπέδων των δύο παραγόντων, οπότε το σχέδιο της ανάλυσης ονομάζεται ορθογώνιο (orthogonal ή balanced), ή μπορεί να μεταβάλλεται, οπότε ονομάζεται μη ορθογώνιο (nonorthogonal ή unbalanced).

Στην περίπτωση ορθογώνιου σχεδίου η ανάλυση της συνολικής μεταβλητότητας των δεδομένων ορίζεται από τη σχέση :

$$SS_Y = SS_A + SS_B + SS_{AB} + SS_{error} \quad (1-22)$$

Στην παραπάνω σχέση,  $SS_Y$  είναι το συνολικό άθροισμα τετραγώνων της Y, ενώ οι όροι  $SS_A$ ,  $SS_B$ ,  $SS_{AB}$ ,  $SS_{error}$  είναι τα αθροίσματα τετραγώνων που αφορούν αντίστοιχα τη μεταβλητότητα της Y που οφείλεται στον παράγοντα A, στον παράγοντα B, στην αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων A και B, και στα

σφάλματα, δηλαδή στη μεταβλητότητα της  $Y$  που δεν ερμηνεύεται από τους δύο παράγοντες. Όσο περισσότερο αποκλίνουν οι μέσες τιμές των επιπέδων του παράγοντα  $A$  από τη συνολική μέση τιμή της  $Y$ , τόσο μεγαλύτερη είναι και η τιμή της ποσότητας  $SS_A$  και επομένως τόσο μεγαλύτερη η συμβολή του παράγοντα στην ερμηνεία της μεταβλητότητας της  $Y$ . Το ίδιο ισχύει και για τον παράγοντα  $B$ . όταν οι επιδράσεις των παραγόντων  $A$  και  $B$  στις τιμές της  $Y$  είναι προσθετικές (additive), δηλαδή οι διαφορές των μέσων τιμών των επιπέδων του καθενός παράγοντα παραμένουν αμετάβλητες στα επίπεδα του άλλου, τότε ο όρος της αλληλεπίδρασης τείνει να μηδενιστεί.

Το πρώτο βήμα στην ανάλυση διακύμανσης είναι ο έλεγχος της επίδρασης των παραγόντων συνολικά στη διαμόρφωση των τιμών της  $Y$ . Στην προκειμένη περίπτωση ο έλεγχος γίνεται με τη βοήθεια της ποσότητας  $SS_A + SS_B + SS_{AB}$ , η οποία εκφράζει τη μεταβλητότητα της  $Y$  οφειλόμενη στην επίδραση των παραγόντων  $A$  και  $B$ . Υπό τη μηδενική υπόθεση ότι οι δύο παράγοντες δεν επιδρούν στις τιμές της  $Y$  ( $\sigma_y^2 = \sigma_{error}^2$ ), η ποσότητα

$$F = \frac{(SS_A + SS_B + SS_{AB}) / ab - 1}{SS_{error} / N - ab} \quad (1-23)$$

ακολουθεί την κατανομή  $F$  με  $ab-1$  και  $N-ab$  βαθμούς ελευθερίας. Σημειώνεται, ότι  $a$  και  $b$  είναι τα επιμέρους επίπεδα των παραγόντων  $A$  και  $B$ , ενώ  $N$  ο συνολικός αριθμός των παρατηρήσεων της  $Y$ . Ο αριθμητής του κλάσματος αποτελεί το μέσο τετράγωνο της συνολικής επίδρασης των παραγόντων  $A$  και  $B$ , ενώ ο παρονομαστής είναι το μέσο τετράγωνο των σφαλμάτων. Αν η πιθανότητα  $p$  του ελέγχου είναι μικρότερη του προκαθορισμένου επιπέδου στατιστικής σημαντικότητας  $\alpha$ , τότε μπορούμε να ισχυριστούμε ότι οι παράγοντες  $A$  και  $B$  επιδρούν στις τιμές της  $Y$  και

επομένως το υπόδειγμα της ανάλυσης διακύμανσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ερμηνεία της Y.

Μετά τη συνολική αξιολόγηση του υποδείγματος ακολουθεί ο έλεγχος της σημαντικότητας της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων. Υπό τη μηδενική υπόθεση ότι δηλαδή  $\sigma_{AB}^2 = 0$ , η ποσότητα

$$F = \frac{SS_{AB}/(a-1)(b-1)}{SS_{error}/N-ab} \quad (1-24)$$

ακολουθεί την κατανομή F με  $(a-1)(b-1)$  και  $N-ab$  βαθμούς ελευθερίας. Ο αριθμητής του κλάσματος αποτελεί το μέσο τετράγωνο των αλληλεπιδράσεων και ο παρονομαστής το μέσο τετράγωνο των σφαλμάτων. Αν ο παραπάνω έλεγχος βρεθεί σημαντικός, αυτό σημαίνει ότι η επίδραση του παράγοντα A στις τιμές της Y δεν είναι ομοιόμορφη στα διάφορα επίπεδα του παράγοντα B και αντίστροφα. Στην περίπτωση αυτή ο έλεγχος των κύριων επιδράσεων των A και B δεν μπορεί να γίνει χωριστά για κάθε παράγοντα αλλά συνδυαστικά, μέσω αξιολόγησης της αλληλεπίδρασής τους. Αντίθετα, αν ο έλεγχος δεν βρεθεί σημαντικός, τότε μπορεί να γίνει ο έλεγχος των κύριων επιδράσεων των δύο παραγόντων για κάθε παράγοντα χωριστά. Οι έλεγχοι των κύριων επιδράσεων των παραγόντων γίνεται μέσω των ποσοτήτων:

$$F = \frac{SS_A/\alpha-1}{SS_{error}/N-ab} \quad (1-25) \text{ για τον παράγοντα A,}$$

και

$$F = \frac{SS_B/b-1}{SS_{error}/N-ab} \quad (1-26) \text{ για τον παράγοντα B.}$$



Η καθεμιά ποσότητα υπό τη μηδενική υπόθεση ( $\sigma_A^2 = 0$  και  $\sigma_B^2 = 0$ , αντίστοιχα) ακολουθεί την κατανομή F με  $\alpha-1$  και  $N-ab$  βαθμούς ελευθερίας (και  $b-1$  και  $N-ab$ , αντίστοιχα). Οι αριθμητές των κλασμάτων αποτελούν τα μέσα τετράγωνα των παραγόντων A και B, αντίστοιχα, ενώ οι παρανομαστές τα μέσα τετράγωνα των σφαλμάτων.

Τονίζεται, ότι στα ορθογώνια σχέδια δηλαδή στις αναλύσεις στις οποίες ο αριθμός των παρατηρήσεων είναι ίδιος για όλους τους επιμέρους συνδυασμούς των επιπέδων των παραγόντων, η κύρια επίδραση του κάθε παράγοντα είναι ανεξάρτητη της κύριας επίδρασης των άλλων, και επιπροσθέτως οι αλληλεπιδράσεις των παραγόντων είναι επίσης ανεξάρτητες από τις κύριες επιδράσεις τους. Στις περιπτώσεις όμως που ο αριθμός των παρατηρήσεων διαφέρει, τότε οι κύριες επιδράσεις των παραγόντων δεν είναι ανεξάρτητες ούτε μεταξύ τους, ούτε και με τις αλληλεπιδράσεις των.

Κατά την ανάλυση διακύμανσης προς δύο ή περισσότερους παράγοντες θα πρέπει να ισχύουν οι ακόλουθες προϋποθέσεις, οι οποίες είναι αντίστοιχες αυτών που ισχύουν στην ανάλυση κατά έναν παράγοντα:

- Οι κατανομές της εξαρτημένης μεταβλητής στους πληθυσμούς που ορίζονται από τους συνδυασμούς των επιπέδων των παραγόντων πρέπει να είναι κανονικές. Η ανάλυση είναι αρκετά ανθεκτική σε εκτροπές από την κανονικότητα, ώστε τελικώς αυτό που ουσιαστικά απαιτείται είναι η στοιχειώδης συμμετρία των κατανομών και η απουσία πολύ ακραίων τιμών. Ο έλεγχος γίνεται διαγραμματικά με τη χρήση θηκογραμμμάτων και ιστογραμμμάτων.

- Οι διακυμάνσεις της εξαρτημένης μεταβλητής στους συνδυασμούς των επιπέδων των παραγόντων πρέπει να είναι ίσες. Ο έλεγχος επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του τεστ του Levene.

- Τα δείγματα θα πρέπει να έχουν ληφθεί με τυχαία δειγματοληψία από τους αντίστοιχους πληθυσμούς.

### 1.2.3 Έλεγχοι Στατιστικής Σημαντικότητας

Προκειμένου να διαπιστωθεί - ελεγχθεί το εάν η σχέση μεταξύ της εξαρτημένης και της/των ανεξάρτητης/ων μεταβλητών είναι στατιστικά σημαντική χρησιμοποιούνται οι έλεγχοι της στατιστικής σημαντικότητας (Statistical Significance Tests) ή στατιστικοί έλεγχοι ή στατιστικές δοκιμασίες.

Οι έλεγχοι της στατιστικής σημαντικότητας χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των ακόλουθων υποθέσεων:

- **Τη μηδενική ή άκυρη υπόθεση** (null hypothesis), η οποία συμβολίζεται ως  $H_0$ , σύμφωνα με την οποία θεωρούμε ότι δεν υπάρχει σχέση/επίδραση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητης/των μεταβλητής/των και ως εκ τούτου ο αντίστοιχος συντελεστής παλινδρόμησης της ανεξάρτητης μεταβλητής στο υπό εξέταση μοντέλο παλινδρόμησης είναι μηδέν, και

- **Την εναλλακτική υπόθεση** (alternative hypothesis), η οποία συμβολίζεται ως  $H_1$ , σύμφωνα με την οποία θεωρούμε το αντίθετο, δηλαδή ότι υπάρχει σχέση/επίδραση μεταξύ εξαρτημένης και τουλάχιστον μιας ανεξάρτητης μεταβλητής και ως εκ τούτου, τουλάχιστον ένας συντελεστής παλινδρόμησης στο υπό εξέταση μοντέλο παλινδρόμησης είναι διάφορος του μηδενός.

Τονίζεται ότι με τον έλεγχο στατιστικής σημαντικότητας ελέγχεται η μηδενική υπόθεση και είτε απορρίπτεται, είτε όχι. Σε καμιά περίπτωση όμως τα δεδομένα της οποιας μελέτης δεν μπορούν να προσφέρουν απόδειξη ότι η υπόθεση είναι αληθής. Αν δεν απορριφθεί η μηδενική υπόθεση, τότε υποστηρίζεται ότι τα δεδομένα στα οποία στηρίζεται ο έλεγχος, δεν επαρκούν για την απόρριψή της. Αντιθέτως, σε περίπτωση απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης τότε εξάγεται το συμπέρασμα ότι, σύμφωνα με τα δεδομένα μιας συγκεκριμένης μελέτης, υπάρχει σχέση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητης/των μεταβλητής/των.

Σημειώνεται, ότι η εναλλακτική υπόθεση μπορεί να είναι «μονής κατεύθυνσης» (one-sided), υποστηρίζοντας ότι υπάρχει συγκεκριμένη σχέση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητης/των μεταβλητής/των ή «διπλής κατεύθυνσης» (two-sided), υποστηρίζοντας απλώς την ύπαρξη σχέσης χωρίς όμως αυτή να καθορίζεται.

#### **1.2.4 Επίπεδο Στατιστικής Σημαντικότητας**

Για να καταστεί εφικτή η απόρριψη ή μη της μηδενικής υπόθεσης χρησιμοποιούνται τα ακόλουθα μέτρα:

- Το **παρατηρούμενο επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας p-value**, το οποίο εκφράζει την πιθανότητα με δεδομένο ότι η μηδενική υπόθεση είναι αληθής από τα στοιχεία της μελέτης να προκύψει το αντίθετο, δηλαδή τα δεδομένα μιας μελέτης να παρουσιάσουν μια σχέση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητης μεταβλητής/ων τόσο ακραία ή πιο ακραία από αυτήν που πραγματικά λαμβάνεται..

- Το **προκαθορισμένο επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας  $\alpha$  value**, το οποίο αυθαίρετα καθορίζεται από τον ερευνητή και στο οποίο συνήθως δίδονται οι τιμές 0,05 ή σπανιότερα 0,1 ή 0,01. Είναι γνωστό και ως σφάλμα απόρριψης

(rejection error) ή σφάλμα  $\alpha$  ή TYPE I Error και εκφράζει την πιθανότητα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης, ενώ είναι αληθής.

Ανάλογα με τα δεδομένα της μελέτης, χρησιμοποιείται το κατάλληλο στατιστικό μοντέλο για τον έλεγχο της μηδενικής υπόθεσης, οπότε προκύπτει μια τιμή  $p$ , η οποία υπολογίζεται με την προϋπόθεση ότι η μηδενική υπόθεση είναι αληθής. Η τιμή αυτή συγκρίνεται με την προκαθορισμένη τιμή  $\alpha$ . Εάν η τιμή  $p$  είναι μικρότερη από την τιμή  $\alpha$ , τότε απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση, ενώ αν η τιμή  $p$  είναι μεγαλύτερη από την τιμή  $\alpha$ , τότε δεν απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση, αλλά και ούτε επιβεβαιώνεται.

Τονίζεται, ότι η τιμή  $p$  είναι απλά ένα μέτρο της συμβατότητας μεταξύ της μηδενικής υπόθεσης και των δεδομένων μιας μελέτης χωρίς να προσδιορίζει το μέγεθος της σχέσης ανάμεσα στην εξαρτημένη μεταβλητή και την /τις ανεξάρτητες και επιπρόσθετα το υπόψη μέτρο χρησιμοποιείται πάντοτε σε σχέση με μια καθορισμένη τιμή του σφάλματος απόρριψης  $\alpha$ . Σαφώς νοείται, πως για τα ίδια δεδομένα μιας μελέτης, ορίζοντας διαφορετικές τιμές του  $\alpha$  είναι δυνατόν να προκύψουν και διαφορετικά συμπεράσματα για τη μηδενική υπόθεση. Για παράδειγμα εάν από τα δεδομένα προκύψει τιμή για το  $p$  ίση με 0,06, τότε αν το  $\alpha$  έχει ορισθεί ίσο με 0,1, ο ερευνητής θα θεωρήσει ότι η μηδενική υπόθεση μάλλον απορρίπτεται, ενώ εάν έχει ορισθεί ίσο με 0,05, τότε θα θεωρήσει ότι από τα δεδομένα της μελέτης δεν προκύπτει λόγος απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης..

Γενικά, όσο η τιμή του  $p$  τείνει στο μηδέν, τόσο μικρότερη είναι η συμβατότητα μεταξύ της μηδενικής υπόθεσης και των δεδομένων μιας μελέτης, οπότε τόσο πιο ισχυρές είναι οι ενδείξεις απόρριψής της.

## 1.2.5 Συσχέτιση

Το είδος και το μέγεθος της σχέσης μεταξύ δύο μεταβλητών εκτιμάται με :

- Το συντελεστή συσχέτισης του Pearson (Pearson's coefficient of correlation).
- Το συντελεστή συσχέτισης διατάξεων του Spearman (Spearman's rank correlation coefficient).
- Το συντελεστή συσχέτισης του Kendall (Kendall's tau)

Ο συντελεστής συσχέτισης του Pearson συμβολίζεται με  $\rho$  όταν αφορά σε ολόκληρο τον πληθυσμό και με  $r$  όταν υπολογίζεται για ένα συγκεκριμένο δείγμα (αποτελώντας έτσι εκτίμηση για τον πληθυσμό από τον οποίο προέρχεται το δείγμα). Δεν έχει μονάδες μέτρησης και λαμβάνει τιμές από -1 έως +1. Οι τιμές -1 έως +1 δηλώνουν ότι υπάρχει μια τέλεια - αρνητική ή θετική, αντίστοιχα - γραμμική σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών. Όταν λαμβάνει την τιμή 0 σημαίνει ότι δεν υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών, αλλά δεν αποκλείεται η ύπαρξη μιας άλλης μη γραμμικής σχέσης. Εάν το μέγεθος της μιας μεταβλητής τείνει να αυξάνεται όπως αυξάνεται το μέγεθος και της άλλης μεταβλητής, τότε υπάρχει θετική συσχέτιση (positive correlation) μεταξύ των δύο μεταβλητών και ο συντελεστής συσχέτισης είναι  $>0$ . Αντίθετα, εάν το μέγεθος της μιας μεταβλητής τείνει να αυξάνεται όπως ελαττώνεται το μέγεθος της άλλης μεταβλητής, τότε υπάρχει αρνητική συσχέτιση (negative correlation) μεταξύ των δύο μεταβλητών και ο συντελεστής συσχέτισης είναι  $<0$ .

Ο συντελεστής συσχέτισης του Pearson παρουσιάζει ορισμένα μειονεκτήματα, καθώς:

- Ποσοτικοποιεί τη σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών μόνο στην περίπτωση κατά την οποία οι μεταβλητές είναι ποσοτικές και η σχέση τους γραμμική.
- Είναι πολύ ευαίσθητος σε ακραίες τιμές των μεταβλητών και τυχόν ύπαρξή τους δύναται να οδηγήσει σε λανθασμένα συμπεράσματα.
- Η εκτιμηθείσα συσχέτιση δεν μπορεί να επεκταθεί πέρα από το παρατηρούμενο εύρος των μεταβλητών.
- Η ύπαρξη μιας ισχυρής συσχέτισης μεταξύ δύο μεταβλητών δεν υποδηλώνει απαραίτητα και την ύπαρξη μιας σχέσης μεταξύ αιτίας και έκβασης.

Ο συντελεστής συσχέτισης του Pearson δύο ποσοτικών μεταβλητών X και Y προσδιορίζεται αριθμητικά ως ακολούθως :

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n-1)s_x s_y} \quad (1-27)$$

όπου,  $x_i$  και  $y_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) οι τιμές των δύο μεταβλητών X και Y στο ληφθέν δείγμα και  $s_x$ ,  $s_y$  οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις των τιμών τους. Με πιο αναλυτική διατύπωση η (12) γράφεται:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1-28)$$

Ο έλεγχος της συσχέτισης των δύο μεταβλητών γίνεται με αξιολόγηση του πληθυσμιακού συντελεστή συσχέτισης ως προς το 0, δεδομένου ότι η τιμή αυτή υποδηλώνει την απουσία γραμμικής συσχέτισης. Η μηδενική και η εναλλακτική υπόθεση του ελέγχου είναι :

$$H_0: \rho = 0, \quad H_1: \rho \neq 0 \quad (1-29)$$

Ο έλεγχος γίνεται με τη βοήθεια του κριτηρίου :

$$t = \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}} \quad (1-30)$$

το οποίο, όταν τα ζεύγη παρατηρήσεων  $(x_i, y_i)$  λαμβάνονται τυχαία από τον αντίστοιχο πληθυσμό και οι μεταβλητές  $X$  και  $Y$  είναι κανονικά κατανομημένες, ακολουθεί την κατανομή Student (t) με  $n-2$  βαθμούς ελευθερίας. Με την εφαρμογή των (13) και (15) επί των δεδομένων του δείγματος προκύπτει μία κρίσιμη τιμή  $t_0$  η οποία ορίζει συμμετρικά στη δεξιά και αριστερή «ουρά» της αντίστοιχης κατανομής  $t$  δύο περιοχές, το συνολικό εμβαδό των οποίων ισούται με την τιμή του επιπέδου στατιστικής σημαντικότητας (p-value). Οπότε, αν το εν λόγω εμβαδό είναι μικρότερο από το καθορισθέν σφάλμα απόρριψης  $\alpha$ , τότε απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση, δηλαδή η υπόθεση της ισότητας του πληθυσμιακού συντελεστή συσχέτισης  $\rho$  με το μηδέν.

Ο συντελεστής συσχέτισης διατάξεων του Spearman όταν υπολογίζεται σε «δείγματα» συμβολίζεται με  $r_s$  και λαμβάνει τιμές από  $-1$  έως  $+1$ , με την ερμηνεία να είναι ίδια με εκείνη στην περίπτωση του συντελεστή συσχέτισης του Pearson. Υπολογίζεται όπως και ο συντελεστής συσχέτισης του Pearson (13) με τη διαφορά ότι αντί των δειγματικών τιμών  $x_i$  και  $y_i$  των δύο μεταβλητών  $X$  και  $Y$ , χρησιμοποιούνται οι σχετικές θέσεις αυτών (ranks)  $x_{ri}$  και  $y_{ri}$ , στην εσωτερική τους διάταξη, δηλαδή :

$$r_s = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ri} - \bar{x})(y_{ri} - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ri} - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_{ri} - \bar{y})^2}} \quad (1-31)$$

Ισοδύναμα η (16) μπορεί να γραφεί:

$$r_s = \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)^2} \quad (1-32)$$

όπου το  $d_i$  είναι η διαφορά των σχετικών θέσεων των δειγματικών τιμών  $x_i$  και  $y_i$  στην εσωτερική τους διάταξη.

Το κριτήριο του ελέγχου είναι της ίδιας μορφής με αυτό που χρησιμοποιήθηκε στην περίπτωση του συντελεστή συσχέτισης του Pearson. Δηλαδή, :

$$t = r_s \sqrt{\frac{n-2}{1-r_s^2}} \quad (1-33)$$

το οποίο υπό την υπόθεση  $H_0: \rho_s = 0$  ακολουθεί την κατανομή Student (t) με  $n-2$  βαθμούς ελευθερίας. Με την εφαρμογή των (17) και (18) επί των δεδομένων του δείγματος προκύπτει μία κρίσιμη τιμή  $t_0$ , η οποία ορίζει συμμετρικά στη δεξιά και αριστερή «ουρά» της αντίστοιχης κατανομής δύο περιοχές, το συνολικό εμβαδό των οποίων ισούται με την τιμή του επιπέδου στατιστικής σημαντικότητας (p-value).

Ο συντελεστής συσχέτισης διατάξεων του Spearman, ως ένας μη παραμετρικός έλεγχος, έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να υπολογιστεί για κάθε είδος μεταβλητής (ποσοτικής ή ποιοτικής) και να είναι λιγότερο ευαίσθητος από τον αντίστοιχο του Pearson σε ακραίες τιμές του δείγματος, αλλά βασικό του μειονέκτημα είναι το ότι δεν εξαντλεί όλη τη διαθέσιμη πληροφορία που μπορεί να εξαχθεί από τις τιμές αυτές καθ' αυτές του δείγματος, δεδομένου ότι ο υπολογισμός του βασίζεται στις σχετικές θέσεις των πραγματικών δειγματικών τιμών στην εσωτερική τους διάταξη.



Τέλος, ο συντελεστής συσχέτισης του Kendall  $\tau$  (Kendall's tau) βασίζεται και αυτός στις σχετικές θέσεις  $x_{ri}$  και  $y_{ri}$  των δειγματικών τιμών  $x_i$  και  $y_i$  των δύο μεταβλητών  $X$  και  $Y$ . Για τον υπολογισμό του καταγράφεται αρχικά ο αριθμός των περιπτώσεων κατά τις οποίες οι διαφορές  $y_{rj} - y_{ri}$ ,  $\forall j>i$  όπου  $i = 1,2,\dots,n-1$  είναι θετικές ( $n_c$ ) και αρνητικές ( $n_d$ ) και εν συνεχεία υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\tau = \frac{n_c - n_d}{1/2n(n-1)} \quad (1-34)$$

Όταν όλες οι διαφορές  $y_{rj} - y_{ri}$  είναι θετικές τότε η τιμή του συντελεστή είναι 1, ενώ όταν είναι όλες αρνητικές είναι -1.

Ο συντελεστής συσχέτισης του Kendall μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο του αντίστοιχου πληθυσμιακού συντελεστή συσχέτισης  $\rho_r$  μέσω της ποσότητας:

$$Z = \frac{n_c - n_d}{\sqrt{n(n-1)(2n+5)/18}} \quad (1-35)$$

η οποία υπό τη μηδενική υπόθεση  $H_0: \rho_r = 0$  ακολουθεί την τυπική κανονική κατανομή.

Όπως και στην περίπτωση του συντελεστή συσχέτισης διατάξεων του Spearman, ο συντελεστής συσχέτισης του Kendall, ως μη παραμετρική προσέγγιση μπορεί να υπολογιστεί για όλα τα είδη των μεταβλητών, αλλά δεν αξιοποιεί το σύνολο της πληροφορίας που δύναται να εξαχθεί από τις δειγματικές τιμές.

## 1.2.6 Συγγραμμικότητα μεταξύ ανεξάρτητων μεταβλητών

Όταν σε ένα μοντέλο παλινδρόμησης υφίσταται υψηλή συσχέτιση μεταξύ ανεξάρτητων μεταβλητών του, προκύπτει μία εσφαλμένη εκτίμηση των συντελεστών των εμπλεκόμενων ανεξάρτητων μεταβλητών και τελικώς της ποσοτικής επίδρασης των παραγόντων επί της εξαρτημένης μεταβλητής λόγω της συγγραμμικότητας.

Η συγγραμμικότητα μιας ανεξάρτητης μεταβλητής  $X_k$  με τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές του μοντέλου παλινδρόμησης, καθορίζεται από τον συντελεστή ανεκτικότητας **TOLerance**, ο οποίος ορίζεται ως η ποσότητα  $1 - R_k^2$ , όπου το  $R_k$  είναι ο συντελεστής (πολλαπλής) συσχέτισης της ανεξάρτητης μεταβλητής  $X_k$ , εάν θεωρηθεί ως εξαρτημένη, σε σχέση με τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές του μοντέλου.

Αν η τιμή του συντελεστή ανεκτικότητας της ανεξάρτητης μεταβλητής  $X_k$  είναι ίση με 0 ( $R_k^2 = 1 \Leftrightarrow R_k = 1$ ), τότε η υπόψη μεταβλητή προκύπτει από γραμμικό συνδυασμό των άλλων ανεξάρτητων μεταβλητών, ενώ όταν είναι ίση με 1 ( $R_k^2 = 0 \Leftrightarrow R_k = 0$ ), η εν λόγω μεταβλητή δεν συσχετίζεται με τις υπόλοιπες.

Από τον συντελεστή ανεκτικότητας, προκύπτει με αντιστροφή ο συντελεστής διόγκωσης της διακύμανσης **Variance Inflation Factor**, δηλαδή :

$$VIF = \frac{1}{TOL} = \frac{1}{1 - R_k^2} \quad (1-36)$$

Από τα ανωτέρω καθίσταται σαφές ότι αυτό που ουσιαστικά προσδοκούμε για την εκάστοτε ανεξάρτητη μεταβλητή  $X_k$  ενός μοντέλου παλινδρόμησης, είναι είτε το να είναι «τελείως» ασυσχέτιστη απ' όλες τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές

(TOL=1), οπότε και καλώς συμπεριλαμβάνεται στο μοντέλο, ή το να είναι «τελείως» εξαρτημένη (TOL=0), οπότε προβαίνουμε στην απόρριψή της από το μοντέλο.

Τι πρέπει όμως να κάνουμε σε περιπτώσεις, που η ανεξάρτητη μεταβλητή  $X_k$  είναι «μερικώς» ανεξάρτητη ή «μερικώς» εξαρτημένη από τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές του μοντέλου παλινδρόμησης;

Αναφορικά με το προηγούμενο ερώτημα διάφοροι ερευνητές έχουν δώσει διάφορες απαντήσεις. Κάποιοι θεωρούν ότι όταν το  $VIF > 10$ , τότε θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η συγγραμμικότητα. Άλλοι θεωρούν ότι όταν το  $VIF > 5$ , πρέπει να ληφθεί υπόψη η συγγραμμικότητα.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θεωρείται ότι πρόβλημα συγγραμμικότητας υφίσταται όταν  $VIF > 2$ .

Αυτό βέβαια που θα πρέπει να έχουμε κατά νου είναι ότι όποια υπόθεση και να λάβουμε υπόψη αυτή τελικώς θα κριθεί εκ του αποτελέσματος, και στην συγκεκριμένη περίπτωση παλινδρόμησης από το πόσο μικρά ή μεγάλα θα είναι τα σφάλματα που θα προκύψουν.

## 1.2 Οργάνωση Μεταπτυχιακής Εργασίας

Το υπόλοιπο αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας χωρίζεται σε τέσσερις ενότητες που καταλαμβάνουν τα Κεφάλαια 2 έως 5, αντίστοιχα. Συγκεκριμένα:

Στο 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο παραθέτουμε γενικά πληροφοριακά στοιχεία για την υπό εξέταση εξαρτημένη μεταβλητή καθώς και τους ανεξάρτητους παράγοντες.

Στο 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο δίδονται πλέον στοιχεία για την εξαρτημένη μεταβλητή καθώς και τους ανεξάρτητους παράγοντες με βάση τα δεδομένα των υπό εξέταση δειγμάτων.

Στο 4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα από την εφαρμογή Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης και Ανάλυσης Διακύμανσης επί των υπό εξέταση δειγμάτων σύμφωνα με το στατιστικό πακέτο IBM SPSS 19.0.

Μια σύνοψη της μεταπτυχιακής εργασίας και κατευθύνσεις για περαιτέρω έρευνα παρουσιάζονται στο 5<sup>ο</sup> και τελευταίο Κεφάλαιο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

Στο κεφάλαιο αυτό παραθέτουμε πληροφοριακά στοιχεία αναφορικά με την εξαρτημένη μεταβλητή  $Y_{TAC}$  (ο αριθμός των αναλωθέντων TAC ανά έξοδο πτήσης A-K) και τους παράγοντες, που εξετάζονται στην παρούσα διπλωματική εργασία.

### 1.3 Total Accumulated Cycles (TAC)

Ο προγραμματισμός των εργοστασιακών προγραμμάτων δομικής ακεραιότητας των A-K ENgine Structural Integrity Program (ENSIP) γίνεται με τη χρήση του αριθμού των αναλυσκόμενων TAC. Η παράμετρος TAC προκύπτει από τεχνική υπολογισμού της αναλυσκόμενης ζωής του θερμού τμήματος και των περιστρεφόμενων τμημάτων του A-K, βασιζόμενη είτε στις μετατοπίσεις της μανέτας ισχύος από τον ιπτάμενο, είτε στις εξάρσεις της ταχύτητας περιστροφής του Fan Rotor (NF). Σημειώνεται, ότι η σύγκριση της φθοράς των υλικών μετά από πραγματική χρήση και μετά από αντίστοιχες Εργοστασιακές Δοκιμές Αντοχής Υλικών, έχει επιβεβαιώσει ότι η υπόψη τεχνική υπολογισμού είναι ακριβής μέθοδος.

Γενικά, η παράμετρος TAC δίνεται από την εξίσωση :

$$\mathbf{TAC = a LCF + b FTC / 4 + c CIC / 40} \quad (2.1)$$

όπου,

**LCF:** Low Cycle Fatigue

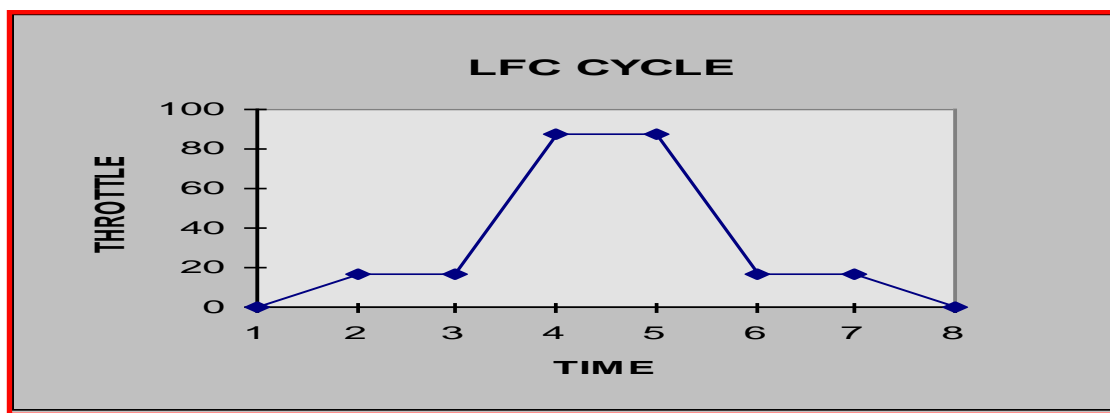
**FTC:** Full Thermal Cycle

**CIC:** Cruise – Intermediate- Cruise Cycle

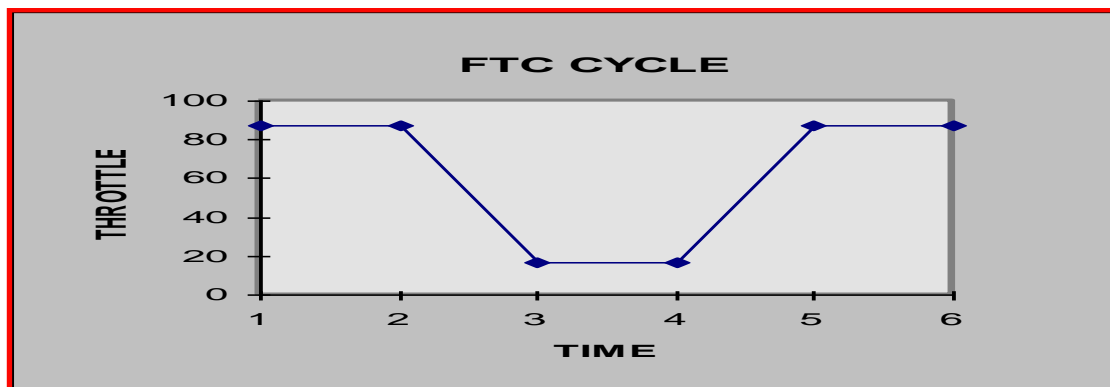
**a, b, c** : συντελεστές, που ισούνται με τον αριθμό των επαναλήψεων εμφάνισης των παραμέτρων LCF, FTC και CIC κατά τη διάρκεια λειτουργίας του A-K.

Ανάλογα με τη μέθοδο υπολογισμού των TAC οι σταθερές a, b, και c υπολογίζονται αυτόματα από τον Digital Engine Control (DEC) του A-K, ως ακολούθως:

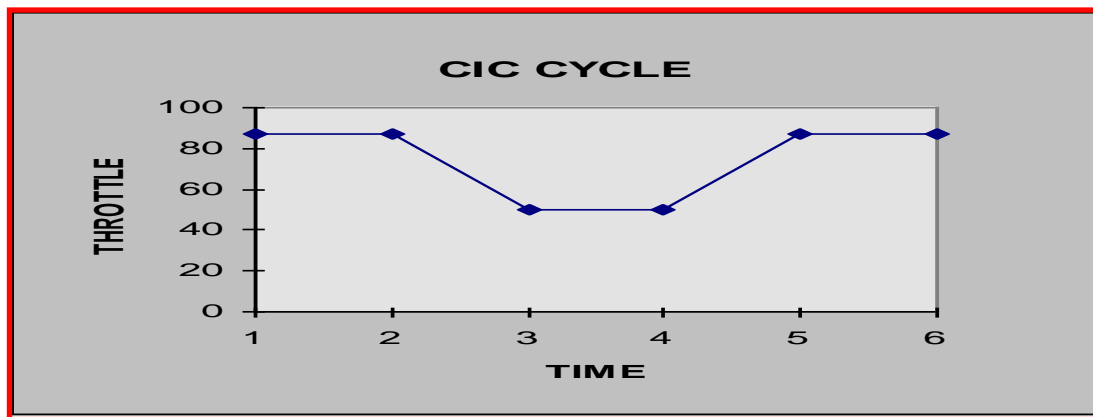
- Στην περίπτωση υπολογισμού των TAC με βάση τις μετατοπίσεις της μανέτας ισχύος, ο DEC ελέγχει τη θέση της σε τακτά χρονικά διαστήματα και τη συγκρίνει με τις προηγούμενες. Σημειώνεται, ότι η θέση της μανέτας ισχύος αντιστοιχεί σε συγκεκριμένες τιμές γωνιών κλίσης της (π.χ.  $20^\circ$  : Idle,  $100^\circ$ : Military Thrust). Στη συνέχεια εφόσον διαπιστωθεί μετατόπιση σύμφωνα με τους τρόπους που παραστατικά φαίνονται στις Εικόνες 2, 3 και 4 καταγράφεται ένα (1) LCF ή ένα (1) FTC ή ένα (1) CIC ( $a=1$ ,  $b=1$  ή  $c=1$ , αντίστοιχα).



Σχήμα 2.1 Τρόπος υπολογισμού ενός LCF ( $a=1$ )



Σχήμα 2.2 Τρόπος υπολογισμού ενός FTC ( $b=1$ )



**Σχήμα 2.3** Τρόπος υπολογισμού ενός CIC ( $c=1$ )

Όσο περισσότερες είναι οι μετατοπίσεις της μανέτας ισχύος τόσο μεγαλύτερες είναι οι τιμές των συντελεστών  $a$ ,  $b$  και  $c$ , δηλαδή τόσο μεγαλύτερες οι επαναλήψεις καταγραφής των παραμέτρων LCF, FTC και CIC και τελικώς τόσο μεγαλύτερη η τιμή του αναλυσκόμενου αριθμού TAC.

- Στην περίπτωση υπολογισμού των TAC με βάση τις εξάρσεις της ταχύτητας περιστροφής του Fan Rotor (NF), ο DEC υπολογίζει τη διαφορά των τετραγώνων της μέγιστης και της ελάχιστης ταχύτητας εντός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος και στη συνέχεια προβαίνει στην καταγραφή ενός (1) LCF ή ενός (1) FTC ή ενός (1) CIC ( $a=1$ ,  $b=1$  ή  $c=1$ , αντίστοιχα) ή σε καμία καταγραφή με βάση τον ακόλουθο κανόνα :

- Αν η διαφορά τετραγώνων είναι μικρότερη από 20.991.074, τότε δεν γίνεται κάποια καταγραφή.

- Αν η διαφορά τετραγώνων είναι μεταξύ 20.991.075 και 40.948.132, τότε καταγράφεται ένα (1) CIC.



- Αν η διαφορά τετραγώνων είναι μεταξύ 40.948.133 και 56.601.842, τότε καταγράφεται ένα (1) FTC.

- Αν, τέλος η διαφορά τετραγώνων είναι μεγαλύτερη από 56.601.842, τότε καταγράφεται ένα (1) LCF.

Είναι προφανές ότι όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα περιστροφής NF, τόσο μικρότερη είναι η μεταβολή που απαιτείται προκειμένου να καταγραφεί κάποια παράμετρος του TAC. Για παράδειγμα στην περίπτωση που η ταχύτητα NF μειώνεται από τις 8.300 στις 6.800 Rpm (Διαφορά 1.500 Rpm), τότε η διαφορά τετραγώνων θα είναι 22.650.000, οπότε θα καταγραφεί ένα (1) CIC Cycle, ενώ στην περίπτωση που υφίσταται η ίδια μεταβολή μεν (Διαφορά 1.500 Rpm) αλλά με μετάπτωση της ταχύτητας από 7.500 σε 6.000 Rpm, τότε η διαφορά τετραγώνων θα είναι 20.250.000, οπότε δεν θα υπάρξει καμία καταγραφή.

Σημειώνεται, ότι στο τέλος κάθε πτήσιμης ημέρας το τεχνικό προσωπικό της εκάστοτε Πολεμικής Μοίρας μεταφορτώνει τα καταγεγραμμένα στοιχεία του A-K σε φορητό υπολογιστή με χρήση ειδικής συσκευής, όπου με χρήση λογισμικού υπολογίζεται αυτόματα ο αριθμός των αναλωθέντων TAC κατά τη διάρκεια του συνόλου των πτήσεων που εκτελέστηκαν.

## 2.2 Παράγοντες

Ως παράγοντες – ανεξάρτητες μεταβλητές έχουν χρησιμοποιηθεί οι ακόλουθοι: η χρονική διάρκεια της πτήσης/εξόδου, το είδος της αποστολής, ο αριθμός των A/Φ που μετέχουν στην αποστολή, η θέση του εκάστοτε A/Φ στο σχηματισμό της αποστολής, το είδος του A/Φ (Μονοθέσιο ή Διθέσιο) και οι συνθήκες

φωτός κατά τις οποίες εκτελείται η πτήση. Παρακάτω παραθέτονται στοιχεία για τους υπόψη παράγοντες.

### **2.2.1 Χρονική διάρκεια της πτήσης**

Η χρονική διάρκεια της εκάστοτε πτήσης καταγράφεται από τον Πύργο Ελέγχου του Αεροδρομίου (Α/Δ) και ορίζεται ως το χρονικό διάστημα από τη στιγμή της απογείωσης του Α/Φ έως και τη στιγμή της προσγείωσης. Κυμαίνεται από μερικά λεπτά έως και μερικές ώρες. Ως τιμή μέτρησης χρησιμοποιείται η Ώρα (h) (πχ. 0.7h , 2.9h κλπ).

### **2.2.2 Είδος της αποστολής**

Το πρόγραμμα πτήσεων των Πολεμικών Μοιρών 130Μ και 150Μ εξαρτάται κυρίως:

- Από την απαίτηση εκτέλεσης συγκεκριμένων αποστολών, οι οποίες είναι κοινές για το σύνολο σχεδόν των Πολεμικών Μοιρών της ΠΑ, και ειδικών ασκήσεων ανάλογα με το ρόλο και τα εξειδικευμένα συστήματα και οπλισμό, που φέρουν τα Α/Φ της κάθε Πολεμικής Μοίρας.

- Από το επίπεδο εμπειρίας των Ιπταμένων της εκάστοτε Πολεμικής Μοίρας, δεδομένου ότι έχει θεσμοθετηθεί ελάχιστος αριθμός αποστολών – ασκήσεων που θα πρέπει να εκτελούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα προκειμένου να διασφαλιστεί η διατήρηση των δεξιοτήτων τους.

#### **2.2.2.1 Αποστολή Α1**

Σκοπός της Αποστολής Α1 είναι:

- Η διατήρηση των δεξιοτήτων των Ιπταμένων στο χειρισμό του Α/Φ σε συνεχείς μεταβαλλόμενες στάσεις, γωνίες προσβολής και ταχύτητες.

- Η συνεχής βελτίωση της αίσθησης του Ιπταμένου, όσον αφορά την κίνηση του Α/Φ στο χώρο με εκτέλεση χειρισμών ακριβείας, απωλειών στήριξης, ακροβατικών, ελιγμών εμπιστοσύνης, προκεχωρημένων ελιγμών και εξόδων από ασυνήθεις στάσεις.

### **2.2.2.2 Αποστολή Α2**

Σκοπός της Αποστολής Α2 είναι η εξάσκηση και συντήρηση των Ιπταμένων στις διαδικασίες:

- Ενόργανης αναχώρησης, ναυτιλίας και προσέγγισης Α/Δ που διαθέτουν ραδιοβοηθήματα.
- Απώλειας του αρχηγού του σχηματισμού, αποπροσανατολισμού στο χώρο (spatial disorientation), εξόδου από ασυνήθεις στάσεις με χρήσης οργάνων.

### **2.2.2.3 Αποστολή Α3**

Σκοπός της Αποστολής Α3 είναι η συντήρηση - βελτίωση των ικανοτήτων των Ιπταμένων να :

- Εκτελούν ναυτιλία χαμηλού ύψους, να προσεγγίζουν με χρονική ακρίβεια έναν επίγειο στόχο, να αφήνουν με επιτυχία τα όπλα τους και να επιστρέφουν ασφαλώς.
- Προσεγγίζουν με χρονική ακρίβεια έναν στόχο, να εφαρμόζουν κατάλληλη τακτική προσβολής, να εκτελούν εικονική άφεση όπλων και να αντιδρούν ρεαλιστικά σε επιτιθέμενα Α/Φ αναχαίτησης.
- Εντοπίζουν και προσβάλλουν επίγειους ή / και θαλάσσιους στόχους για την υποστήριξη των επιχειρήσεων των άλλων κλάδων των Ενόπλων Δυνάμεων.

#### **2.2.2.4 Αποστολή Α4**

Σκοπός της Αποστολής Α4 είναι η συντήρηση - βελτίωση της ικανότητας των Ιπταμένων να:

- Επιχειρούν αποτελεσματικά ως ζεύγος ή τετράδα Α/Φ ημέρα και νύχτα, για την ταχεία αποκάλυψη, αναχαίτιση, αιφνιδιασμό, αναγνώριση και εικονική κατάρριψη στόχων.

- Εκτελούν βασικούς επιθετικούς και αμυντικούς ελιγμούς εναερίου μάχης.

- Εκτελούν γρήγορη κατάρριψη και επιβίωση ή σε περίπτωση ζεύγους Α/Φ να αποκαλύπτουν έγκαιρα την απειλή και να εφαρμόζουν αρχικά αμυντικούς ελιγμούς διατηρώντας την αμοιβαία υποστήριξη.

- Καταρρίπτουν την απειλή σε ρεαλιστικό περιβάλλον μάχης εναντίον ισάριθμων Α/Φ, εξασφαλίζοντας την επιβίωση, ενώ παράλληλα να διατηρούν συνοχή, αμοιβαία υποστήριξη και συντονισμό.

- Επιβιώνουν σε περιβάλλον πολλαπλών απειλών, χωρίς αμοιβαία υποστήριξη, επιχειρώντας παράλληλα επιθετικές ενέργειες .

- Δρουν ως τετράδα και να αποκαλύπτουν, στοχοποιούν και να καταρρίπτουν απειλές.

- Εκτελούν βολές με το πυροβόλο του Α/Φ ή βολές πυραύλου ΑΕΡΟΣ-ΑΕΡΟΣ.

### **2.2.2.5. Αποστολή Α5**

Σκοπός της Αποστολής Α5 είναι η δοκιμή διαφόρων προγραμμάτων καθώς και η ανάπτυξη-εφαρμογή νέων τακτικών και σε ορισμένες περιπτώσεις η συντήρηση των δεξιοτήτων έμπειρων Ιπταμένων.

Τονίζεται, ότι τα ανωτέρω είδη αποστολών συνδυάζονται με πληθώρα ειδικών ασκήσεων. Στην παρούσα διπλωματική εργασία ασχολούμαστε μόνο με αυτά που αναγράφονται στο εκάστοτε ημερήσιο πρόγραμμα πτήσεων των Πολεμικών Μοιρών. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι πέραν των αποστολών – ασκήσεων που εκτελούνται στο πλαίσιο εκπαίδευσης – συντήρησης των Ιπταμένων εκτελούνται και πτήσεις Α/Φ Επιφυλακής εναντίον πραγματικών απειλών, οι οποίες διακρίνονται γενικά ανάλογα με το είδος και το μέγεθος της πιθανής απειλής/στόχου καθώς το ύψος και την ταχύτητά του. Στην παρούσα διπλωματική εργασία δεν έχουν χρησιμοποιηθεί στοιχεία τέτοιων ειδών αποστολών.

### **2.2.3 Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής**

Ανάλογα με το είδος της αποστολής και τον αριθμό των ετοιμοπόλεμων Α/Φ στους σχηματισμούς δύναται να συμμετάσχουν από ένα (1) έως και οκτώ (8) Α/Φ. Οι δυνατοί σχηματισμοί είναι ενός (1), δύο (2), τεσσάρων (4), έξι (6) και οκτώ (8) Α/Φ. Στην ανάλυση της παρούσας διπλωματικής εργασίας ως αριθμός Α/Φ έχει θεωρηθεί ο αριθμός των Α/Φ, που τελικώς συμμετείχαν στην εκτέλεση της αποστολής και όχι αυτός που καθορίστηκε από το εκάστοτε ημερήσιο πρόγραμμα πτήσεων των Πολεμικών Μοιρών. Σημειώνεται, ότι τυχόν διαφοροποιήσεις μεταξύ του αριθμού που αρχικώς προγραμματίστηκαν για πτήση και του αριθμού των Α/Φ που τελικώς συμμετείχαν στο σχηματισμό προκύπτουν από πληθώρα παραγόντων όπως για παράδειγμα λόγω βλαβών που προκύπτουν κατά τη διάρκεια της εκκίνησης του Α/Φ.

## **2.2.4 Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής**

Ανάλογα με την αποστολή, τον αριθμό των Α/Φ, που μετέχουν στο σχηματισμό και την εμπειρία των Ιπταμένων, οι Ιπτάμενοι λαμβάνουν συγκεκριμένη θέση από την οποία προκύπτουν και διαφορετικές υποχρεώσεις – περιορισμοί έναντι των υπολοίπων μελών του σχηματισμού. Για παράδειγμα αναφέρεται ότι σε σχηματισμό τεσσάρων Α/Φ καθορίζεται για τους Ιπταμένους ο Νο1, ο Νο2, ο Νο3 και ο Νο4. Αν και κατά τη διάρκεια της αποστολής οι θέσεις είναι δυνατόν να διαφοροποιηθούν για λόγους εκπαίδευσης ανάλογα με το σενάριο της αποστολής – άσκησης, στην ανάλυση της παρούσας διπλωματικής εργασίας οι θέσεις θεωρούνται σταθερές και συγκεκριμένα αυτές οι οποίες αναγράφονται στο ημερήσιο πρόγραμμα πτήσεων των Πολεμικών Μοιρών.

## **2.2.5 Εμπειρία Ιπταμένου**

Ως μέτρο της εμπειρίας του Ιπταμένου χρησιμοποιούνται οι συνολικές ώρες πτήσης με μαχητικά Α/Φ και κυρίως με Α/Φ F-XY. Αν και αυτό φυσικά δεν διασφαλίζει την ικανότητα του Ιπταμένου για ασφαλή και ορθή εκτέλεση των όποιων αποστολών τους ανατεθούν, πλην όμως αποτελεί σημαντικό στοιχείο βάσης του οποίου καθορίζεται το πτητικό έργο σε επίπεδο Πολεμικών Μοιρών και ως εκ τούτου ένα ενδεικτικό στοιχείο στο πλαίσιο εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

Σημειώνεται, ότι κατά την κατάρτιση του ημερήσιου προγράμματος πτήσεων από το Γραφείο Εκπαίδευσης των Πολεμικών Μοιρών τόσο το μέγεθος των σχηματισμών (2 ή 4 Α/Φ κλπ) όσο και οι θέσεις των ιπταμένων στο σχηματισμό επηρεάζεται από την εμπειρία των Ιπταμένων. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι σε σχηματισμό τεσσάρων Α/Φ το πολύ δύο Ιπτάμενοι δύναται να είναι Άπειροι.

### **2.2.6 Είδος Α/Φ (Μονοθέσιο ή Διθέσιο)**

Τα μαχητικά Α/Φ F-XY διακρίνονται σε Μονοθέσια και σε Διθέσια ανάλογα με τον αριθμό των Ιπταμένων που δύναται να ιπταθούν. Στα διθέσια ο χειρισμός του Α/Φ δύναται να επιτευχθεί και από τις δύο θέσεις χειριστή. Στην παρούσα ανάλυση ως Εμπειρία Ιπταμένου θεωρείται η εμπειρία του Ιπταμένου, που δεικνύεται ως «Κυβερνήτης του Α/Φ» από το εκάστοτε ημερήσιο πρόγραμμα πτήσεων των Πολεμικών Μοιρών.

### **2.2.7 Συνθήκες Φωτός Εκτέλεσης της Αποστολής**

Η εκπαίδευση των Ιπταμένων εκτός των άλλων συμπεριλαμβάνουν και πτήσεις κατά τη διάρκεια της νύκτας. Γενικά ως νυκτερινές θεωρούνται οι πτήσεις στις οποίες τουλάχιστον το 50% της διάρκειάς τους εκτελείται σε συνθήκες σκότους. Σημειώνεται, ότι στην παρούσα εργασία ως νυκτερινές πτήσεις θεωρήθηκαν αυτές που προγραμματίστηκαν ως νυκτερινές σύμφωνα με το εκάστοτε ημερήσιο πρόγραμμα πτήσεων των Πολεμικών Μοιρών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί καταγράφονται :

- Πληροφοριακά στοιχεία των προς ανάλυση δειγμάτων.
- Πληροφοριακά στοιχεία για την εξαρτημένη μεταβλητή και τους παράγοντες, όπως αυτά προκύπτουν με εφαρμογή του στατιστικού πακέτου IBM SPSS 19.0 επί των παρατηρήσεων των δειγμάτων.
- Τα αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης της εξαρτημένης μεταβλητής ως προς έναν κάθε φορά παράγοντα .



### 3.1 Δείγματα

Για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιήθηκαν τρία (3) τυχαία δείγματα - τα οποία στο εξής θα ονομάζονται ως **Δείγμα<sub>130M</sub>**, **Δείγμα<sub>150.1M</sub>** και **Δείγμα<sub>150.2M</sub>**, από τις Πολεμικές Μοίρες 130M, 150.1M και 150.2M, αντίστοιχα. Τονίζεται, ότι τα υπόψη δείγματα μελετήθηκαν με τον ίδιο τρόπο, αλλά ξεχωριστά προκειμένου τα όποια συμπεράσματα να εξειδικεύονται ανά Πολεμική Μοίρα για ανάλογη εκμετάλλευση. Επισημαίνονται τα ακόλουθα:

- Τα δείγματα Δείγμα<sub>130M</sub>, Δείγμα<sub>150.1M</sub> και Δείγμα<sub>150.2M</sub> ελήφθησαν την ίδια χρονική περίοδο και αποτελούνται από 413, 482 και 470 μετρήσεις, αντίστοιχα.
- Και στα τρία δείγματα έγινε καταγραφή των ιδίων παραμέτρων [αριθμός αναλωθέντων TAC ανά έξοδο, χρονική διάρκεια της πτήσης, είδος της εκτελεσθείσας αποστολής, αριθμός των Α/Φ που μετείχαν σε αυτή, θέσεις των Α/Φ στο σχηματισμό της αποστολής, εμπειρία του ιπτάμενου προσωπικού που μετείχε στο σχηματισμό, είδος του Α/Φ και συνθήκες φωτός].
- Ο τρόπος υπολογισμού και καταγραφής των αναλωθέντων TAC ανά έξοδο γίνεται στην περίπτωση του Δείγματος<sub>130M</sub> με βάση τις μετατοπίσεις της μανέτας ισχύος από τον ιπτάμενο, ενώ στην περίπτωση του Δείγματος<sub>150.1M</sub> και του Δείγματος<sub>150.2M</sub> με βάση τις εξάρσεις της ταχύτητας περιστροφής του Fan Rotor (NF) κατά τη διάρκεια λειτουργίας του Α-Κ.
- Ο αριθμός των ληφθέντων μετρήσεων ανά παράγοντα, ανά επίπεδο του εκάστοτε παράγοντα αλλά και ανά συνδυασμό των επιπέδων των διαφόρων παραγόντων είναι άνισος. Πρόκειται συνεπώς για μη ορθογώνια δείγματα (nonorthogonal - unbalanced samples). Αυτό οφείλεται όχι μόνο στην τυχαιότητα των

δειγμάτων, αλλά και λόγω του ότι με βάση θεσμικά κείμενα της Πολεμικής Αεροπορίας (ΠΑ), που διέπουν την αποστολή της εκάστοτε Πολεμικής Μοίρας, την εκπαίδευση του ιπτάμενου προσωπικού καθώς και την ασφάλεια των πτήσεων, δίνεται αφενός διαφορετική βαρύτητα στη συχνότητα και στον τρόπο εκτέλεσης των διαφόρων αποστολών, αφετέρου δεν επιτρέπεται η εκτέλεση άλλων. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι δεν επιτρέπεται η εκτέλεση αποστολής στην οποία να μετέχουν μόνο άπειροι Ιπτάμενοι (εξαιρείται η περίπτωση πτήσης SOLO η οποία εκτελείται από έναν και μόνο άπειρο Ιπτάμενο στο πλαίσιο αρχικής αξιολόγησής του).

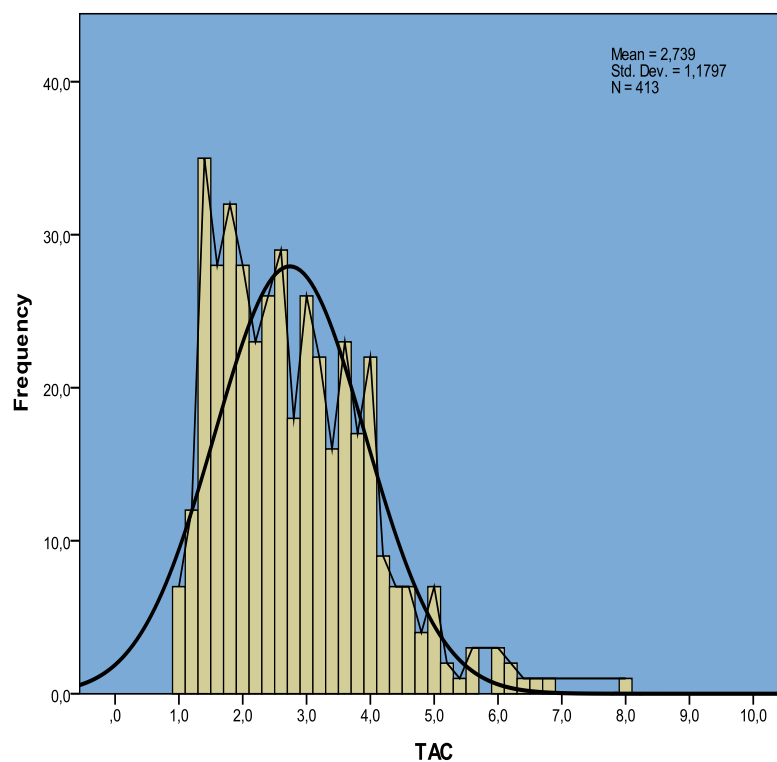
## 3.2 Δείγμα<sub>130M</sub>

### 3.2.1 Στοιχεία Εξαρτημένης Μεταβλητής $Y_{TAC}$ Δείγματος<sub>130M</sub>

Ο αριθμός των αναλωθέντων TAC ανά έξοδο ως μεταβλητή ( $Y_{TAC}$ ) είναι συνεχής και θεωρητικά ορισμένη στο διάστημα  $[1, \infty)$ . Στα ακόλουθα σχήματα καταγράφονται βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα της (Σχήμα 3.1) και απεικονίζεται γραφικά η κατανομή των συχνοτήτων εμφάνισης των δειγματικών τιμών της (Σχήμα 3.2).

Descriptive Statistics							
	N	Range	Min	Max	Mean	Std. Deviation	Variance
<b>Y<sub>TAC</sub></b>	413	7,0	1,0	8,0	2,739	1,1797	1,392
Valid N (listwise)	413						

Σχήμα 3.1 Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Αριθμού Αναλωθέντων TAC Δείγματος<sub>130M</sub>



Σχήμα 3.2 Ιστόγραμμα Συχνοτήτων Αριθμού Αναλωθέντων TAC ανά έξοδο Δείγματος<sub>130M</sub>

Εφαρμόζοντας τον έλεγχο κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα (Σχήμα 3.3):

		$Y_{TAC}$
N		413
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	2,739
	Std. Deviation	1,1797
Most Extreme Differences	Absolute	,089
	Positive	,089
	Negative	-,070
Kolmogorov-Smirnov Z		1,799
Asymp. Sig. (2-tailed)		<b>,003</b>

a. Test distribution is Normal. b. Calculated from data.

**Σχήμα 3.3** Έλεγχος Κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov Αριθμού Αναλωθέντων TAC ανά έξοδο Δείγματος<sub>130M</sub>

από τα οποία συμπεραίνεται ότι υφίστανται ισχυρές ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ( $p=0,03 < 0,05$ )., οπότε θεωρούμε ότι η κατανομή του πληθυσμού από τον οποίο προέρχεται το δείγμα δεν είναι κανονική. Προβαίνοντας σε μετατροπή της εξαρτημένης μεταβλητής σε μια νέα μεταβλητή  $TAC_{NORM} = f(Y_{TAC}) = \ln(TAC)$  και εφαρμόζοντας εκ νέου τον έλεγχο Kolmogorov-Smirnov στη νέα πλέον μεταβλητή  $TAC_{NORM}$  προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα (Σχήμα 3.4):

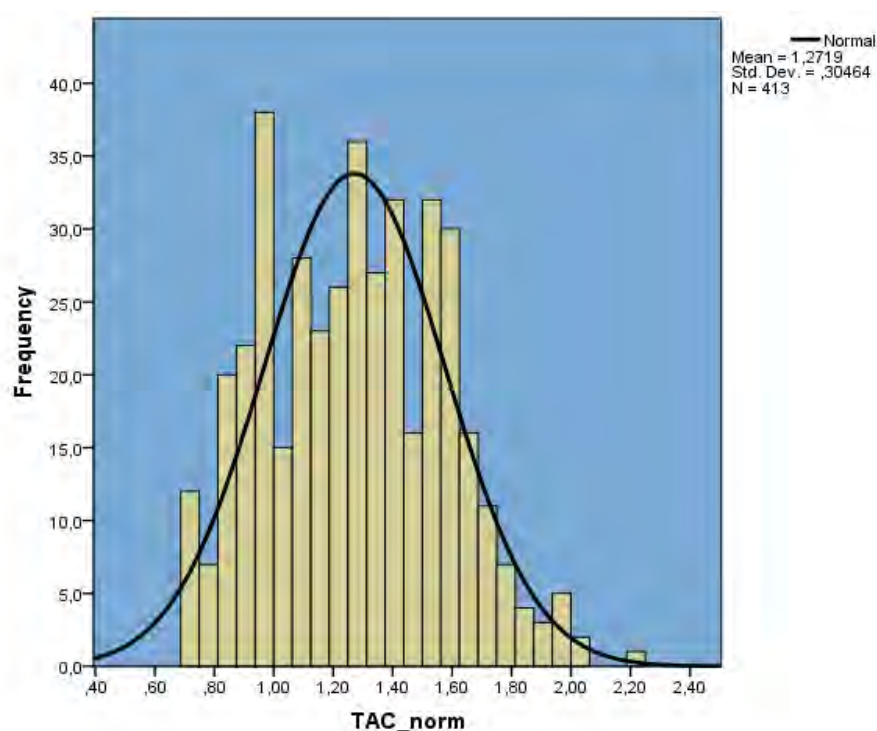
		$TAC_{NORM}$
N		413
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	1,2719
	Std. Deviation	,30464
Most Extreme Differences	Absolute	,063
	Positive	,063
	Negative	-,047
Kolmogorov-Smirnov Z		1,276
Asymp. Sig. (2-tailed)		<b>,077</b>

**Σχήμα 3.4** Έλεγχος Κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov Μεταβλητής  $TAC_{NORM}$  Δείγματος<sub>130M</sub>

από τα οποία συμπεραίνεται ότι δεν υφίστανται ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης, οπότε θεωρούμε ότι οι τιμές της μεταβλητής TAC\_norm προέρχονται από πληθυσμό που ακολουθεί την κανονική κατανομή ( $p > 0,05$ ). Στα ακόλουθα σχήματα καταγράφονται βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα της (Σχήμα 3.5) και απεικονίζεται γραφικά η κατανομή των συχνοτήτων εμφάνισης των διάφορων τιμών της (Σχήμα 3.6).

Descriptive Statistics							
	N	Range	Min	Max	Mean	Std. Deviation	Variance
TAC_norm	413	1,50	,69	2,20	1,2719	,30464	,093
Valid N (listwise)	413						

Σχήμα 3.5 Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Μεταβλητής TAC\_norm Δείγματος 130M



Σχήμα 3.6 Ιστόγραμμα Συχνοτήτων Μεταβλητής TAC\_norm Δείγματος 130M

## 3.2.2 Στοιχεία Παραγόντων Δείγματος<sup>130M</sup>

### 3.2.2.1 Στοιχεία Παράγοντα «Χρονική διάρκεια της Πτήσης»

Στο σχήμα που ακολουθεί (Σχήμα 3.7) καταγράφονται βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα του παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης»

Descriptive Statistics							
Χρονική Διάρκεια της Πτήσης	N	Range	Min	Max	Mean	Std. Deviation	Variance
	413	1,8	,4	2,2	1,310	,2281	,052
Valid N (listwise)	413						

**Σχήμα 3.7** Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων «Χρονικής Διάρκειας της Πτήσης» Δείγματος<sup>130M</sup>

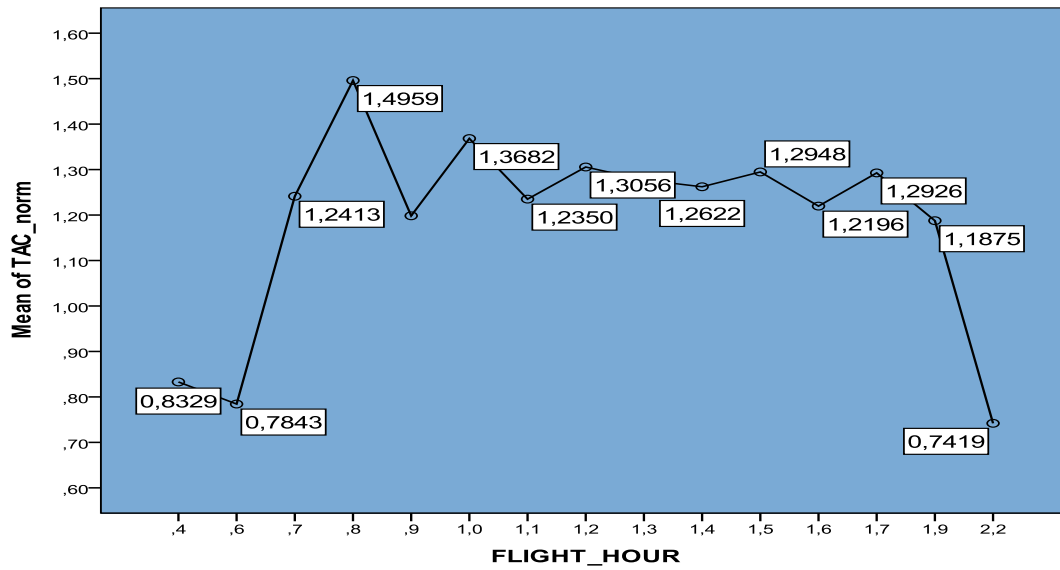
Κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί ότι με το πρόγραμμα SPSS υφίσταται δυνατότητα υπολογισμού διαστημάτων εμπιστοσύνης της μέσης τιμής μιας εξαρτημένης μεταβλητής σε σχέση με ποσοτικούς παράγοντες καθώς επίσης και η δυνατότητα εξέτασης τυχόν επίδρασης των επί των τιμών της με τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης. Στις περιπτώσεις αυτές ομαδοποιούνται αυτόματα οι ίσες παρατηρηθείσες τιμές του εκάστοτε ποσοτικού παράγοντα, σε καθεμιά από αυτές αντιστοιχίζεται ένα επίπεδο και εν συνεχεία εκτελούνται υπολογισμοί με τρόπο όμοιο με την περίπτωση ποιοτικών παραγόντων. Σε περίπτωση που ο χρήστης το επιθυμεί, είτε για απλοποίηση των υπολογισμών είτε για ευκολότερη κατανόηση των αποτελεσμάτων έχει τη δυνατότητα να ομαδοποιήσει με διαφορετικό κριτήριο τις παρατηρηθείσες τιμές και να περιορίσει τον αριθμό των επιπέδων. Στην περίπτωση για παράδειγμα του παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» με βάση τις παρατηρηθείσες τιμές «ορίζονται» από το SPSS δεκαπέντε επίπεδα. (Εναλλακτικά θα μπορούσαμε για παράδειγμα να ορίσουμε τρία επίπεδα με βάση το ακόλουθο κριτήριο: Επίπεδο 1:  $0h < \text{Χρονική Διάρκεια της Πτήσης} \leq 1h$ , Επίπεδο 2:

1h< Χρονική Διάρκεια της Πτήσης ≤2h, Επίπεδο 3: 2h< Χρονική Διάρκεια της Πτήσης).

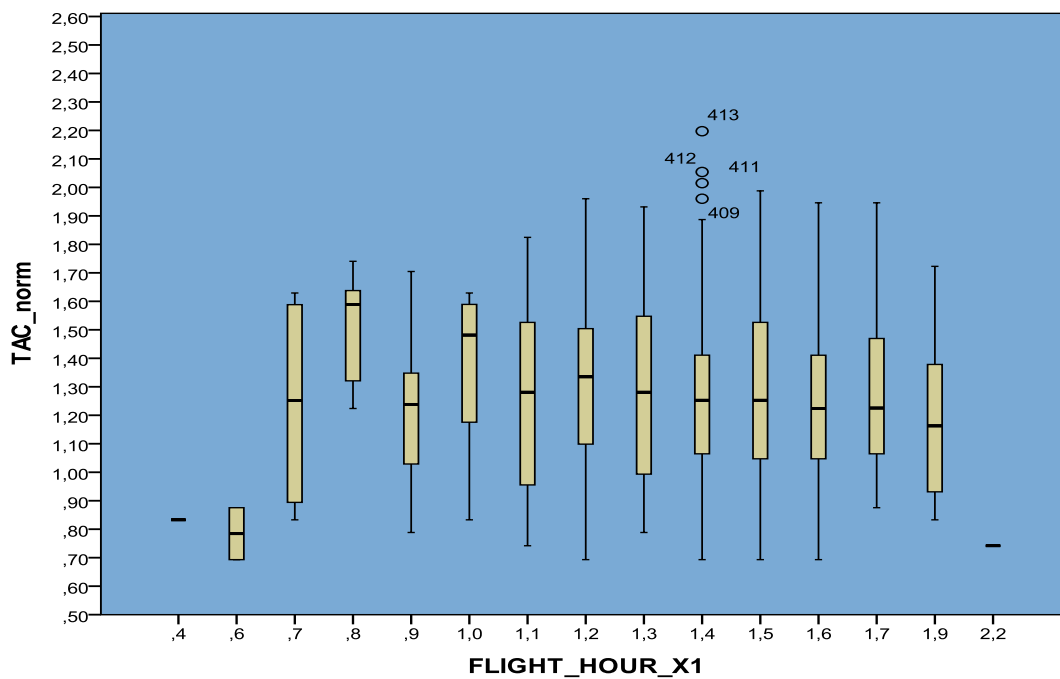
Χρησιμοποιώντας λοιπόν τη δυνατότητα που παρέχεται από το SPSS, προβαίνουμε σε υπολογισμό των διαστημάτων εμπιστοσύνης της μέσης τιμής της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM ανά «επίπεδο» του παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» (Σχήμα 3.8) και κατασκευάζουμε τη γραφική παράσταση της μέσης τιμής της σε σχέση με τη «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» (Σχήμα 3.9) καθώς και το θηκόγραμμα των τιμών της (Σχήμα 3.10).

Χρονική Διάρκεια Πτήσης	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for TAC_NORM Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
,4	2	,8329	,00000	,00000	,8329	,8329	,83	,83
,6	2	,7843	,12892	,09116	-,3740	1,9426	,69	,88
,7	4	1,2413	,40528	,20264	,5964	1,8862	,83	1,63
,8	7	1,4959	,20494	,07746	1,3063	1,6854	1,22	1,74
,9	12	1,1983	,25640	,07402	1,0354	1,3612	,79	1,70
1,0	16	1,3682	,25805	,06451	1,2307	1,5057	,83	1,63
1,1	41	1,2350	,33355	,05209	1,1297	1,3403	,74	1,82
1,2	57	1,3056	,27932	,03700	1,2315	1,3797	,69	1,96
1,3	81	1,2773	,30719	,03413	1,2094	1,3452	,79	1,93
1,4	87	1,2622	,29666	,03180	1,1989	1,3254	,69	2,20
1,5	71	1,2948	,31045	,03684	1,2213	1,3682	,69	1,99
1,6	16	1,2196	,32505	,08126	1,0464	1,3928	,69	1,95
1,7	8	1,2926	,34443	,12177	1,0047	1,5806	,88	1,95
1,9	8	1,1875	,30951	,10943	,9288	1,4463	,83	1,72
2,2	1	,7419	.	.	.	.	,74	,74
Total	413	1,2719	,30464	,01499	1,2424	1,3014	,69	2,20

Σχήμα 3.8 Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής TAC\_NORM σε σχέση με τη «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος 130M



Σχήμα 3.9 Γραφική Παράσταση της Μέσης Δειγματικής Τιμής TAC\_NORM σε σχέση με τη «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος<sub>130M</sub>



Σχήμα 3.10 Θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM ανά Επίπεδο «Χρονικής Διάρκειας της Πτήσης» Δείγματος<sub>130M</sub>

Προκειμένου να διαπιστωθεί τυχόν επίδραση του παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» επί της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM θα εφαρμόσουμε τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα, αφού πρώτα εξεταστεί η ισότητα των διακυμάνσεων της TAC\_NORM στα επιμέρους «επίπεδα» του



παράγοντα. Επισημαίνεται, ότι οι άλλες δύο προϋποθέσεις για την εφαρμογή της μεθόδου είτε ισχύουν a-priori (τυχαιότητα δείγματος), είτε έχουν εξασφαλιστεί (κανονικότητα εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM.) για το σύνολο των υπό εξέταση παραγόντων.

Με βάση το κριτήριο του Levene (Σχήμα 3.11) δεν προκύπτουν ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης περί της ισότητας των διακυμάνσεων ( $p=0,128>0,05$ ).

Test of Homogeneity of Variances			
TAC_norm			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,463 <sup>a</sup>	13	398	,128
a. Groups with only one case are ignored in computing the test of homogeneity of variance for TAC_norm.			

**Σχήμα 3.11** Έλεγχος Ισότητας LEVENE Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC\_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος<sub>130M</sub>

Εφαρμόζοντας τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM ως προς τον παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα (Σχήμα 3.12):

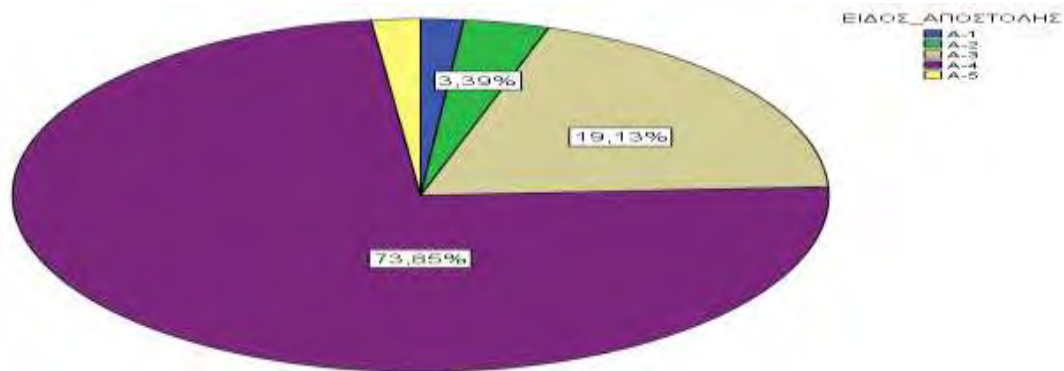
ANOVA					
TAC_NORM					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1,983	14	,142	1,555	,089
Within Groups	36,253	398	,091		
Total	38,236	412			

**Σχήμα 3.12** Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC\_NORM ως προς τη «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος<sub>130M</sub>

από τα οποία συμπεραίνεται ότι δεν υφίστανται ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ( $p=0,089>0,05$ ) και ως εκ τούτου με βάση τις παρατηρήσεις του Δείγματος<sub>130M</sub> δεν διαφαίνεται επίδραση του παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» στις τιμές της μεταβλητής TAC\_NORM.

### 3.2.2.2 Στοιχεία Παράγοντα «Είδος Αποστολής»

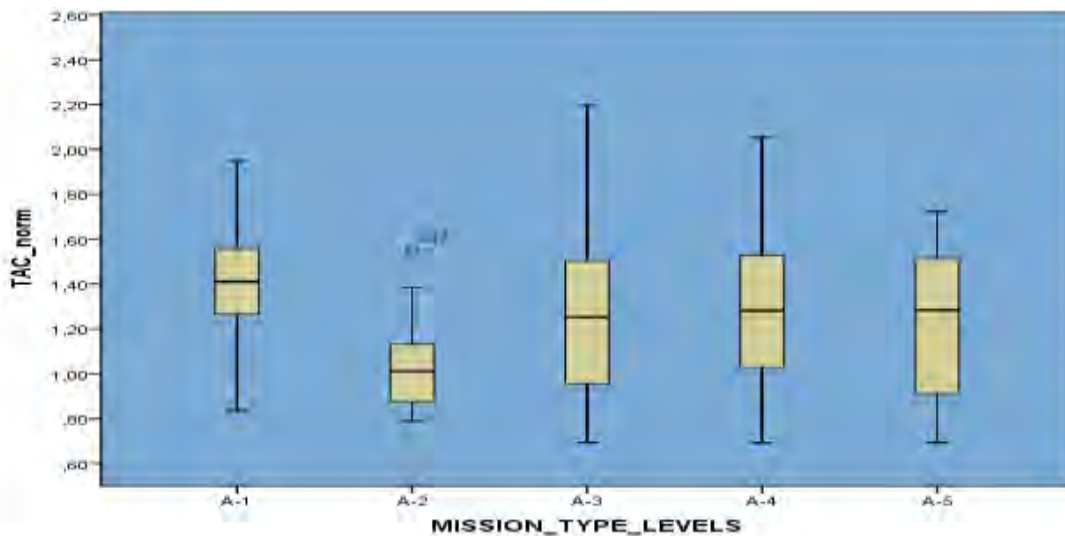
Στα σχήματα που ακολουθούν απεικονίζονται γραφικά τα ποσοστά των επιμέρους επιπέδων του παράγοντα «Είδος Αποστολής» στο Δείγμα<sub>130M</sub> (Σχήμα 3.13), καταγράφονται βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM στα επιμέρους πέντε επίπεδα του παράγοντα καθώς και τα διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης της τιμής ανά επίπεδο παράγοντα (Σχήμα 3.14) και παρουσιάζεται το αντίστοιχο θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM (Σχήμα 3.15).



Σχήμα 3.13 Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων Είδους Αποστολής επί του Δείγματος<sub>130M</sub>

Είδος Αποστολής	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
A-1	7	1,4053	,34416	,13008	1,0870	1,7236	,83	1,95
A-2	14	1,0433	,21945	,05865	,9166	1,1700	,79	1,55
A-3	79	1,2698	,32386	,03644	1,1973	1,3423	,69	2,20
A-4	305	1,2810	,29724	,01702	1,2475	1,3145	,69	2,05
A-5	8	1,2295	,37100	,13117	,9193	1,5396	,69	1,72
Total	413	1,2719	,30464	,01499	1,2424	1,3014	,69	2,20

Σχήμα 3.14 Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Είδους Αποστολής και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM Δείγματος<sub>130M</sub>



**Σχήμα 3.15** Θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM ανά Επίπεδο του Παράγοντα «Είδος Αποστολής» Δείγματος<sub>130M</sub>

Προκειμένου να διαπιστωθεί τυχόν επίδραση του παράγοντα «Είδος Αποστολής» επί της εξαρτημένης μεταβλητής θα εφαρμόσουμε τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης ως προς τον παράγοντα «Είδος Αποστολής» (One Way ANOVA), αφού πρώτα εξεταστεί η ισότητα των διακυμάνσεων της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM στους δειγματικούς πληθυσμούς των πέντε (5) επιπέδων του παράγοντα «Είδος Αποστολής».

Με βάση το κριτήριο του Levene (Σχήμα 3.16) δεν προκύπτουν ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης περί της ισότητας των διακυμάνσεων ( $p=0,243>0,05$ ).

Test of Homogeneity of Variances			
TAC_NORM			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,371	4	408	,243

**Σχήμα 3.16** Έλεγχος Ισότητας LEVENE Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC\_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Είδος Αποστολής» Δείγματος<sub>130M</sub>

Οπότε, μετά την εφαρμογή της μεθόδου της ανάλυσης διακύμανσης (Σχήμα 3.17) ως προς τον παράγοντα «Είδος Αποστολής» (One Way ANOVA) συμπεραίνεται ότι υφίστανται (οριακά) ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ( $p=0,046<0,05$ ), και ως εκ τούτου με βάση τις παρατηρήσεις διαφαίνεται επίδραση του παράγοντα στην εξαρτημένη μεταβλητή.

ANOVA					
TACnorm					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,896	4	,224	2,447	<b>,046</b>
Within Groups	37,340	408	,092		
Total	38,236	412			

**Σχήμα 3.17** Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC\_NORM ως προς το Είδος Αποστολής Δείγματος<sub>130M</sub>

Δεδομένου ότι αποδεχόμαστε την επίδραση του παράγοντα, το ενδιαφέρον πλέον εστιάζεται στον εντοπισμό των επιπέδων του στα οποία διαφέρουν οι μέσες τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής. Ο αριθμός των απαιτούμενων συγκρίσεων είναι  $10 [= 5(5-1) / 2]$ , οπότε δύναται η χρήση του κριτηρίου του Bonferroni (Σχήμα 3.18) με βάση το οποίο προκύπτει διαφορά των μέσων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM στα επίπεδα A2 και A4 του παράγοντα «Είδος Αποστολής» του Δείγματος<sub>130M</sub>.

(I) MISSION_TYPE_LEVELS	(J) MISSION_TYPE_LEVELS	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
A-1	A-2	,36199	,14004	<b>,101</b>	-,0333	,7572
	A-3	,13551	,11930	<b>1,000</b>	-,2012	,4722
	A-4	,12434	,11565	<b>1,000</b>	-,2021	,4507
	A-5	,17584	,15657	<b>1,000</b>	-,2661	,6177
<u>A-2</u>	A-1	-,36199	,14004	<b>,101</b>	-,7572	,0333
	A-3	-,22647	,08772	<b>,102</b>	-,4741	,0211
	<u>A-4</u>	-,23765*	,08269	<b>,043</b>	-,4710	-,0043
	A-5	-,18615	,13408	<b>1,000</b>	-,5646	,1923
A-3	A-1	-,13551	,11930	<b>1,000</b>	-,4722	,2012
	A-2	,22647	,08772	<b>,102</b>	-,0211	,4741
	A-4	-,01118	,03819	<b>1,000</b>	-,1190	,0966
	A-5	,04033	,11224	<b>1,000</b>	-,2765	,3571
<u>A-4</u>	A-1	-,12434	,11565	<b>1,000</b>	-,4507	,2021
	<u>A-2</u>	,23765*	,08269	<b>,043</b>	,0043	,4710
	A-3	,01118	,03819	<b>1,000</b>	-,0966	,1190
	A-5	,05151	,10835	<b>1,000</b>	-,2543	,3573
A-5	A-1	-,17584	,15657	<b>1,000</b>	-,6177	,2661
	A-2	,18615	,13408	<b>1,000</b>	-,1923	,5646
	A-3	-,04033	,11224	<b>1,000</b>	-,3571	,2765
	A-4	-,05151	,10835	<b>1,000</b>	-,3573	,2543

**Σχήμα 3.18** Εφαρμογή Κριτηρίου Bonferroni επί των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM ως προς τον Παράγοντα «Είδος Αποστολής» Δείγματος<sub>130M</sub>

### 3.2.2.3 Στοιχεία Παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής»

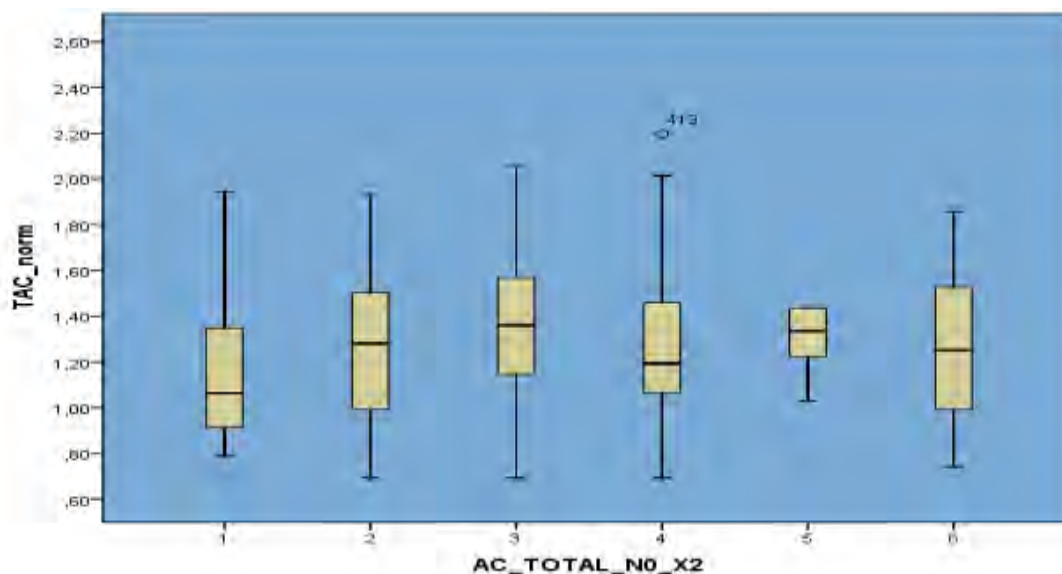
Στα σχήματα που ακολουθούν απεικονίζονται γραφικά τα ποσοστά των επιμέρους επιπέδων του παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» στο Δείγμα<sub>130M</sub> (Σχήμα 3.19), καταγράφονται βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM στα επιμέρους έξι επίπεδα του παράγοντα καθώς και τα διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης της τιμής ανά επίπεδο παράγοντα (Σχήμα 3.20) και παρουσιάζεται το αντίστοιχο θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM (Σχήμα 3.21).



**Σχήμα 3.19** Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων Αριθμού Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής Δείγματος<sub>130M</sub>

Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
1	20	1,1565	,32267	,07215	1,0055	1,3075	,79	1,95
2	151	1,2590	,30605	,02491	1,2098	1,3082	,69	1,93
3	92	1,3464	,29438	,03069	1,2854	1,4074	,69	2,05
4	103	1,2521	,30710	,03026	1,1921	1,3121	,69	2,20
5	5	1,2917	,17051	,07625	1,0800	1,5034	1,03	1,44
6	42	1,2562	,30164	,04654	1,1622	1,3502	,74	1,86
Total	413	1,2719	,30464	,01499	1,2424	1,3014	,69	2,20

**Σχήμα 3.20** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων «Αριθμού Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM ανά επίπεδο παράγοντα Δείγματος<sub>130M</sub>



**Σχήμα 3.21** Θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM ανά Επίπεδο του Παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» Δείγματος<sub>130M</sub>

Προκειμένου να διαπιστωθεί τυχόν επίδραση του παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» επί της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM θα εφαρμόσουμε τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης ως προς τον παράγοντα, αφού πρώτα εξεταστεί η ισότητα των διακυμάνσεων της εξαρτημένης μεταβλητής στους δειγματικούς πληθυσμούς των έξι (5) επιπέδων του παράγοντα.

Με βάση το κριτήριο του Levene (Σχήμα 3.22) δεν προκύπτουν ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης περί της ισότητας των διακυμάνσεων ( $p=0,532>0,05$ ).

Test of Homogeneity of Variances			
TAC_norm			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,826	5	407	,532

**Σχήμα 3.22** Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC\_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» Δείγματος<sub>130M</sub>

Οπότε, μετά την εφαρμογή της μεθόδου της ανάλυσης διακύμανσης (Σχήμα 3.23) ως προς τον παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής», συμπεραίνεται ότι δεν υφίστανται ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ( $p=0,100>0,05$ ), και ως εκ τούτου με βάση τις παρατηρήσεις του Δείγματος<sub>130M</sub> δεν διαφαίνεται επίδραση του παράγοντα στην εξαρτημένη μεταβλητή.

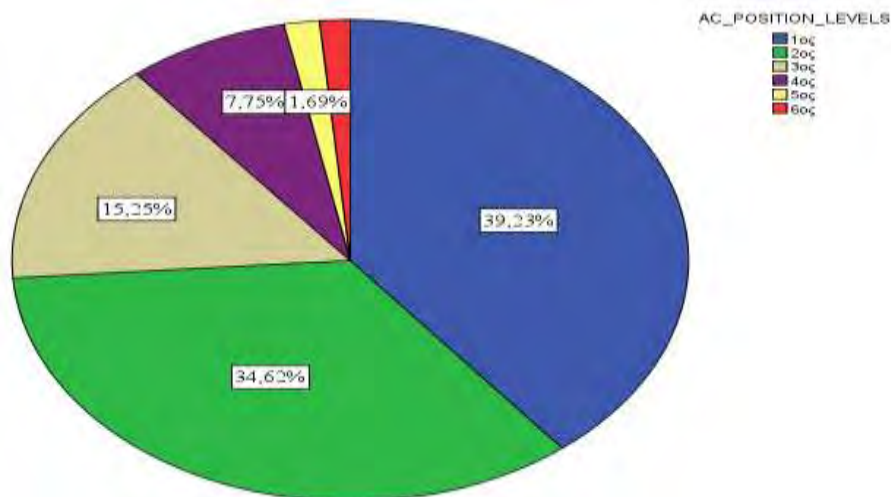
ANOVA					
TAC_norm					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,855	5	,171	1,862	<b>,100</b>
Within Groups	37,381	407	,092		
Total	38,236	412			

**Σχήμα 3.23** Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC\_NORM ως προς τον «Αριθμό Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» Δείγματος<sub>130M</sub>

### **3.2.2.4 Στοιχεία Παράγοντα «Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής»**

Στα σχήματα που ακολουθούν απεικονίζονται γραφικά τα ποσοστά των επιμέρους επιπέδων του παράγοντα «Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» στο Δείγμα<sub>130M</sub> (Σχήμα 3.24), καταγράφονται βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM στα επιμέρους έξι επίπεδα του παράγοντα καθώς και τα διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης της τιμής ανά επίπεδο παράγοντα (Σχήμα 3.25) και παρουσιάζεται το αντίστοιχο θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM (Σχήμα 3.26).

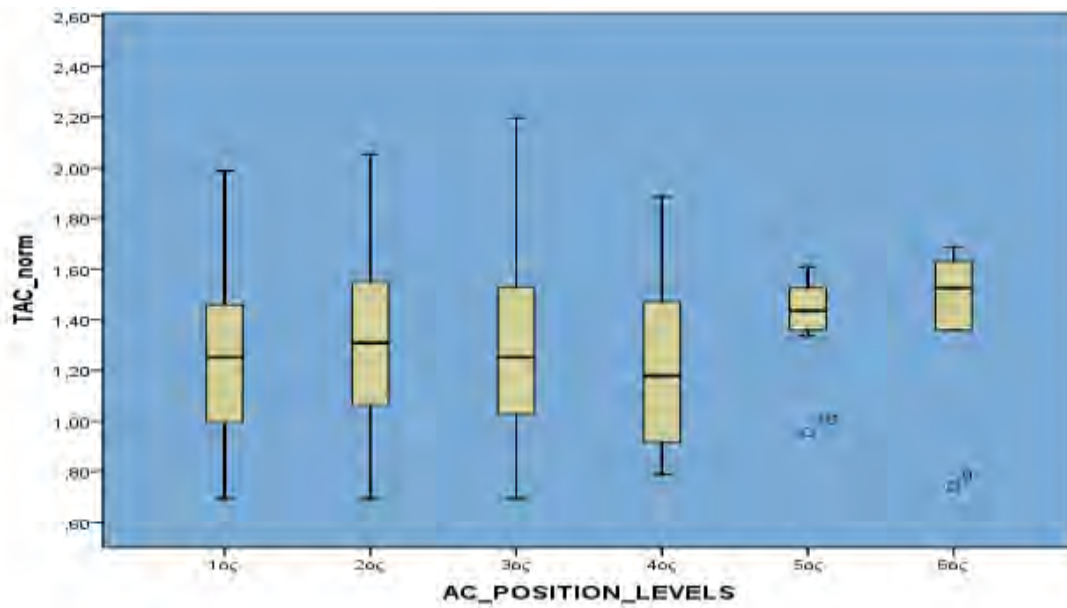




**Σχήμα 3.24** Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων «Θέσης Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» Δείγματος<sub>130M</sub>

Descriptives								
TACnorm								
Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
1ος	162	1,2400	,28504	,02240	1,1958	1,2842	,69	1,99
2ος	143	1,3070	,31386	,02625	1,2551	1,3588	,69	2,05
3ος	63	1,2770	,32493	,04094	1,1951	1,3588	,69	2,20
4ος	32	1,2133	,31411	,05553	1,1001	1,3266	,79	1,89
5ος	7	1,3959	,21682	,08195	1,1954	1,5965	,96	1,61
6ος	6	1,4115	,34740	,14183	1,0469	1,7760	,74	1,69
Total	413	1,2719	,30464	,01499	1,2424	1,3014	,69	2,20

**Σχήμα 3.25** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Θέσης Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM Δείγματος<sub>130M</sub>



**Σχήμα 3.26** Θηκόγραμμα των τιμών της  $TAC\_NORM$  ανά Επίπεδο του Παράγοντα «Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» Δείγματος  $_{130M}$

Προκειμένου να διαπιστωθεί τυχόν επίδραση του παράγοντα «Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» επί της εξαρτημένης μεταβλητής  $TAC\_NORM$  θα εφαρμόσουμε τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης ως προς τον παράγοντα, αφού πρώτα εξεταστεί η ισότητα των διακυμάνσεων της εξαρτημένης μεταβλητής στους δειγματικούς πληθυσμούς των έξι επιπέδων του παράγοντα.

Με βάση το κριτήριο του Levene (Σχήμα 3.27) δεν προκύπτουν ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης περί της ισότητας των διακυμάνσεων ( $p=0,450>0,05$ ).

Test of Homogeneity of Variances			
TAC_norm			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,948	5	407	<b>,450</b>

**Σχήμα 3.27** Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής  $TAC\_NORM$  στα Επίπεδα του Παράγοντα «Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» Δείγματος  $_{130M}$

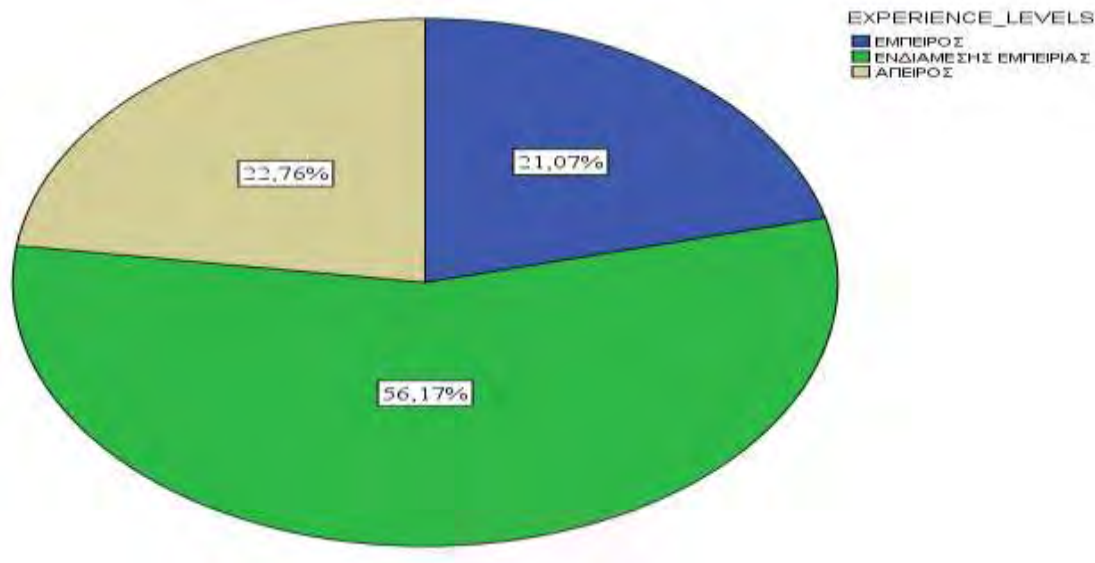
Οπότε, μετά την εφαρμογή της μεθόδου της ανάλυσης διακύμανσης (Σχήμα 3.28) ως προς τον παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής», συμπεραίνεται ότι δεν υφίστανται ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ( $p=0,200>0,05$ ), και ως εκ τούτου με βάση τις παρατηρήσεις του Δείγματος<sub>130M</sub> δεν διαφαίνεται επίδραση του παράγοντα στην εξαρτημένη μεταβλητή.

ANOVA					
TAC_norm					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,676	5	,135	1,466	,200
Within Groups	37,559	407	,092		
Total	38,236	412			

**Σχήμα 3.28** Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC\_NORM ως προς τη «Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» Δείγματος<sub>130M</sub>

### **3.2.2.5 Στοιχεία Παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου»**

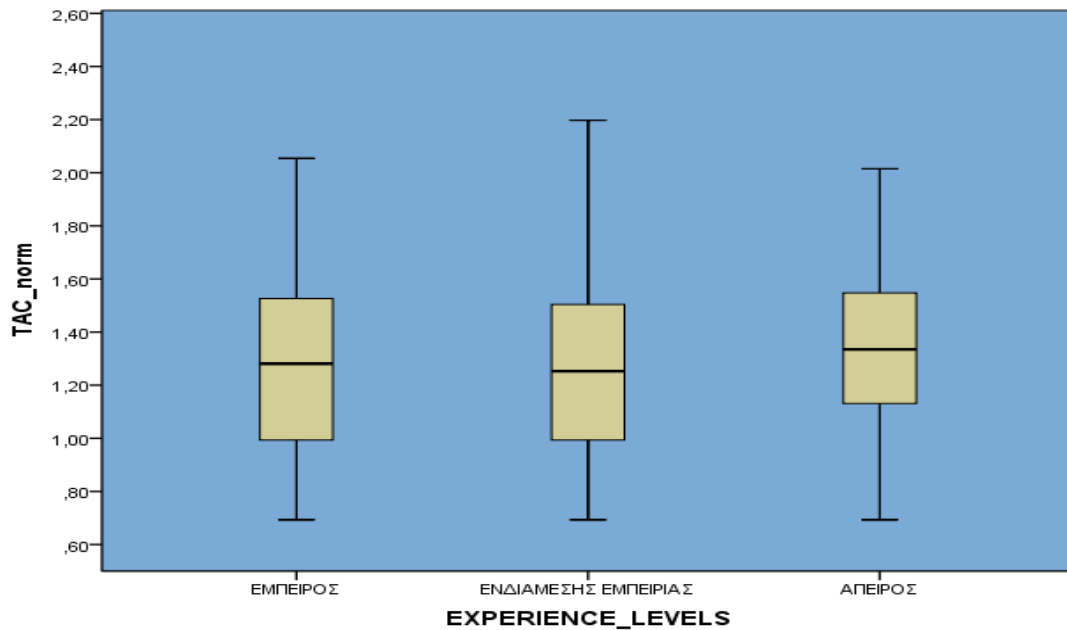
Στα σχήματα που ακολουθούν απεικονίζονται γραφικά τα ποσοστά των επιμέρους επιπέδων του παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου» στο Δείγμα<sub>130M</sub> (Σχήμα 3.29), καταγράφονται βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM στα επιμέρους τρία επίπεδα του παράγοντα καθώς και τα διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης της τιμής ανά επίπεδο παράγοντα (Σχήμα 3.30) και παρουσιάζεται το αντίστοιχο θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM (Σχήμα 3.31).



Σχήμα 3.29 Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων «Εμπειρίας Ιπταμένου» Δείγματος<sub>130M</sub>

Εμπειρία Ιπταμένου	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
ΕΜΠΕΙΡΟΣ	87	1,2754	,33454	,03587	1,2041	1,3467	,69	2,05
ΕΝΔΙΑΜΕΣΗΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑΣ	232	1,2486	,29042	,01907	1,2110	1,2861	,69	2,20
ΑΠΕΙΡΟΣ	94	1,3262	,30626	,03159	1,2635	1,3889	,69	2,01
Total	413	1,2719	,30464	,01499	1,2424	1,3014	,69	2,20

Σχήμα 3.30 Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων «Εμπειρία Ιπταμένου» και  
αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM Δείγματος<sub>130M</sub>



**Σχήμα 3.31** Θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM ανά Επίπεδο Παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου» Δείγματος<sub>130M</sub>

Προκειμένου να διαπιστωθεί τυχόν επίδραση του παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου» επί της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM θα εφαρμόσουμε τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης ως προς τον παράγοντα, αφού πρώτα εξεταστεί η ισότητα των διακυμάνσεων της εξαρτημένης μεταβλητής στους δειγματικούς πληθυσμούς των τριών επιπέδων του παράγοντα.

Με βάση το κριτήριο του Levene (Σχήμα 3.32) δεν προκύπτουν ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης περί της ισότητας των διακυμάνσεων ( $p=0,123>0,05$ ).

Test of Homogeneity of Variances			
TAC_norm			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2,106	2	410	<b>,123</b>

**Σχήμα 3.32** Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC\_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου» Δείγματος<sub>130M</sub>

Οπότε, μετά την εφαρμογή της μεθόδου της ανάλυσης διακύμανσης (Σχήμα 3.33) ως προς τον παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου», συμπεραίνεται ότι δεν

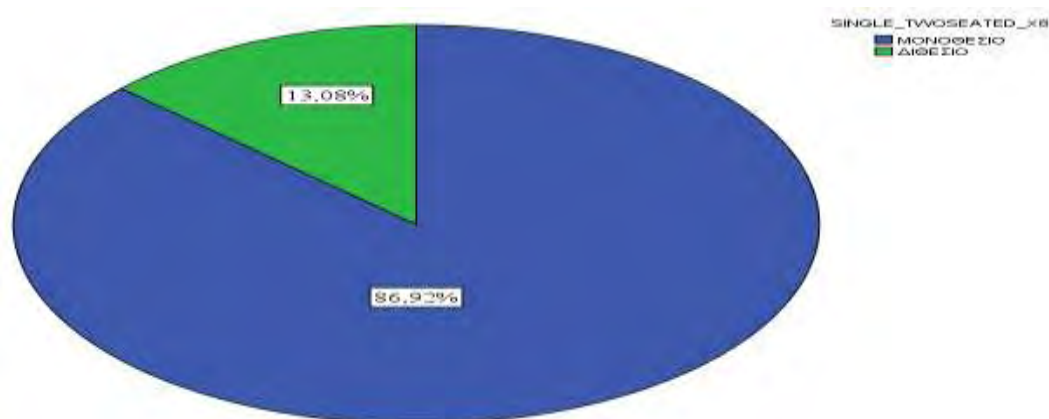
υφίστανται ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ( $p=0,113>0,05$ ), και ως εκ τούτου με βάση τις παρατηρήσεις του Δείγματος<sub>130M</sub> δεν διαφαίνεται επίδραση του παράγοντα στην εξαρτημένη μεταβλητή.

ANOVA					
TACnorm					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,404	2	,202	2,191	,113
Within Groups	37,831	410	,092		
Total	38,236	412			

Σχήμα 3.33 Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC\_NORM ως προς την «Εμπειρία Ιπτάμενου» Δείγματος<sub>130M</sub>

### 3.2.2.6 Στοιχεία Παράγοντα «Είδος Α/Φ»

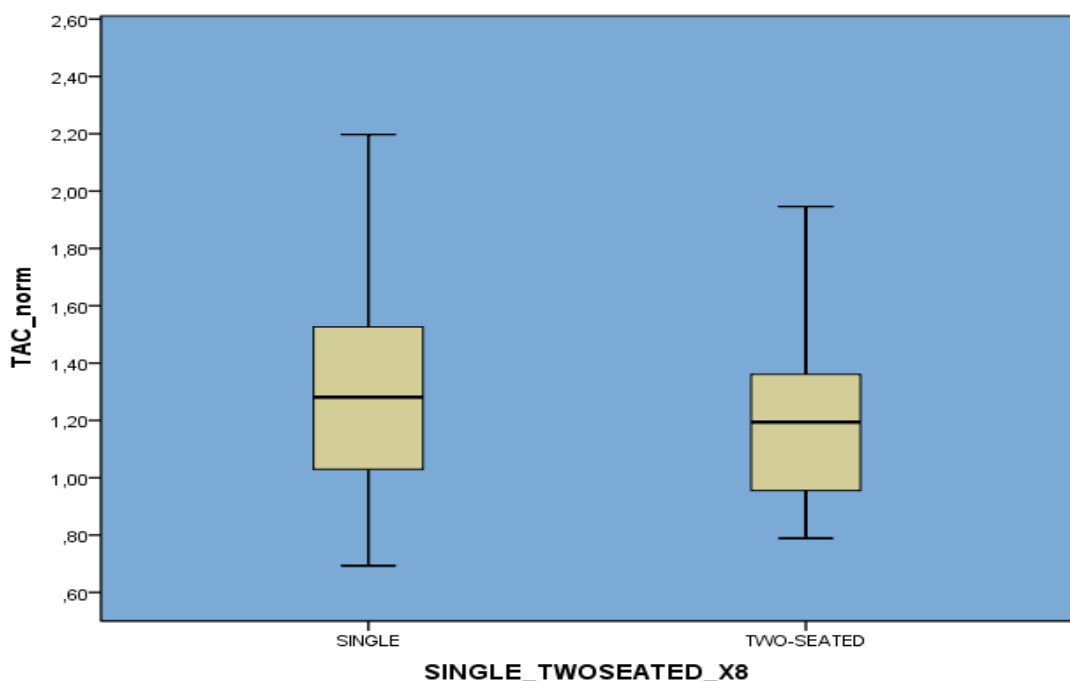
Στα σχήματα που ακολουθούν απεικονίζονται γραφικά τα ποσοστά των επιμέρους επιπέδων του παράγοντα «Είδος Α/Φ» (Μονοθέσιο ή Διθέσιο) στο Δείγμα<sub>130M</sub> (Σχήμα 3.34), καταγράφονται βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM στα επιμέρους δύο επίπεδα του παράγοντα καθώς και τα διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης τιμής της ανά επίπεδο παράγοντα (Σχήμα 3.35) και παρουσιάζεται το αντίστοιχο θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM (Σχήμα 3.36).



Σχήμα 3.34 Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων του Παράγοντα «Είδος Α/Φ» Δείγματος<sub>130M</sub>

Descriptives								
TACnorm								
Είδος Α/Φ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
SINGLE	359	1,2831	,30727	,01622	1,2512	1,3150	,69	2,20
TWO-SEATED	54	1,1971	,27775	,03780	1,1213	1,2730	,79	1,95
Total	413	1,2719	,30464	,01499	1,2424	1,3014	,69	2,20

**Σχήμα 3.35** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επίπεδων «Είδος Α/Φ» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δεγματοτικής Τιμής της TAC\_NORM Δείγματος<sub>130M</sub>



**Σχήμα 3.36** Θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM ανά Επίπεδο Παράγοντα «Είδος Α/Φ» Δείγματος<sub>130M</sub>

Προκειμένου να διαπιστωθεί τυχόν επίδραση του παράγοντα «Είδος Α/Φ» επί της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM θα εφαρμόσουμε τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης ως προς τον παράγοντα, αφού πρώτα εξεταστεί η ισότητα των

διακυμάνσεων της εξαρτημένης μεταβλητής στους δύο δειγματικούς πληθυσμούς που ορίζονται από τα επίπεδα του παράγοντα.

Με βάση το κριτήριο του Levene (Σχήμα 3.37) δεν προκύπτουν ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης περί της ισότητας των διακυμάνσεων ( $p=0,360>0,05$ ).

Test of Homogeneity of Variances			
TACnorm			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,841	1	356	<b>,360</b>

**Σχήμα 3.37** Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC\_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Θέση Α/Φ» Δείγματος<sub>130M</sub>

Οπότε, μετά την εφαρμογή της μεθόδου της ανάλυσης διακύμανσης (Σχήμα 3.38) ως προς τον παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου», συμπεραίνεται ότι έστω οριακά δεν υφίστανται ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ( $p=0,053>0,05$ ), και ως εκ τούτου με βάση τις παρατηρήσεις του Δείγματος<sub>130M</sub> δεν διαφαίνεται επίδραση του παράγοντα στην εξαρτημένη μεταβλητή.

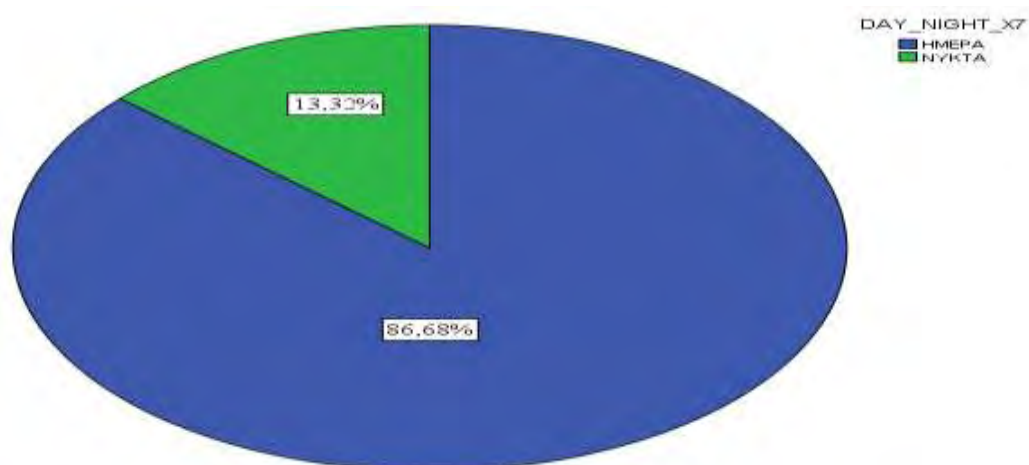
ANOVA					
TACnorm					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,347	1	,347	3,766	<b>,053</b>
Within Groups	37,889	411	,092		
Total	38,236	412			

**Σχήμα 3.38** Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC\_NORM ως προς το «Είδος Α/Φ» Δείγματος<sub>130M</sub>



### 3.2.2.7 Στοιχεία Παράγοντα «Συνθήκες φωτός εκτέλεσης της αποστολής»

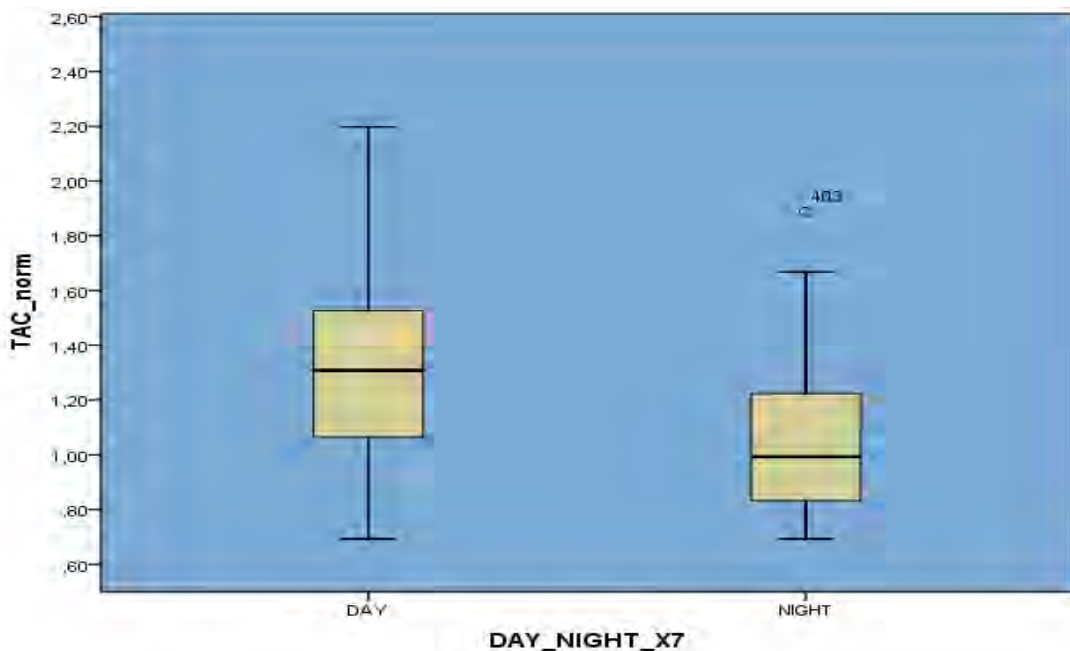
Στα σχήματα που ακολουθούν απεικονίζονται γραφικά τα ποσοστά των επιμέρους επιπέδων του παράγοντα «Συνθήκες φωτός εκτέλεσης της αποστολής» (Ημέρα-Νύκτα) στο Δείγμα<sub>130M</sub> (Σχήμα 3.39), καταγράφονται βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα της εξαρτημένης μεταβλητής TAC<sub>NORM</sub> στα επιμέρους δύο επίπεδα του παράγοντα καθώς και τα διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης τιμής της ανά επίπεδο παράγοντα (Σχήμα 3.40) και παρουσιάζεται το αντίστοιχο θηκόγραμμα των τιμών της TAC<sub>NORM</sub> (Σχήμα 3.41).



**Σχήμα 3.39** Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων του Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της αποστολής» Δείγματος<sub>130M</sub>

Descriptives								
TACnorm								
Συνθήκες φωτός εκτέλεσης της αποστολής	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
HMEPA	358	1,3033	,29816	,01576	1,2723	1,3343	,69	2,20
NYKTA	55	1,0676	,26706	,03601	,9954	1,1398	,69	1,89

**Σχήμα 3.40** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα, Επιπέδων του Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC<sub>NORM</sub> Δείγματος<sub>130M</sub>



**Σχήμα 3.41** Θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM ανά Επίπεδο Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της Αποστολής» Δείγματος<sub>130M</sub>

Προκειμένου να διαπιστωθεί τυχόν επίδραση του παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της Αποστολής» επί της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM θα εφαρμόσουμε τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης ως προς τον παράγοντα, αφού πρώτα εξεταστεί η ισότητα των διακυμάνσεων της εξαρτημένης μεταβλητής στους δύο δειγματικούς πληθυσμούς που ορίζονται από τα επίπεδα του παράγοντα.

Με βάση το κριτήριο του Levene (Σχήμα 3.42) δεν προκύπτουν ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης περί της ισότητας των διακυμάνσεων ( $p=0,198>0,05$ ).

Test of Homogeneity of Variances			
TAC_norm			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,659	1	411	,198

**Σχήμα 3.42** Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC\_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της Αποστολής» Δείγματος<sub>130M</sub>

Οπότε, μετά την εφαρμογή της μεθόδου της ανάλυσης διακύμανσης (Σχήμα 3.43) ως προς τον παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της Αποστολής» συμπεραίνεται ότι υφίστανται ισχυρές ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ( $p=0,000<0,05$ ), και ως εκ τούτου με βάση τις παρατηρήσεις του Δείγματος<sub>130M</sub> διαφαίνεται επίδραση του παράγοντα στην εξαρτημένη μεταβλητή.

ANOVA					
TACnorm					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2,647	1	2,647	30,572	<b>,000</b>
Within Groups	35,589	411	,087		
Total	38,236	412			

**Σχήμα 3.43** Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC\_NORM ως προς τον Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της Αποστολής» Δείγματος<sub>130M</sub>

Δεδομένου ότι αποδεχόμαστε την επίδραση του παράγοντα και του ότι ο παράγοντας έχει μόνο δύο επίπεδα συμπεραίνεται ότι αντίστοιχες μέσες τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής διαφέρουν.

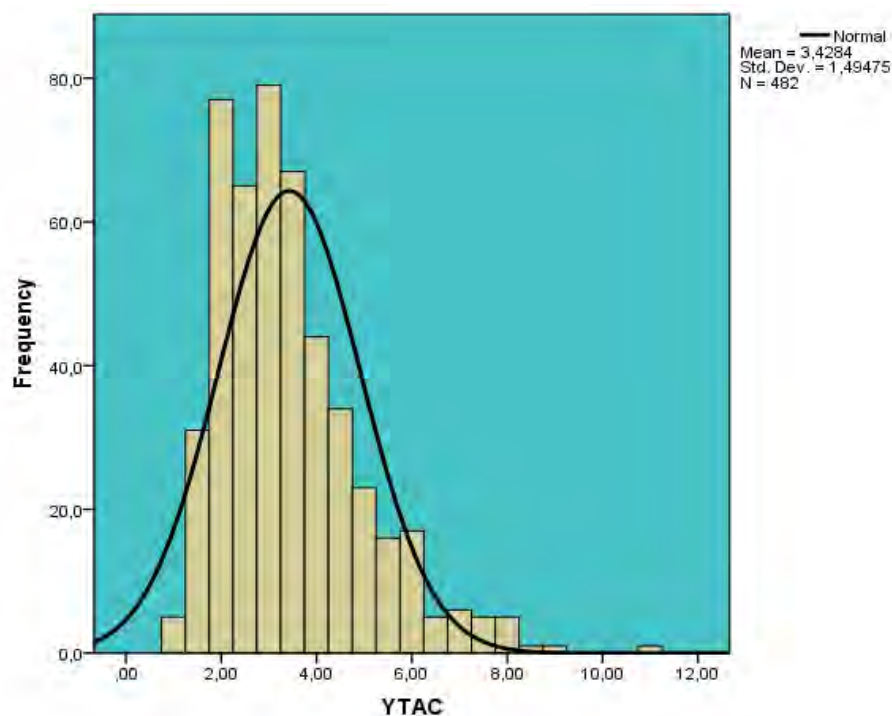
### 3.3 Δείγμα<sub>1501M</sub>

#### 3.3.1 Στοιχεία Εξαρτημένης Μεταβλητής $Y_{TAC}$ Δείγματος<sub>1501M</sub>

Και στην περίπτωση του Δείγματος<sub>1501M</sub> ο αριθμός των αναλωθέντων TAC ανά έξοδο ως μεταβλητή ( $Y_{TAC}$ ) είναι συνεχής και θεωρητικά ορισμένη στο διάστημα  $[1, \infty)$ . Στα ακόλουθα σχήματα καταγράφονται βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα της (Σχήμα 3.44) και απεικονίζεται γραφικά η κατανομή των συχνοτήτων εμφάνισης των δειγματικών τιμών της (Σχήμα 3.45).

Descriptive Statistics							
	N	Range	Min	Max	Mean	Std. Deviation	Variance
YTAC	482	10,00	1,00	11,00	3,4284	1,49475	2,234
Valid N (listwise)	482						

Σχήμα 3.44 Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Αριθμού Αναλωθέντων TAC ανά έξοδο Δείγματος<sub>1501M</sub>



Σχήμα 3.45 Ιστόγραμμα Συχνοτήτων Αριθμού Αναλωθέντων TAC ανά έξοδο Δείγματος<sub>1501M</sub>

Εφαρμόζοντας τον έλεγχο κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα (Σχήμα 3.46):

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
		YTAC
N		482
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	3,4284
	Std. Deviation	1,49475
Most Extreme Differences	Absolute	,104
	Positive	,104
	Negative	-,073
Kolmogorov-Smirnov Z		2,276
Asymp. Sig. (2-tailed)		<b>,000</b>
a. Test distribution is Normal. b. Calculated from data.		

**Σχήμα 3.46** Έλεγχος Κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov Αριθμού Αναλωθέντων TAC ανά έξοδο Δείγματος

1501M

από τα οποία συμπεραίνεται ότι υφίστανται ισχυρές ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ( $p=0,000<0,05$ ), οπότε θεωρούμε ότι η κατανομή του πληθυσμού από τον οποίο προέρχεται το δείγμα δεν είναι κανονική. Προβαίνοντας σε μετατροπή της εξαρτημένης μεταβλητής σε μια νέα μεταβλητή  $TAC\_NORM = f(YTAC) = \ln(TAC)$  και εφαρμόζοντας εκ νέου τον έλεγχο Kolmogorov-Smirnov στη νέα πλέον μεταβλητή  $TAC\_NORM$  προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα (Σχήμα 3.47):

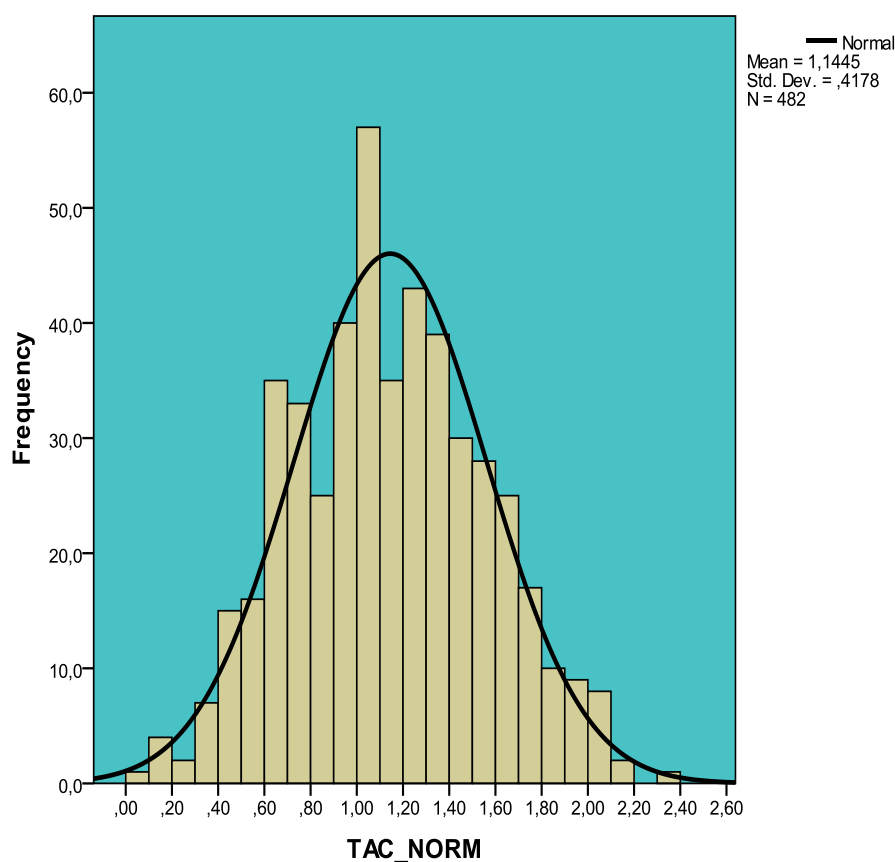
One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
		TAC__NORM
N		482
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	1,1445
	Std. Deviation	,41780
Most Extreme Differences	Absolute	,037
	Positive	,037
	Negative	-,022
Kolmogorov-Smirnov Z		,821
Asymp. Sig. (2-tailed)		,510
a. Test distribution is Normal. b. Calculated from data.		

**Σχήμα 3.47** Έλεγχος Κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov Μεταβλητής  $TAC\_NORM$  Δείγματος<sub>1501M</sub>

από τα οποία συμπεραίνεται ότι δεν υπάρχουν ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης, οπότε θεωρούμε ότι οι τιμές της μεταβλητής TAC\_NORM προέρχονται από πληθυσμό που ακολουθεί την κανονική κατανομή ( $p=0,510>0,05$ ). Στα ακόλουθα σχήματα καταγράφονται βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα της (Σχήμα 3.48) και απεικονίζεται γραφικά η κατανομή των συχνοτήτων εμφάνισης των διάφορων τιμών της (Σχήμα 3.49).

Descriptive Statistics							
	N	Range	Min	Max	Mean	Std. Deviation	Variance
TAC_NORM	482	2,40	,00	2,40	1,1445	,41780	,175
Valid N (listwise)	482						

Σχήμα 3.48 Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Μεταβλητής TAC\_NORM Δείγματος 1501M



Σχήμα 3.49 Ιστόγραμμα Συχνοτήτων Μεταβλητής TAC\_NORM Δείγματος 1501M

### 3.3.2 Στοιχεία Παραγόντων Δείγματος<sup>1501M</sup>

#### 3.3.2.1 Στοιχεία Παράγοντα «Χρονική διάρκεια της Πτήσης»

Στο σχήμα που ακολουθεί (Σχήμα 3.50) καταγράφονται βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα του παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης»:

Descriptive Statistics							
	N	Range	Min	Max	Mean	Std. Deviation	Variance
ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΤΗΣΗΣ	482	2,30	,70	3,00	1,4680	,27376	,075
Valid N (listwise)	482						

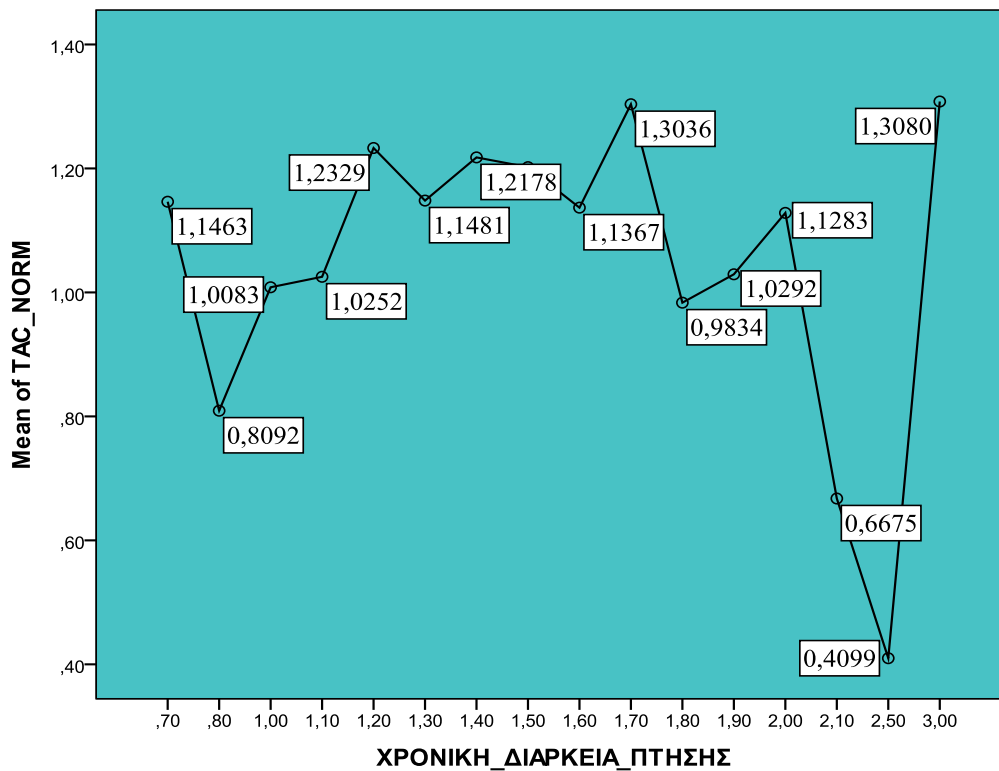
**Σχήμα 3.50** Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης Δείγματος<sup>1501M</sup>

Όπως έχει ήδη μνημονευθεί (βλ. παράγραφο 3.2.2.1) χρησιμοποιώντας τη δυνατότητα που παρέχεται από το SPSS, προβαίνουμε σε υπολογισμό των διαστημάτων εμπιστοσύνης της μέσης τιμής της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM ανά «επίπεδο» του παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» (Σχήμα 3.51) και κατασκευάζουμε τη γραφική παράσταση της μέσης τιμής της καθώς και το θηκόγραμμα των τιμών της (Σχήματα 3.52 και 3.53, αντίστοιχα) σε σχέση με τα «επίπεδα» του παράγοντα.

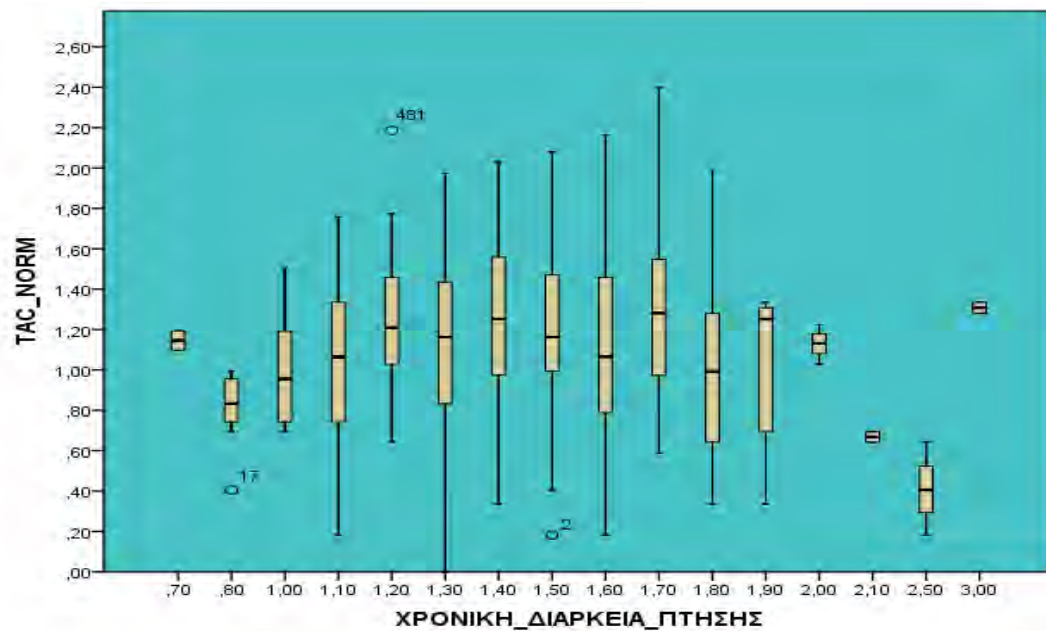
ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ _ΠΤΗΣΗΣ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower	Upper		
					Bound	Bound		
,70	2	1,1463	,06739	,04766	,5408	1,7518	1,10	1,19
,80	9	,8092	,18376	,06125	,6679	,9504	,41	,99
1,00	16	1,0083	,29025	,07256	,8536	1,1629	,69	1,50
1,10	26	1,0252	,39885	,07822	,8641	1,1863	,18	1,76
1,20	30	1,2329	,34957	,06382	1,1024	1,3635	,64	2,19
1,30	70	1,1481	,39988	,04780	1,0528	1,2435	,00	1,97
1,40	67	1,2178	,42583	,05202	1,1139	1,3216	,34	2,03
1,50	87	1,2021	,41857	,04488	1,1129	1,2913	,18	2,08
1,60	69	1,1367	,43205	,05201	1,0329	1,2405	,18	2,16
1,70	44	1,3036	,44730	,06743	1,1676	1,4396	,59	2,40
1,80	46	,9834	,40714	,06003	,8625	1,1043	,34	1,99
1,90	6	1,0292	,41696	,17022	,5916	1,4668	,34	1,34
2,00	3	1,1283	,09712	,05607	,8870	1,3695	1,03	1,22
2,10	2	,6675	,03627	,02565	,3416	,9934	,64	,69
2,50	3	,4099	,22980	,13267	-,1610	,9807	,18	,64
3,00	2	1,3080	,03823	,02703	,9645	1,6515	1,28	1,34
Total	482	1,1445	,41780	,01903	1,1071	1,1819	,00	2,40

**Σχήμα 3.51** Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της μεταβλητής TAC\_NORM σε σχέση με τη «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος<sub>150.1M</sub>





Σχήμα 3.52 Γραφική Παράσταση της Μέσης Δειγματικής Τιμής της μεταβλητής TAC\_NORM σε σχέση με τη «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος<sub>1501M</sub>



Σχήμα 3.53 Θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM ανά «Επίπεδο» Παράγοντα « Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος<sub>1501M</sub>

Προκειμένου να διαπιστωθεί τυχόν επίδραση του παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» επί της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM θα εφαρμόσουμε

τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα, αφού πρώτα εξεταστεί η ισότητα των διακυμάνσεων της TAC\_NORM στα επιμέρους δεκαέξι «επίπεδα» του παράγοντα. Επισημαίνεται, ότι όπως και για την περίπτωση του Δείγματος<sub>130M</sub>, οι άλλες δύο προϋποθέσεις για την εφαρμογή της μεθόδου είτε ισχύουν a-priori (τυχαιότητα δείγματος), είτε έχουν εξασφαλιστεί (κανονικότητα εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM.) για το σύνολο των υπό εξέταση παραγόντων.

Με βάση το κριτήριο του Levene (Σχήμα 3.54) προκύπτουν ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης περί της ισότητας των διακυμάνσεων ( $p=0,037 < 0,05$ ).

Test of Homogeneity of Variances			
TAC_NORM			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,766	15	466	,037
a. Groups with only one case are ignored in computing the test of homogeneity of variance for TAC_norm.			

**Σχήμα 3.54** Έλεγχος Ισότητας LEVENE Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC\_NORM στα «Επίπεδα» του Παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος<sub>1501M</sub>

Τροποποιώ τα «επίπεδα» του παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» (Σχήμα 3.55) με σκοπό την απαλοιφή του προβλήματος ύπαρξης επιπέδων με μία και μόνο παρατήρηση, ως ακολούθως:

Επίπεδο	Χρονική Διάρκεια της Πτήσης
1 <sup>ο</sup>	1,1 ≤
2 <sup>ο</sup>	1,2h
3 <sup>ο</sup>	1,3h
4 <sup>ο</sup>	1,4h
5 <sup>ο</sup>	1,5h
6 <sup>ο</sup>	≥ 1,6h

**Σχήμα 3.55** Τροποποιημένα «Επίπεδα» Παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος<sub>1501M</sub>

Στο σχήμα που ακολουθεί (Σχήμα 3.56) καταγράφονται τα βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα του νέου πλέον παράγοντα, που προκύπτει και τον οποίο για

διαχωρισμό στο εξής από τον παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» ονομάζω «Χρονικά Διαστήματα Πτήσης».

Χρονικά Διαστήματα Πτήσης	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
					Από 0,7h έως 1,1h	53		
1,2h	30	1,2329	,34957	,06382	1,1024	1,3635	,64	2,19
1,3h	70	1,1481	,39988	,04780	1,0528	1,2435	,00	1,97
1,4h	67	1,2178	,42583	,05202	1,1139	1,3216	,34	2,03
1,5h	87	1,2021	,41857	,04488	1,1129	1,2913	,18	2,08
Από 1,6h έως 3,0h	175	1,1187	,44305	,03349	1,0526	1,1848	,18	2,40
Total	482	1,1445	,41780	,01903	1,1071	1,1819	,00	2,40

**Σχήμα 3.56** Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της μεταβλητής TAC\_NORM σε σχέση με τον Παράγοντα «Χρονικά Διαστήματα Πτήσης» του Δείγματος<sub>1501M</sub>

Μετά την προαναφερθείσα τροποποίηση διαπιστώνω ότι με βάση το κριτήριο του Levene (Σχήμα 3.57) πλέον δεν υφίστανται ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης περί της ισότητας των διακυμάνσεων ( $p=0,178>0,05$ ).

Test of Homogeneity of Variances			
TAC_NORM			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,533	5	476	,178

**Σχήμα 3.57** Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC\_NORM στα «Επίπεδα» του Παράγοντα «Χρονικά Διαστήματα Πτήσης» του Δείγματος<sub>1501M</sub>

Οπότε, εφαρμόζω τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM ως προς τα επίπεδα του νέου παράγοντα (Σχήμα 3.58), από την οποία συμπεραίνεται ότι υφίστανται ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ( $p=0,021<0,05$ ). Ως εκ τούτου με βάση τις παρατηρήσεις του Δείγματος<sub>150M</sub> διαφαίνεται επίδραση του παράγοντα στην εξαρτημένη μεταβλητή.

ANOVA					
TAC_NORM					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2,299	5	,460	2,680	<b>,021</b>
Within Groups	81,663	476	,172		
Total	83,962	481			

**Σχήμα 3.58** Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC\_NORM ως προς τον Παράγοντα «Χρονικά Διαστήματα Πτήσης» Δείγματος<sub>1501M</sub>

Δεδομένου ότι αποδεχόμαστε την επίδραση του παράγοντα, το ενδιαφέρον πλέον εστιάζεται στον εντοπισμό των επιπέδων του στα οποία διαφέρουν οι μέσες τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής. Ο αριθμός των απαιτούμενων συγκρίσεων είναι  $15 [= 6(6-1) / 2]$ , οπότε χρησιμοποιούμε τον έλεγχο του Tukey (Σχήμα 3.59).

### Multiple Comparisons

TAC\_NORM /Tukey HSD

(I) ΧΡΟΝΙΚΑ_ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΑ ΠΤΗΣΗΣ	(J) ΧΡΟΝΙΚΑ_ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΑ_ ΠΤΗΣΗΣ	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Από 0,7h έως 1,1h	1,2h	-,24496	,09463	,102	-,5157	,0258
	1,3h	-,16016	,07542	,277	-,3760	,0556
	1,4h	-,22980*	,07614	<b>,032</b>	-,4477	-,0119
	1,5h	-,21410*	,07217	<b>,037</b>	-,4206	-,0076
	Από 1,6h έως 3,0h	-,13070	,06494	,337	-,3165	,0551
1,2h	Από 0,7h έως 1,1h	,24496	,09463	,102	-,0258	,5157
	1,3h	,08479	,09039	,936	-,1738	,3434
	1,4h	,01515	,09099	1,000	-,2452	,2755
	1,5h	,03086	,08770	,999	-,2201	,2818
	Από 1,6h έως 3,0h	,11426	,08185	,730	-,1199	,3485
1,3h	Από 0,7h έως 1,1h	,16016	,07542	,277	-,0556	,3760
	1,2h	-,08479	,09039	,936	-,3434	,1738
	1,4h	-,06964	,07079	,923	-,2722	,1329
	1,5h	-,05394	,06650	,965	-,2442	,1364
	Από 1,6h έως 3,0h	,02946	,05858	,996	-,1381	,1971
1,4h	Από 0,7h έως 1,1h	,22980*	,07614	<b>,032</b>	,0119	,4477
	1,2h	-,01515	,09099	1,000	-,2755	,2452
	1,3h	,06964	,07079	,923	-,1329	,2722
	1,5h	,01570	,06732	1,000	-,1769	,2083
	Από 1,6h έως 3,0h	,09910	,05951	,555	-,0712	,2694
1,5h	Από 0,7h έως 1,1h	,21410*	,07217	<b>,037</b>	,0076	,4206
	1,2h	-,03086	,08770	,999	-,2818	,2201
	1,3h	,05394	,06650	,965	-,1364	,2442
	1,4h	-,01570	,06732	1,000	-,2083	,1769
	Από 1,6h έως 3,0h	,08340	,05434	,642	-,0721	,2389
Από 1,6h έως 3,0h	Από 0,7h έως 1,1h	,13070	,06494	,337	-,0551	,3165
	1,2h	-,11426	,08185	,730	-,3485	,1199
	1,3h	-,02946	,05858	,996	-,1971	,1381
	1,4h	-,09910	,05951	,555	-,2694	,0712
	1,5h	-,08340	,05434	,642	-,2389	,0721

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

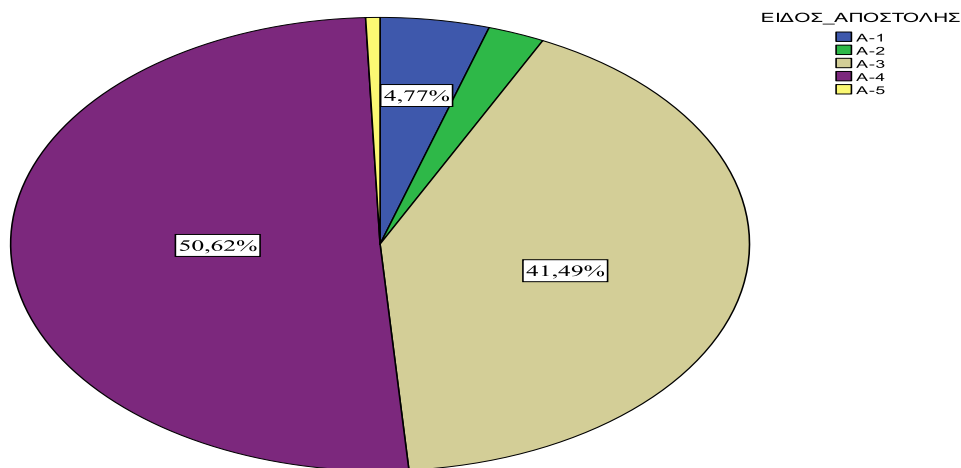
**Σχήμα 3.59** Εφαρμογή Κριτηρίου Tukey (Honestly Significant Difference Test) επί των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM ως προς τον Παράγοντα «Χρονικά Διαστήματα Πτήσης» Είδος Αποστολής»

Δείγματος<sub>1501M</sub>

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου (Σχήμα 3.59) διαπιστώνεται διαφορά των μέσων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM μεταξύ του 1<sup>ου</sup> και του 4<sup>ου</sup> καθώς και 1<sup>ου</sup> και του 5<sup>ου</sup> επιπέδου του παράγοντα «Χρονικά Διαστήματα Πτήσης» του Δείγματος<sub>150M</sub>.

### 3.3.2.2 Στοιχεία Παράγοντα «Είδος Αποστολής»

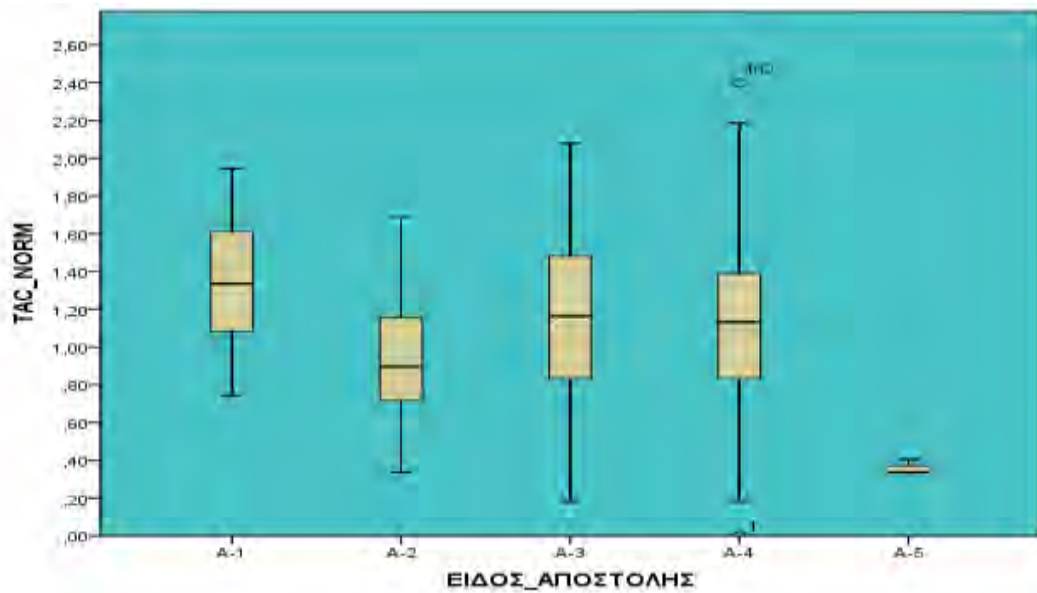
Στα σχήματα που ακολουθούν απεικονίζονται γραφικά τα ποσοστά των επιμέρους επιπέδων του παράγοντα «Είδος Αποστολής» στο Δείγμα<sub>1501M</sub> (Σχήμα 3.60), καταγράφονται βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM στα επιμέρους πέντε επίπεδα του παράγοντα καθώς και τα διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης της τιμής ανά επίπεδο παράγοντα (Σχήμα 3.61) και παρουσιάζεται το αντίστοιχο θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM (Σχήμα 3.62).



**Σχήμα 3.60** Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων του Παράγοντα «Είδος Αποστολής» επί του Δείγματος<sub>1501M</sub>

Είδος Αποστολής	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
A-1	23	1,3420	,33694	,07026	1,1963	1,4877	,74	1,95
A-2	12	,9548	,35315	,10195	,7304	1,1791	,34	1,69
A-3	200	1,1647	,41883	,02962	1,1063	1,2231	,18	2,08
A-4	244	1,1284	,41504	,02657	1,0760	1,1807	,00	2,40
A-5	3	,3595	,03983	,02300	,2605	,4584	,34	,41
Total	482	1,1445	,41780	,01903	1,1071	1,1819	,00	2,40

**Σχήμα 3.61** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων του Παράγοντα «Είδος Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM Δείγματος<sub>1501M</sub>



**Σχήμα 3.62** Θηκόγραμμα των τιμών της *TAC\_NORM* ανά Επίπεδο του Παράγοντα «Είδος Αποστολής»

*Δείγματος*<sub>1501M</sub>

Προκειμένου να διαπιστωθεί τυχόν επίδραση του παράγοντα «Είδος Αποστολής» επί της εξαρτημένης μεταβλητής θα εφαρμόσουμε τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (One Way ANOVA), αφού πρώτα εξεταστεί η ισότητα των διακυμάνσεων της εξαρτημένης μεταβλητής *TAC\_NORM* στους δειγματικούς πληθυσμούς των πέντε (5) επιπέδων του παράγοντα.

Με βάση το κριτήριο του Levene (Σχήμα 3.63) δεν προκύπτουν ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης περί της ισότητας των διακυμάνσεων ( $p=0,105 > 0,05$ ).

Test of Homogeneity of Variances			
TAC_NORM			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,927	4	477	,105

**Σχήμα 3.63** Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής *TAC\_NORM* στα Επίπεδα του Παράγοντα «Είδος Αποστολής» *Δείγματος*<sub>1501M</sub>

Οπότε, μετά την εφαρμογή της μεθόδου της ανάλυσης διακύμανσης (Σχήμα 3.64) ως προς τον παράγοντα «Είδος Αποστολής» συμπεραίνεται ότι υφίστανται ισχυρές ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ( $p=0,01<0,05$ ).

ANOVA					
TAC_NORM					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3,323	4	,831	4,914	<b>,001</b>
Within Groups	80,639	477	,169		
Total	83,962	481			

**Σχήμα 3.64** Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC\_NORM ως προς τον Παράγοντα «Είδος Αποστολής»

Δείγματος<sub>150M</sub>

Ως εκ τούτου με βάση τις παρατηρήσεις του Δείγματος<sub>150M</sub> διαφαίνεται επίδραση του παράγοντα στην εξαρτημένη μεταβλητή. Το ενδιαφέρον πλέον εστιάζεται στον εντοπισμό των επιπέδων του παράγοντα στα οποία διαφέρουν οι μέσες τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής. Ο αριθμός των απαιτούμενων συγκρίσεων είναι  $10 [= 5(5-1) / 2]$ , οπότε δύναται η χρήση του κριτηρίου του Bonferroni με βάση το οποίο προκύπτει διαφορά των μέσων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM μεταξύ των επιπέδων A1 - A5, A3 - A5 και A4 - A5 του παράγοντα «Είδος Αποστολής» του Δείγματος<sub>150M</sub> (Σχήμα 3. 65). Σημειώνεται, ότι η τιμή 1,000 ως πιθανότητα εσφαλμένης απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης, εμφανίζεται ως στρογγυλοποίηση στις περιπτώσεις που η διορθωμένη πιθανότητα για εσφαλμένη απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης υπερβαίνει την τιμή 0,9995.



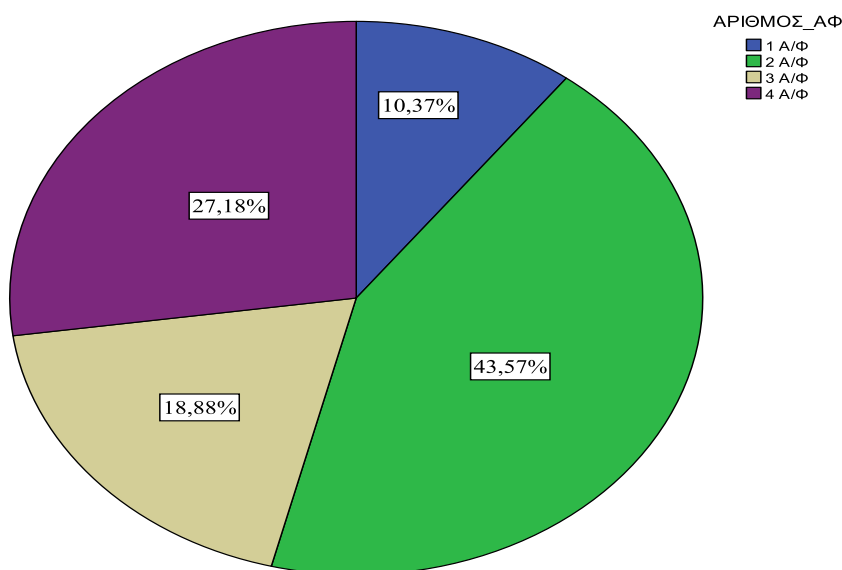
Multiple Comparisons						
TAC_NORM						
Bonferroni						
(I) ΕΙΔΟΣ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ	(J) ΕΙΔΟΣ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
A-1	A-2	,38724	,14642	,084	-,0257	,8002
	A-3	,17732	,09053	,507	-,0780	,4326
	A-4	,21362	,08968	,176	-,0393	,4665
	A-5	,98253*	,25239	<b>,001</b>	,2707	1,6943
A-2	A-1	-,38724	,14642	,084	-,8002	,0257
	A-3	-,20992	,12220	,865	-,5545	,1347
	A-4	-,17361	,12158	1,000	-,5165	,1692
	A-5	,59529	,26540	,254	-,1532	1,3438
A-3	A-1	-,17732	,09053	,507	-,4326	,0780
	A-2	,20992	,12220	,865	-,1347	,5545
	A-4	,03630	,03922	1,000	-,0743	,1469
	A-5	,80521*	,23916	<b>,008</b>	,1307	1,4797
A-4	A-1	-,21362	,08968	,176	-,4665	,0393
	A-2	,17361	,12158	1,000	-,1692	,5165
	A-3	-,03630	,03922	1,000	-,1469	,0743
	A-5	,76891*	,23884	<b>,014</b>	,0953	1,4425
A-5	A-1	-,98253*	,25239	,001	-1,6943	-,2707
	A-2	-,59529	,26540	,254	-1,3438	,1532
	A-3	-,80521*	,23916	,008	-1,4797	-,1307
	A-4	-,76891*	,23884	,014	-1,4425	-,0953

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

**Σχήμα 3.65** Εφαρμογή Κριτηρίου Bonferroni επί των μέσων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής  
TAC\_NORM ως προς τον Παράγοντα «Είδος Αποστολής» Δείγματος<sub>1501M</sub>

### 3.3.2.3 Στοιχεία Παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής»

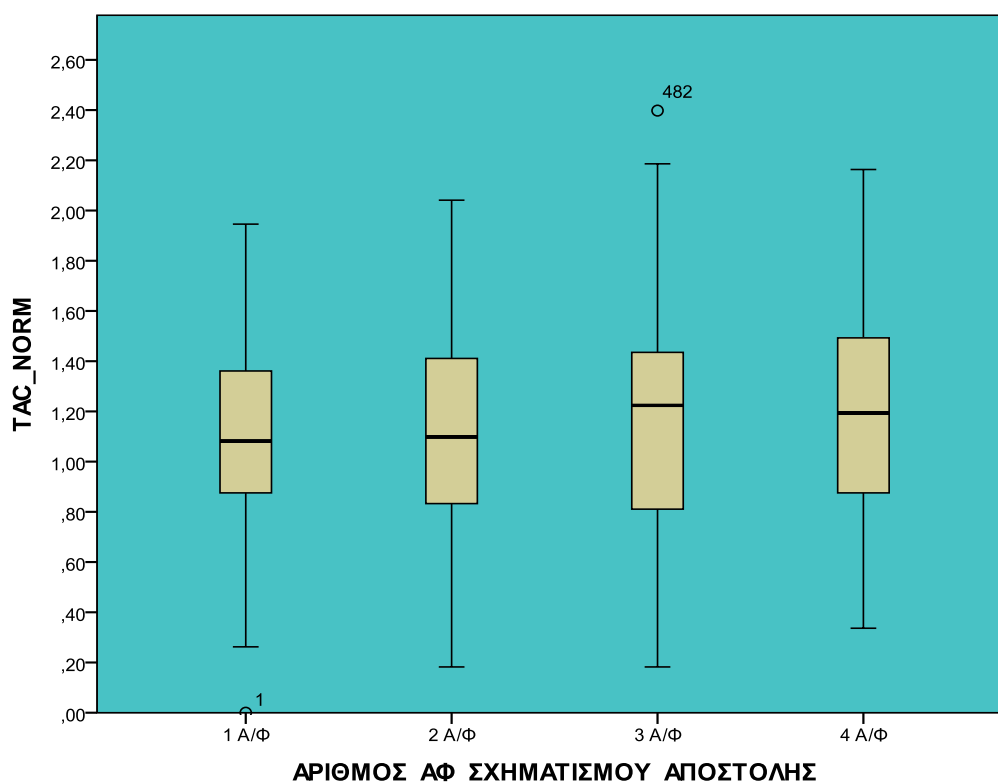
Στα σχήματα που ακολουθούν απεικονίζονται γραφικά τα ποσοστά των επιμέρους επιπέδων του παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» στο Δείγμα<sub>150.1M</sub> (Σχήμα 3.66), καταγράφονται βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM στα επιμέρους τέσσερα επίπεδα του παράγοντα καθώς και τα διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης της τιμής ανά επίπεδο παράγοντα (Σχήμα 3.67) και παρουσιάζεται το αντίστοιχο θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM (Σχήμα 3.68).



**Σχήμα 3.66** Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων Παράγοντα «Αριθμού Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» Δείγματος<sub>150.1M</sub>

Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
					1 Α/Φ	50		
2 Α/Φ	210	1,1247	,39676	,02738	1,0707	1,1786	,18	2,04
3 Α/Φ	91	1,1852	,42458	,04451	1,0967	1,2736	,18	2,40
4 Α/Φ	131	1,1783	,43932	,03838	1,1023	1,2542	,34	2,16
Total	482	1,1445	,41780	,01903	1,1071	1,1819	,00	2,40

**Σχήμα 3.67** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επίπεδων Παράγοντα «Αριθμού Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM ανά επίπεδο παράγοντα Δείγματος<sub>1501M</sub>



**Σχήμα 3.68** Θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM ανά Επίπεδο του Παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» Δείγματος<sub>1501M</sub>

Προκειμένου να διαπιστωθεί τυχόν επίδραση του παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» επί της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM θα

εφαρμόσουμε τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης ως προς τον παράγοντα, αφού πρώτα εξεταστεί η ισότητα των διακυμάνσεων της εξαρτημένης μεταβλητής στους δειγματικούς πληθυσμούς των έξι επιπέδων του παράγοντα.

Με βάση το κριτήριο του Levene (Σχήμα 3.69) δεν προκύπτουν ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης περί της ισότητας των διακυμάνσεων ( $p=0,552>0,05$ ).

Test of Homogeneity of Variances			
TAC_NORM			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,700	3	478	,552

**Σχήμα 3.69** Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC\_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Αριθμού Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» Δείγματος<sub>150.1M</sub>

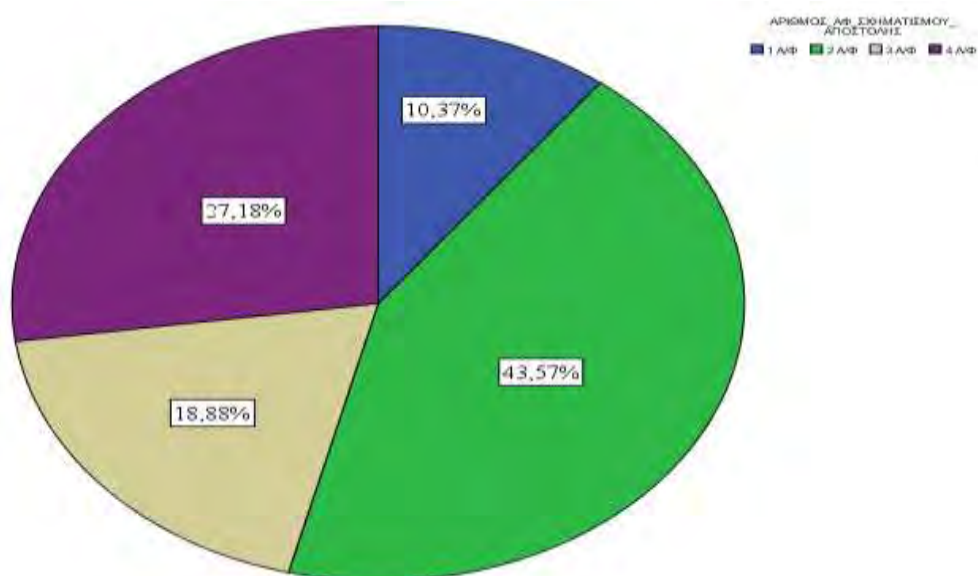
Οπότε, μετά την εφαρμογή της μεθόδου της ανάλυσης διακύμανσης (Σχήμα 3.70) ως προς έναν παράγοντα, συμπεραίνεται ότι δεν υφίστανται ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ( $p=0,265>0,05$ ), και ως εκ τούτου με βάση τις παρατηρήσεις του Δείγματος<sub>130M</sub> δεν διαφαίνεται επίδραση του παράγοντα στην εξαρτημένη μεταβλητή.

ANOVA					
TAC_NORM					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,693	3	,231	1,327	,265
Within Groups	83,269	478	,174		
Total	83,962	481			

**Σχήμα 3.70** Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC\_NORM ως προς τον Παράγοντα «Αριθμού Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» Δείγματος<sub>150.1M</sub>

### 3.3.2.4 Στοιχεία Παράγοντα «Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής»

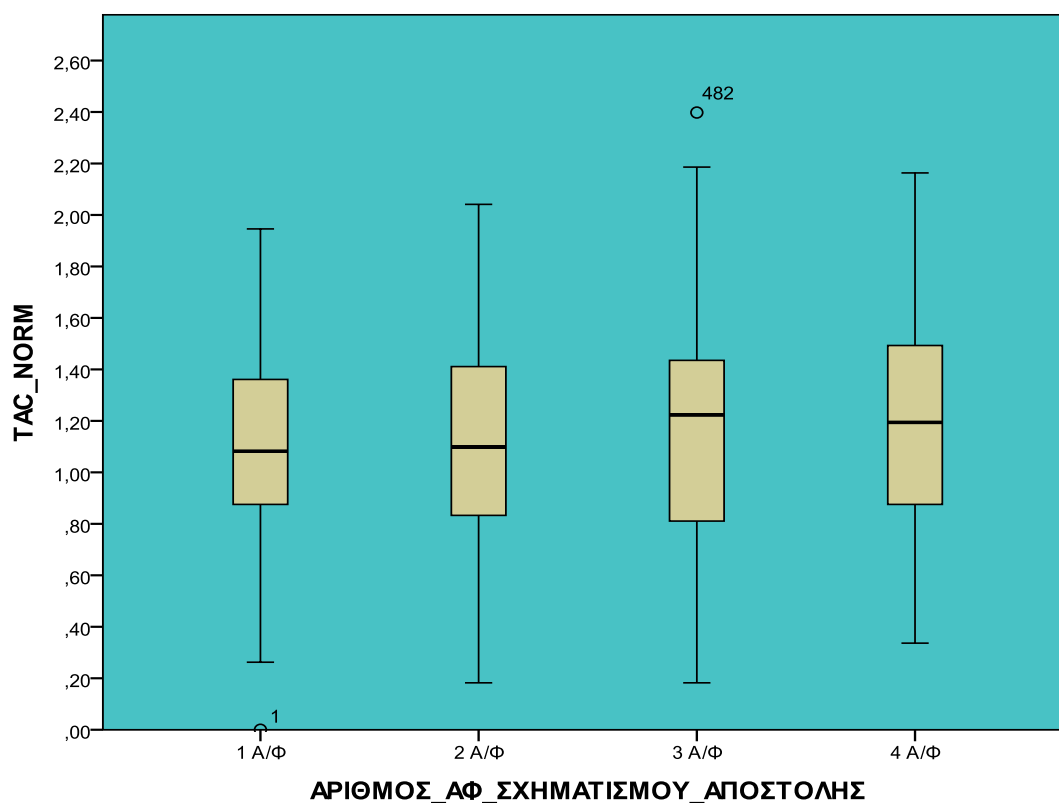
Στα σχήματα που ακολουθούν απεικονίζονται γραφικά τα ποσοστά των επιμέρους επιπέδων του παράγοντα «Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» στο Δείγμα<sub>150.1M</sub> (Σχήμα 3.71), καταγράφονται βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM στα επιμέρους έξι επίπεδα του παράγοντα καθώς και τα διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης της τιμής ανά επίπεδο παράγοντα (Σχήμα 3.72) και παρουσιάζεται το αντίστοιχο θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM (Σχήμα 3.73).



**Σχήμα 3.71** Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων Παράγοντα «Θέση Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» Δείγματος<sub>150.1M</sub>

Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
					1ο	218		
2ο	166	1,2171	,41073	,03188	1,1542	1,2800	,18	2,40
3ο	65	1,1928	,41371	,05131	1,0903	1,2953	,34	2,19
4ο	33	1,2843	,50240	,08746	1,1061	1,4624	,41	2,16
Total	482	1,1445	,41780	,01903	1,1071	1,1819	,00	2,40

**Σχήμα 3.72** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Θέσης Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM Δείγματος<sub>1501M</sub>



**Σχήμα 3.73** Θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM ανά Επίπεδο Παράγοντα « Θέσης του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» Δείγματος<sub>1501M</sub>

Προκειμένου να διαπιστωθεί τυχόν επίδραση του παράγοντα «Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» επί της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM θα εφαρμόσουμε τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης ως προς ένα παράγοντα, αφού πρώτα εξεταστεί η ισότητα των διακυμάνσεων της εξαρτημένης μεταβλητής στους δειγματικούς πληθυσμούς των τεσσάρων επιπέδων του παράγοντα.

Με βάση το κριτήριο του Levene (Σχήμα 3.74) δεν προκύπτουν ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης περί της ισότητας των διακυμάνσεων ( $p=0,103>0,05$ ).

Test of Homogeneity of Variances			
TAC_NORM			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2,076	3	478	<b>,103</b>

**Σχήμα 3.74** Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC\_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» Δείγματος<sub>1501M</sub>

Οπότε, μετά την εφαρμογή της μεθόδου της ανάλυσης διακύμανσης (Σχήμα 3.75) ως προς τον παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής», συμπεραίνεται ότι υφίστανται ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ( $p=0,000<0,05$ ), και ως εκ τούτου με βάση τις παρατηρήσεις του Δείγματος<sub>150M</sub> διαφαίνεται επίδραση του παράγοντα στην εξαρτημένη μεταβλητή.

ANOVA					
TAC_NORM					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3,468	3	1,156	6,865	<b>,000</b>
Within Groups	80,494	478	,168		
Total	83,962	481			

**Σχήμα 3.75** Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC\_NORM ως προς τον Παράγοντα «Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» Δείγματος<sub>1501M</sub>

Για τον εντοπισμό των επιπέδων του παράγοντα στα οποία διαφέρουν οι μέσες τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής είναι δυνατή η χρήση του κριτηρίου του

Bonferroni δεδομένου ότι ο αριθμός των απαιτούμενων συγκρίσεων είναι 6 [= 4(4-1) / 2] (Σχήμα 3.76). Από την εφαρμογή του κριτηρίου προκύπτει διαφορά των μέσων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM μεταξύ του 1ου και των τριών άλλων επιπέδων του παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» του Δείγματος<sub>150M</sub>.

Multiple Comparisons						
TAC_NORM						
Bonferroni						
(I)	(J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
ΘΕΣΗ ΑΦ ΣΤΟ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ_ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ	ΘΕΣΗ ΑΦ ΣΤΟ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ_ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ				Lower Bound	Upper Bound
1ο	2ο	-,16339*	,04227	,001	-,2754	-,0514
	3ο	-,13905	,05799	,101	-,2927	,0146
	4ο	-,23057*	,07665	,017	-,4336	-,0275
2ο	1ο	,16339*	,04227	,001	,0514	,2754
	3ο	,02434	,06004	1,000	-,1347	,1834
	4ο	-,06719	,07821	1,000	-,2744	,1400
3ο	1ο	,13905	,05799	,101	-,0146	,2927
	2ο	-,02434	,06004	1,000	-,1834	,1347
	4ο	-,09153	,08771	1,000	-,3239	,1409
4ο	1ο	,23057*	,07665	,017	,0275	,4336
	2ο	,06719	,07821	1,000	-,1400	,2744
	3ο	,09153	,08771	1,000	-,1409	,3239

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

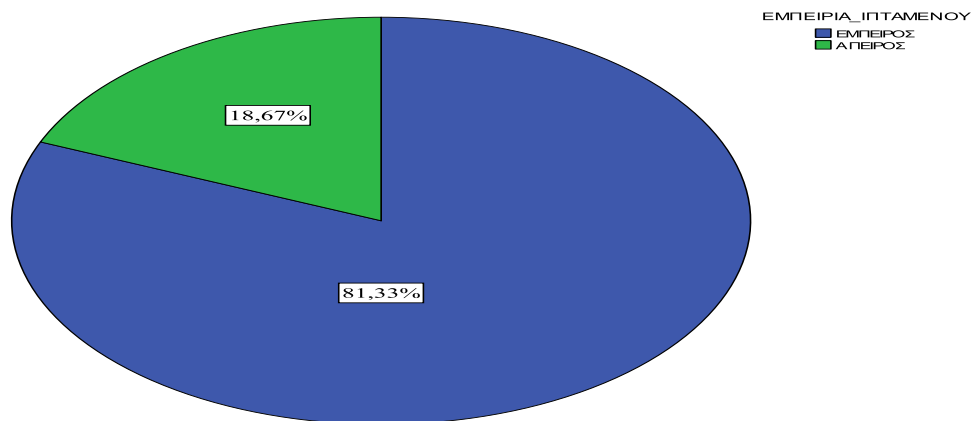
**Σχήμα 3.76** Εφαρμογή Κριτηρίου Bonferroni επί των μέσων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM ως προς τον Παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» Δείγματος

1501M



### 3.3.2.5 Στοιχεία Παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου»

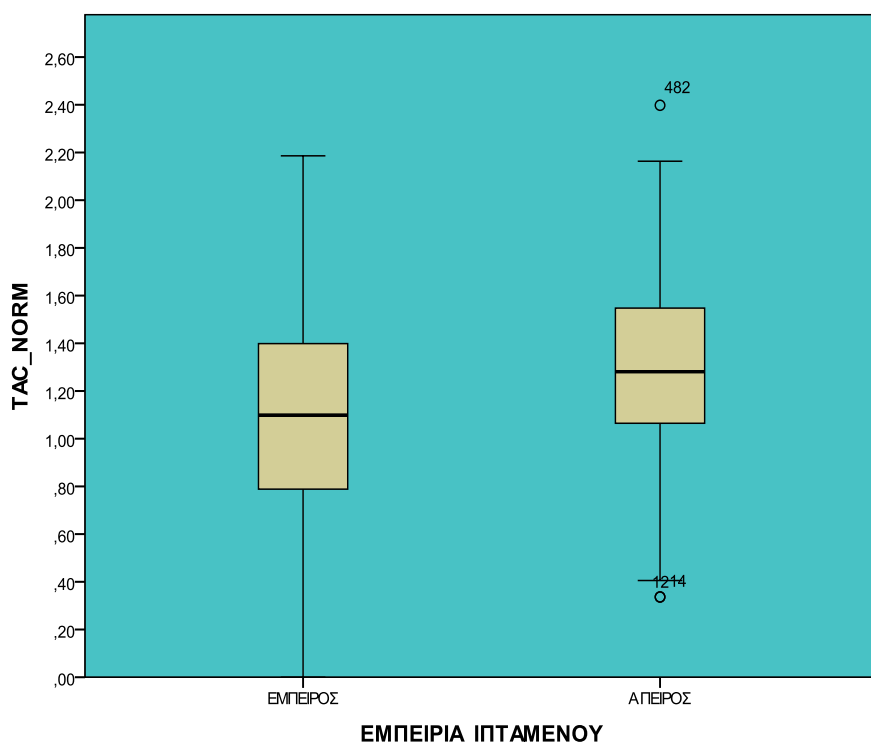
Στα σχήματα που ακολουθούν απεικονίζονται γραφικά τα ποσοστά των επιμέρους επιπέδων του παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου» στο Δείγμα<sub>150.1M</sub> (Σχήμα 3.77), καταγράφονται βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM στα επιμέρους τρία επίπεδα του παράγοντα καθώς και τα διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης της τιμής ανά επίπεδο παράγοντα (Σχήμα 3.78) και παρουσιάζεται το αντίστοιχο θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM (Σχήμα 3.79).



Σχήμα 3.77 Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων του Παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου» Δείγματος 150.1M

Εμπειρία Ιπταμένου	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ΕΜΠΕΙΡΟΣ	392	1,1055	,40944	,02068	1,0648	1,1461	,00	2,19
ΑΠΕΙΡΟΣ	90	1,3146	,41345	,04358	1,2280	1,4012	,34	2,40
Total	482	1,1445	,41780	,01903	1,1071	1,1819	,00	2,40

Σχήμα 3.78 Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM Δείγματος<sub>150.1M</sub>



**Σχήμα 3.79** Θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM ανά Επίπεδο του Παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου» Δείγματος 150M

Προκειμένου να διαπιστωθεί τυχόν επίδραση του παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου» επί της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM θα εφαρμόσουμε τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης ως προς τον παράγοντα, αφού πρώτα εξεταστεί η ισότητα των διακυμάνσεων της εξαρτημένης μεταβλητής στους δειγματικούς πληθυσμούς των δύο επιπέδων του παράγοντα.

Με βάση το κριτήριο του Levene (Σχήμα 3.80) δεν προκύπτουν ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης περί της ισότητας των διακυμάνσεων ( $p=0,691 > 0,05$ ).

Test of Homogeneity of Variances			
TAC_NORM			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,158	1	480	,691

**Σχήμα 3.80** Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC\_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου» Δείγματος 1501M

Οπότε, μετά την εφαρμογή της μεθόδου της ανάλυσης διακύμανσης (Σχήμα 3.81) ως προς τον παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου», συμπεραίνεται ότι υφίστανται ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ( $p=0,000<0,05$ ), και ως εκ τούτου με βάση τις παρατηρήσεις του Δείγματος<sub>150.1M</sub> διαφαίνεται επίδραση του παράγοντα στην εξαρτημένη μεταβλητή.

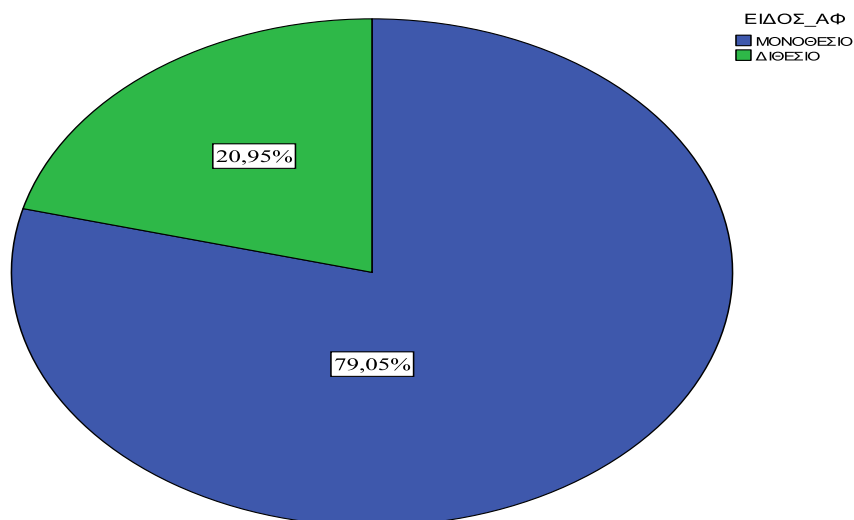
ANOVA					
TAC_NORM					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3,202	1	3,202	19,030	<b>,000</b>
Within Groups	80,760	480	,168		
Total	83,962	481			

**Σχήμα 3.81** Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC\_NORM ως προς την «Εμπειρία Ιπτάμενου» Δείγματος<sub>150.1M</sub>

Δεδομένου ότι αποδεχόμαστε την επίδραση του παράγοντα και του ότι ο παράγοντας έχει μόνο δύο επίπεδα συμπεραίνεται ότι αντίστοιχες μέσες τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής διαφέρουν στα εν λόγω επίπεδα.

### 3.3.2.6 Στοιχεία Παράγοντα «Είδος Α/Φ»

Στα σχήματα που ακολουθούν απεικονίζονται γραφικά τα ποσοστά των επιμέρους επιπέδων του παράγοντα «Είδος Α/Φ» (Μονοθέσιο ή Διθέσιο) στο Δείγμα<sub>150.1M</sub> (Σχήμα 3.82), καταγράφονται βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM στα επιμέρους δύο επίπεδα του παράγοντα καθώς και τα διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης τιμής της ανά επίπεδο παράγοντα (Σχήμα 3.83) και παρουσιάζεται το αντίστοιχο θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM (Σχήμα 3.84).

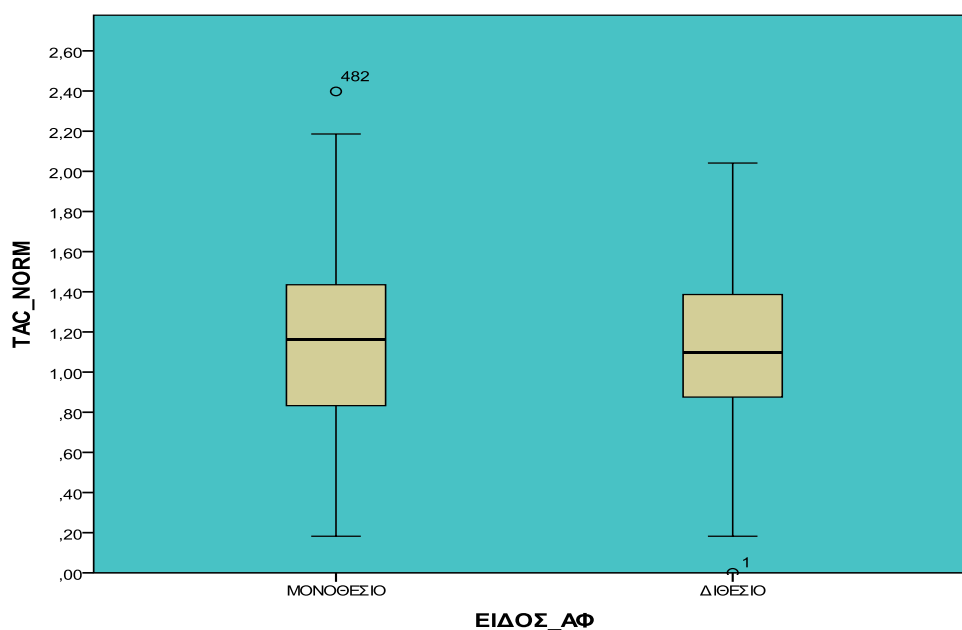


**Σχήμα 3.82** Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων Παράγοντα «Είδος Α/Φ» Δείγματος<sub>150.1M</sub>

Είδος Α/Φ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
ΜΟΝΟΘΕΣΙΟ	381	1,1540	,41662	,02134	1,1120	1,1960	,18	2,40
ΔΙΘΕΣΙΟ	101	1,1088	,42241	,04203	1,0254	1,1922	,00	2,04
Total	482	1,1445	,41780	,01903	1,1071	1,1819	,00	2,40

**Σχήμα 3.83** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων του Παράγοντα «Είδος Α/Φ» και

αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM Δείγματος<sub>150.1M</sub>



**Σχήμα 3.84** Θηκόγραμμα των τιμών της *TAC\_NORM* ανά Επίπεδο του Παράγοντα «Είδος Α/Φ» Δείγματος<sub>1501M</sub>

Προκειμένου να διαπιστωθεί τυχόν επίδραση του παράγοντα «Είδος Α/Φ» επί της εξαρτημένης μεταβλητής *TAC\_NORM* θα εφαρμόσουμε τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης ως προς τον παράγοντα, αφού πρώτα εξεταστεί η ισότητα των διακυμάνσεων της εξαρτημένης μεταβλητής στους δύο δειγματικούς πληθυσμούς που ορίζονται από τα επίπεδα του παράγοντα.

Με βάση το κριτήριο του Levene (Σχήμα 3.85) δεν προκύπτουν ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης περί της ισότητας των διακυμάνσεων ( $p=0,950>0,05$ ).

Test of Homogeneity of Variances			
TAC_NORM			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,004	1	480	,950

**Σχήμα 3.85** Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής *TAC\_NORM* στα Επίπεδα του Παράγοντα «Είδος Α/Φ» Δείγματος<sub>1501M</sub>

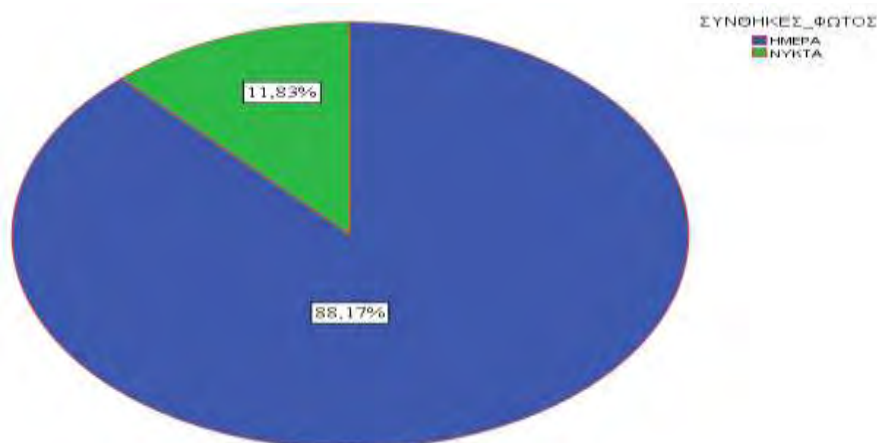
Οπότε, μετά την εφαρμογή της μεθόδου της ανάλυσης διακύμανσης (Σχήμα 3.86) ως προς τον παράγοντα «Είδος Α/Φ», συμπεραίνεται ότι δεν υφίστανται ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ( $p=0,335>0,05$ ), και ως εκ τούτου με βάση τις παρατηρήσεις του Δείγματος<sub>150.1M</sub> δεν διαφαίνεται επίδραση του παράγοντα στην εξαρτημένη μεταβλητή.

ANOVA					
TAC_NORM					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,163	1	,163	,932	<b>,335</b>
Within Groups	83,799	480	,175		
Total	83,962	481			

**Σχήμα 3.86** Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC\_NORM ως προς το «Είδος Α/Φ» Δείγματος<sub>150.1M</sub>

### 3.3.2.7 Στοιχεία Παράγοντα «Συνθήκες φωτός εκτέλεσης της αποστολής»

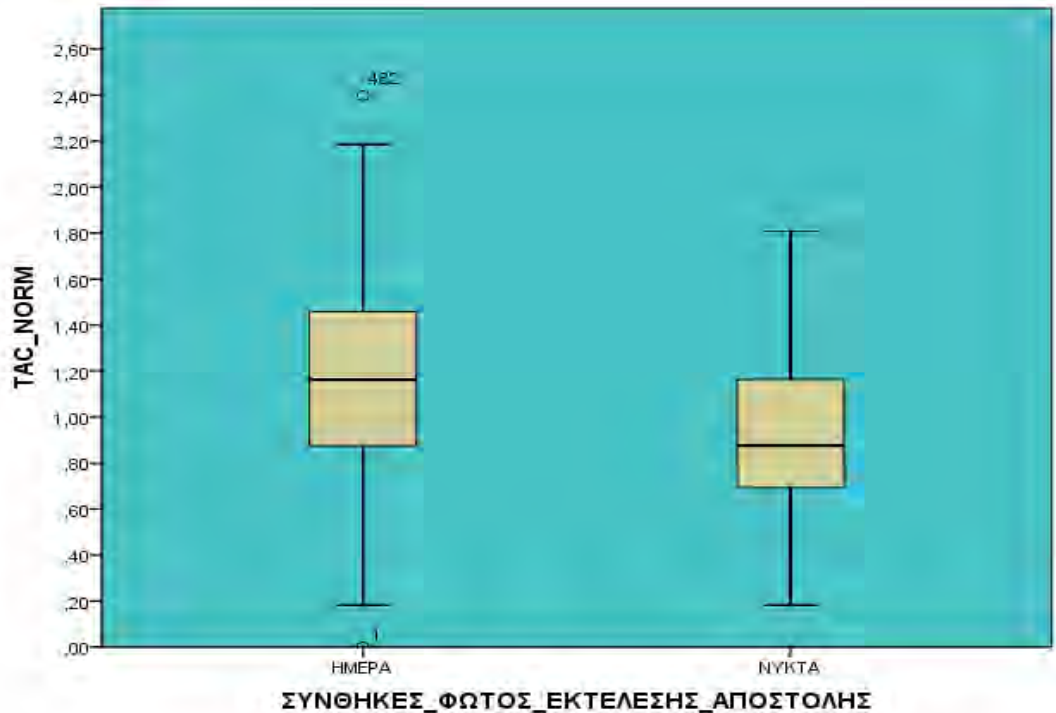
Στα σχήματα που ακολουθούν απεικονίζονται γραφικά τα ποσοστά των επιμέρους επιπέδων του παράγοντα «Συνθήκες φωτός εκτέλεσης της αποστολής» (Ημέρα-Νύκτα) στο Δείγμα<sub>150.1M</sub> (Σχήμα 3.87), καταγράφονται βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα της εξαρτημένης μεταβλητής TAC<sub>NORM</sub> στα επιμέρους δύο επίπεδα του παράγοντα καθώς και τα διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης τιμής της ανά επίπεδο παράγοντα (Σχήμα 3.88) και παρουσιάζεται το αντίστοιχο θηκόγραμμα των τιμών της TAC<sub>NORM</sub> (Σχήμα 3.89).



**Σχήμα 3.87** Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους Επιπέδων Παράγοντα «Συνθήκες φωτός εκτέλεσης της αποστολής» Δείγματος<sub>150.1M</sub>

Συνθήκες φωτός εκτέλεσης της αποστολής	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
ΗΜΕΡΑ	812	1,1415	,41138	,01444	1,1132	1,1699	,00	2,45
ΝΥΚΤΑ	164	,8970	,33088	,02584	,8460	,9480	,00	1,81

**Σχήμα 3.88** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων του Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC<sub>NORM</sub> Δείγματος<sub>150.1M</sub>



**Σχήμα 3.89** Θηκόγραμμα των τιμών της *TAC\_NORM* ανά Επίπεδο του Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της αποστολής» Δείγματος<sub>1501M</sub>

Προκειμένου να διαπιστωθεί τυχόν επίδραση του παράγοντα «Συνθήκες φωτός εκτέλεσης της αποστολής» επί της εξαρτημένης μεταβλητής *TAC\_NORM* θα εφαρμόσουμε τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης ως προς τον παράγοντα, αφού πρώτα εξεταστεί η ισότητα των διακυμάνσεων της εξαρτημένης μεταβλητής στους δύο δειγματικούς πληθυσμούς που ορίζονται από τα επίπεδα του παράγοντα.

Με βάση το κριτήριο του Levene (Σχήμα 3.90) δεν προκύπτουν ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ( $p=0,113>0,05$ ) και θεωρούμε την ισότητα των διακυμάνσεων.

Test of Homogeneity of Variances			
TAC_NORM			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2,528	1	480	,113

**Σχήμα 3.90** Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής *TAC\_NORM* στα Επίπεδα του Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της αποστολής» Δείγματος<sub>1501M</sub>



Οπότε, μετά την εφαρμογή της μεθόδου της ανάλυσης διακύμανσης ως προς τον παράγοντα «Συνθήκες φωτός εκτέλεσης της αποστολής» συμπεραίνεται (Σχήμα 3.91) ότι υφίστανται ισχυρές ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ( $p=0,000<0,05$ ), και ως εκ τούτου με βάση τις παρατηρήσεις του Δείγματος<sub>150M</sub> διαφαίνεται επίδραση του παράγοντα στην εξαρτημένη μεταβλητή.

#### ANOVA

TAC_NORM					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3,903	1	3,903	23,403	<b>,000</b>
Within Groups	80,059	480	,167		
Total	83,962	481			

**Σχήμα 3.91** Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC\_NORM ως προς τον παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της αποστολής» Δείγματος<sub>150M</sub>

Δεδομένου ότι αποδεχόμαστε την επίδραση του παράγοντα και του ότι ο παράγοντας έχει μόνο δύο επίπεδα συμπεραίνεται ότι αντίστοιχες μέσες τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής διαφέρουν .

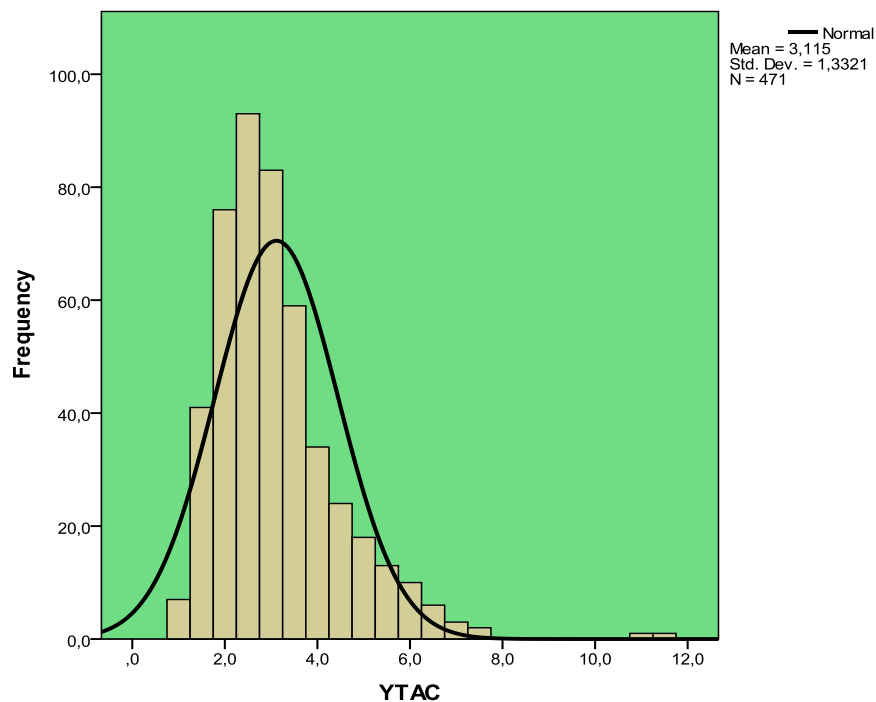
### 3.4 Δείγμα<sub>1502M</sub>

#### 3.4.1 Στοιχεία Εξαρτημένης Μεταβλητής Y<sub>TAC</sub> Δείγματος<sub>1502M</sub>

Και στην περίπτωση του Δείγματος<sub>1502M</sub> ο αριθμός των αναλωθέντων TAC ανά έξοδο ως μεταβλητή (Y<sub>TAC</sub>) είναι συνεχής και θεωρητικά ορισμένη στο διάστημα [1, ∞). Στα ακόλουθα σχήματα καταγράφονται βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα της (Σχήμα 3.92) και απεικονίζεται γραφικά η κατανομή των συχνοτήτων εμφάνισης των δειγματικών τιμών της (Σχήμα 3.93).

Descriptive Statistics							
	N	Range	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Variance
YTAC	471	10,6	1,0	11,6	3,115	1,3321	1,774
Valid N (listwise)	471						

Σχήμα 3.92 Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Αριθμού Αναλωθέντων TAC ανά έξοδο Δείγματος<sub>1502M</sub>



Σχήμα 3.93 Ιστόγραμμα Συχνοτήτων Αριθμού Αναλωθέντων TAC ανά έξοδο Δείγματος<sub>1502M</sub>

Εφαρμόζοντας τον έλεγχο κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα (Σχήμα 3.94):

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
		YTAC
N		471
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	3,115
	Std. Deviation	1,3321
Most Extreme Differences	Absolute	,122
	Positive	,122
	Negative	-,081
Kolmogorov-Smirnov Z		2,649
Asymp. Sig. (2-tailed)		<b>,000</b>
a. Test distribution is Normal. b. Calculated from data.		

**Σχήμα 3.94** Έλεγχος Κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov Αριθμού Αναλωθέντων TAC ανά έξοδο Δείγματος<sub>1502M</sub>

από τα οποία συμπεραίνεται ότι υφίστανται ισχυρές ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ( $p=0,000<0,05$ ), οπότε θεωρούμε ότι η κατανομή του πληθυσμού από τον οποίο προέρχεται το δείγμα δεν είναι κανονική. Προβαίνοντας σε μετατροπή της εξαρτημένης μεταβλητής σε μια νέα μεταβλητή  $TAC\_NORM = f(TAC) = \ln(TAC)$  και εφαρμόζοντας εκ νέου τον έλεγχο Kolmogorov-Smirnov στη νέα πλέον μεταβλητή  $TAC\_NORM$  προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα (Σχήμα 3.95):

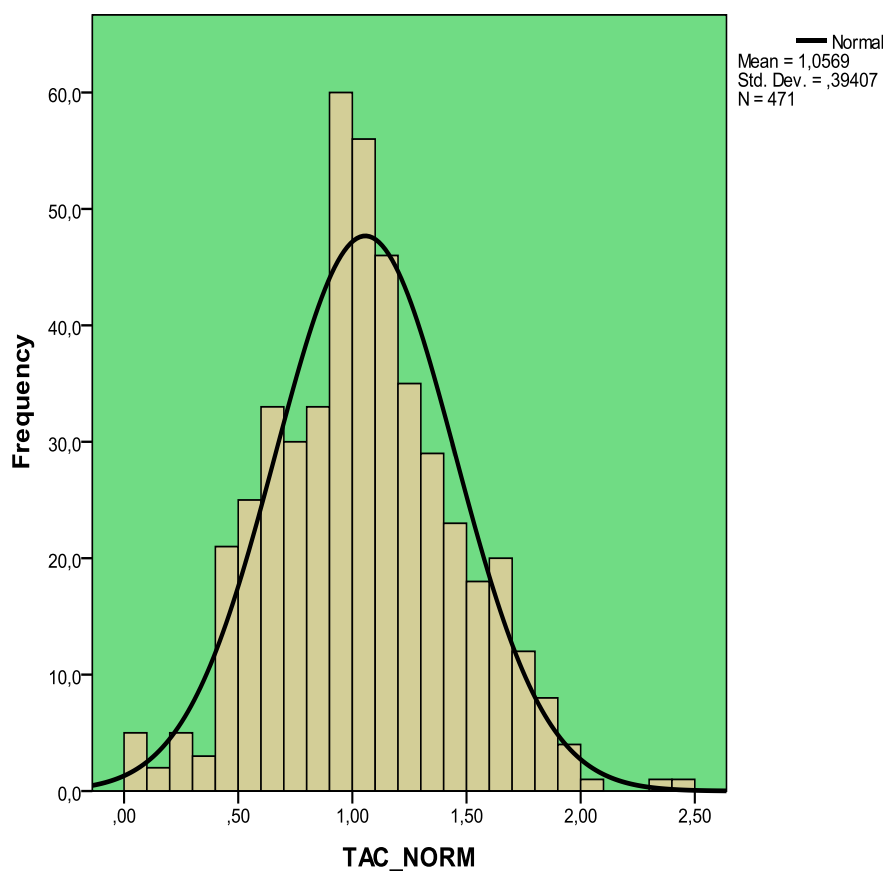
One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
		TAC_NORM
N		471
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	1,0569
	Std. Deviation	,39407
Most Extreme Differences	Absolute	,041
	Positive	,041
	Negative	-,027
Kolmogorov-Smirnov Z		,896
Asymp. Sig. (2-tailed)		<b>,398</b>
a. Test distribution is Normal. b. Calculated from data.		

**Σχήμα 3.95** Έλεγχος Κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov Μεταβλητής  $TAC\_NORM$  Δείγματος<sub>1502M</sub>

από τα οποία συμπεραίνεται ότι δεν υπάρχουν ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ( $p=0,398>0,05$ ), οπότε θεωρούμε ότι οι τιμές της μεταβλητής TAC\_NORM προέρχονται από πληθυσμό που ακολουθεί την κανονική κατανομή. Στα ακόλουθα σχήματα καταγράφονται βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα της (Σχήμα 3.96) και απεικονίζεται γραφικά η κατανομή των συχνοτήτων εμφάνισης των διάφορων τιμών της (Σχήμα 3.97).

Descriptive Statistics							
	N	Range	Minimum	Max	Mean	Std. Deviation	Variance
TAC_NORM	471	2,45	,00	2,45	1,0569	,39407	,155
Valid N (listwise)	471						

**Σχήμα 3.96** Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Μεταβλητής TAC\_NORM Δείγματος 1502M



**Σχήμα 3.97** Ιστογράμμο Συχνοτήτων Μεταβλητής TAC\_NORM Δείγματος 1502M

### 3.4.2 Στοιχεία Παραγόντων Δείγματος<sup>1502M</sup>

#### 3.4.2.1 Στοιχεία Παράγοντα «Χρονική διάρκεια της Πτήσης»

Στο σχήμα που ακολουθεί (Σχήμα 3.98) καταγράφονται βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα του παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης»:

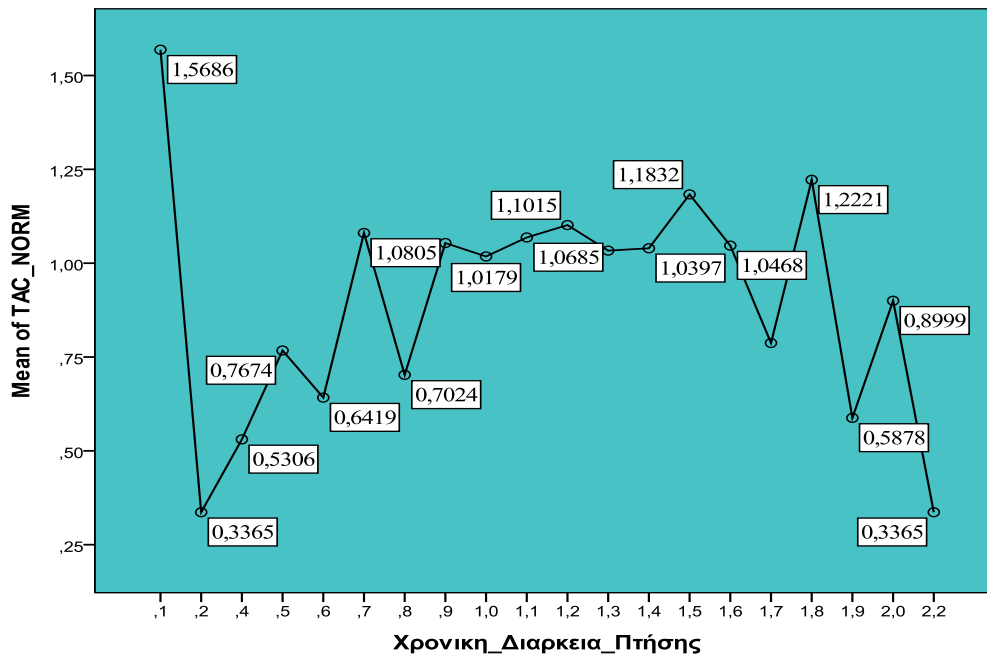
Descriptive Statistics							
	N	Range	Min	Max	Mean	Std. Deviation	Variance
ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΤΗΣΗΣ	471	2,1	,1	2,2	1,282	,2315	,054
Valid N (listwise)	471						

**Σχήμα 3.98** Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης Δείγματος<sup>1502M</sup>

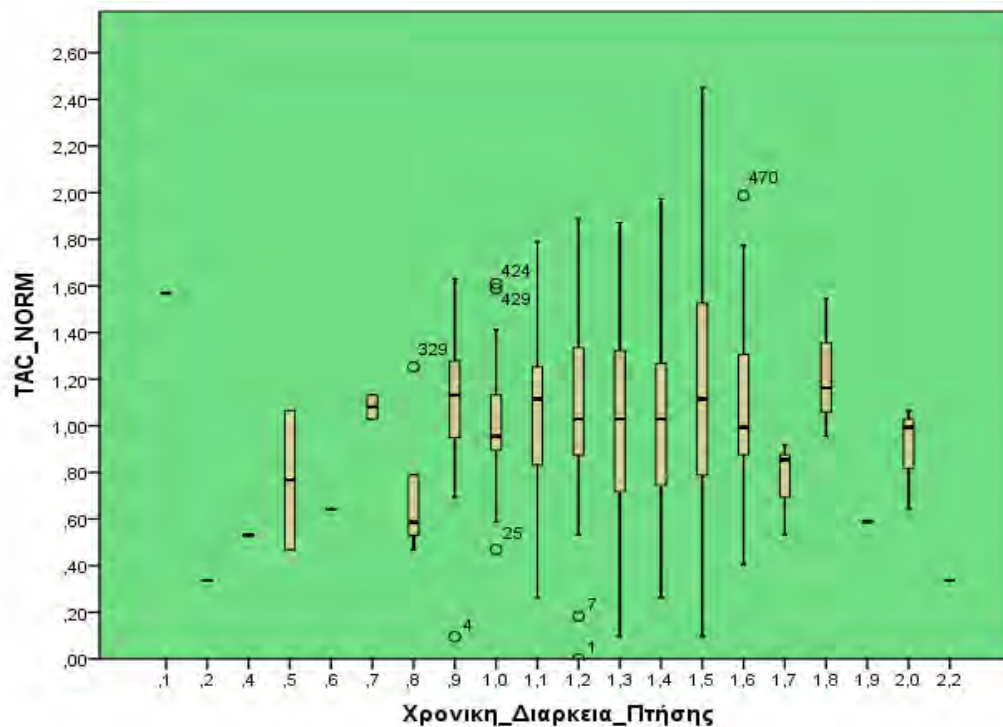
Όπως έχει ήδη μνημονευθεί (βλ. παράγραφο 3.2.2.1) χρησιμοποιώντας τη δυνατότητα που παρέχεται από το SPSS, προβαίνουμε σε υπολογισμό των διαστημάτων εμπιστοσύνης της μέσης τιμής της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM ανά «επίπεδο» του παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» (Σχήμα 3.99) και κατασκευάζουμε τη γραφική παράσταση της μέσης τιμής της καθώς και το θηκόγραμμα των τιμών της (Σχήματα 3.100 και 3.101, αντίστοιχα) σε σχέση με τα «επίπεδα» του παράγοντα.

ΧΡΟΝΙΚΗ_ΔΙΑΡΚΕΙΑ_ ΠΤΗΣΗΣ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower	Upper		
					Bound	Bound		
,1	1	1,5686	.	.	.	.	1,57	1,57
,2	1	,3365	.	.	.	.	,34	,34
,4	1	,5306	.	.	.	.	,53	,53
,5	2	,7674	,42052	,29735	-3,0109	4,5456	,47	1,06
,6	1	,6419	.	.	.	.	,64	,64
,7	2	1,0805	,07197	,05089	,4339	1,7271	1,03	1,13
,8	6	,7024	,29223	,11930	,3957	1,0091	,47	1,25
,9	11	1,0537	,40685	,12267	,7804	1,3270	,10	1,63
1,0	24	1,0179	,28307	,05778	,8984	1,1374	,47	1,61
1,1	74	1,0685	,31802	,03697	,9948	1,1422	,26	1,79
1,2	81	1,1015	,36016	,04002	1,0219	1,1811	,00	1,89
1,3	87	1,0334	,42374	,04543	,9431	1,1237	,10	1,87
1,4	80	1,0397	,40638	,04543	,9492	1,1301	,26	1,97
1,5	54	1,1832	,50371	,06855	1,0457	1,3207	,10	2,45
1,6	32	1,0468	,36646	,06478	,9147	1,1789	,41	1,99
1,7	6	,7873	,14766	,06028	,6324	,9423	,53	,92
1,8	3	1,2221	,30039	,17343	,4759	1,9683	,96	1,55
1,9	1	,5878	.	.	.	.	,59	,59
2,0	3	,8999	,22635	,13068	,3377	1,4622	,64	1,06
2,2	1	,3365	.	.	.	.	,34	,34
Total	471	1,0569	,39407	,01816	1,0212	1,0926	,00	2,45

**Σχήμα 3.99** Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της μεταβλητής TAC\_NORM σε σχέση με τη «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος<sub>1502M</sub>



Σχήμα 3.100 Γραφική Παράσταση της Μέσης Δειγματικής Τιμής της μεταβλητής TAC\_NORM σε σχέση με τη «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος<sub>1502M</sub>



Σχήμα 3.101 Θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM ανά «Επίπεδο» Παράγοντα « Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος<sub>1502M</sub>

Προκειμένου να διαπιστωθεί τυχόν επίδραση του παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» επί της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM θα εφαρμόσουμε τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα, αφού πρώτα εξεταστεί η ισότητα των διακυμάνσεων της TAC\_NORM στα επιμέρους είκοσι «επίπεδα» του παράγοντα. Επισημαίνεται, ότι όπως και για την περίπτωση των προηγούμενων δειγμάτων, οι άλλες δύο προϋποθέσεις για την εφαρμογή της μεθόδου είτε ισχύουν a-priori (τυχαιότητα δείγματος), είτε έχουν εξασφαλιστεί (κανονικότητα εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM.) για το σύνολο των υπό εξέταση παραγόντων.

Με βάση το κριτήριο του Levene (Σχήμα 3.102) προκύπτουν ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης περί της ισότητας των διακυμάνσεων ( $p=0,03<0,05$ ).

Test of Homogeneity of Variances			
TAC_NORM			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2,449 <sup>a</sup>	13	451	,003
a. Groups with only one case are ignored in computing the test of homogeneity of variance for TAC_NORM.			

**Σχήμα 3.102** Έλεγχος Ισότητας LEVENE Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC\_NORM στα «Επίπεδα» του Παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος 1502M

Τροποποιώ τα «επίπεδα» του παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» (Σχήμα 3.103) με σκοπό την απαλοιφή του προβλήματος ύπαρξης επιπέδων με μία και μόνο παρατήρηση έτσι ώστε όλες οι παρατηρήσεις να συμπεριληφθούν στους υπολογισμούς, ως ακολούθως:



Επίπεδο	Χρονική Διάρκεια της Πτήσης
1 <sup>ο</sup>	≤ 1,1
2 <sup>ο</sup>	1,2h
3 <sup>ο</sup>	1,3h
4 <sup>ο</sup>	1,4h
5 <sup>ο</sup>	1,5h
6 <sup>ο</sup>	≥ 1,6h

**Σχήμα 3.103** Τροποποιημένα «Επίπεδα» του Παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» Δείγματος<sub>1502M</sub>

Στο σχήμα που ακολουθεί (Σχήμα 3.104) καταγράφονται τα βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα του νέου πλέον παράγοντα, που προκύπτει και τον οποίο για διαχωρισμό στο εξής από τον παράγοντα «Χρονική Διάρκεια της Πτήσης» ονομάζω «Χρονικά Διαστήματα Πτήσης».

Χρονικά Διαστήματα Πτήσης	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
					Από 0,1h έως 1,1h	123		
1,2h	81	1,1015	,36016	,04002	1,0219	1,1811	,00	1,89
1,3h	87	1,0334	,42374	,04543	,9431	1,1237	,10	1,87
1,4h	80	1,0397	,40638	,04543	,9492	1,1301	,26	1,97
1,5h	54	1,1832	,50371	,06855	1,0457	1,3207	,10	2,45
Από 1,6h έως 2,2h	46	,9894	,35527	,05238	,8839	1,0949	,34	1,99
Total	471	1,0569	,39407	,01816	1,0212	1,0926	,00	2,45

**Σχήμα 3.104** Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της μεταβλητής TAC\_NORM σε σχέση με τον Παράγοντα «Χρονικά Διαστήματα Πτήσης» του Δείγματος<sub>1502M</sub>

Μετά την προαναφερθείσα τροποποίηση διαπιστώνω ότι με βάση το κριτήριο του Levene (Σχήμα 3.105) εξακολουθεί να υφίστανται ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης περί της ισότητας των διακυμάνσεων των έξι επιπέδων του παράγοντα «Χρονικά Διαστήματα Πτήσης» ( $p=0,002<0,05$ ).

Test of Homogeneity of Variances			
TAC_NORM			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3,739	5	464	<b>,002</b>

**Σχήμα 3.105** Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC\_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Χρονικά Διαστήματα Πτήσης» του Δείγματος<sub>1502M</sub>

Εφαρμόζοντας το κριτήριο των Brown-Forsythe (Σχήμα 3.106), συμπεραίνεται ότι δεν προκύπτουν ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης περί της ισότητας της μέσης τιμής της εξαρτημένης μεταβλητής στα επίπεδα του παράγοντα ( $p=0,126>0,05$ ).

Robust Tests of Equality of Means				
TAC_NORM				
	Statistic <sup>a</sup>	df1	df2	Sig.
Brown-Forsythe	1,734	5	341,862	,126

a. Asymptotically F distributed.

**Σχήμα 3.106** Έλεγχος Brown-Forsythe Ισότητας Μέσης Τιμής Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC\_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Χρονικά Διαστήματα Πτήσης» του Δείγματος<sub>1502M</sub>

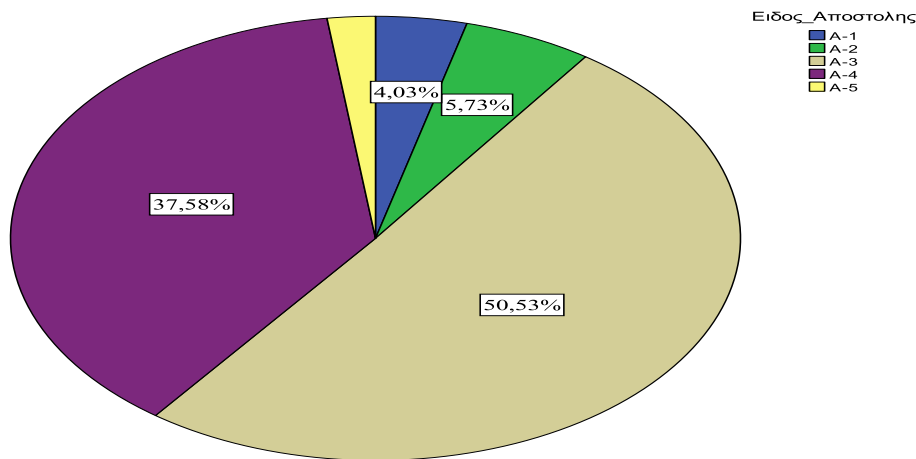
Οπότε, εφαρμόζω τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM ως προς τα επίπεδα του νέου παράγοντα (Σχήμα 3.107), από την οποία συμπεραίνεται ότι υφίστανται ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ( $p=0,106>0,05$ ). Ως εκ τούτου με βάση τις παρατηρήσεις του Δείγματος<sub>1502M</sub> δεν διαφαίνεται επίδραση του παράγοντα στην εξαρτημένη μεταβλητή.

ANOVA					
TAC_NORM					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1,409	5	,282	1,828	<b>,106</b>
Within Groups	71,513	464	,154		
Total	72,922	469			

**Σχήμα 3.107** Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC\_NORM ως προς τον Παράγοντα «Χρονικά Διαστήματα Πτήσης» Δείγματος<sub>1502M</sub>

### 3.4.2.2 Στοιχεία Παράγοντα «Είδος Αποστολής»

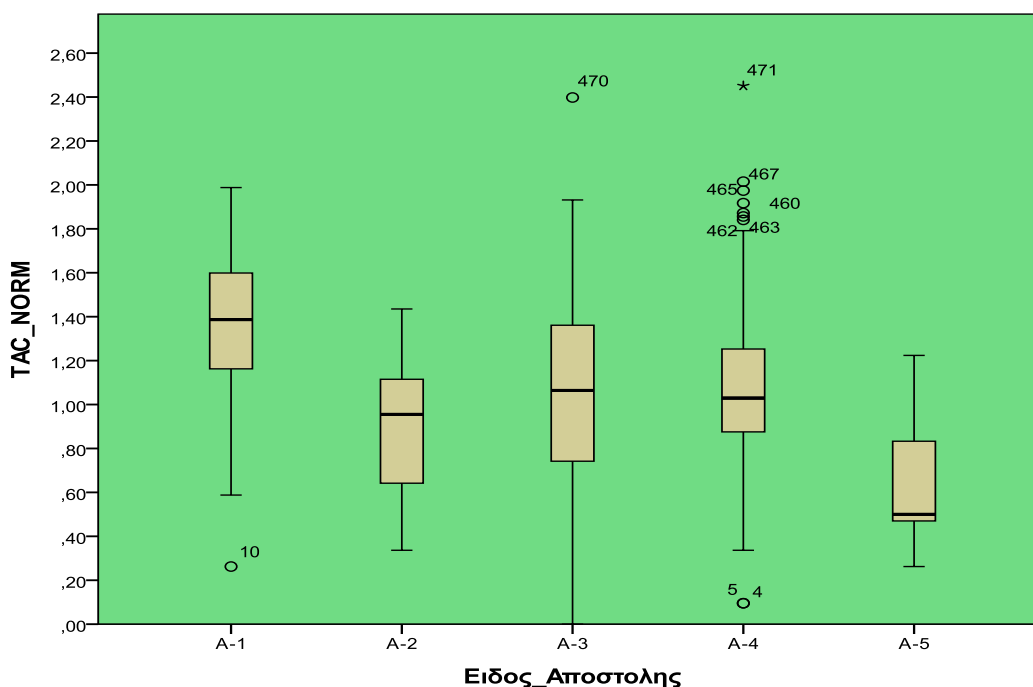
Στα σχήματα που ακολουθούν απεικονίζονται γραφικά τα ποσοστά των επιμέρους επιπέδων του παράγοντα «Είδος Αποστολής» στο Δείγμα<sub>1502M</sub> (Σχήμα 3.108), καταγράφονται βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα της εξαρτημένης μεταβλητής TAC<sub>NORM</sub> στα επιμέρους πέντε επίπεδα του παράγοντα καθώς και τα διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης της τιμής ανά επίπεδο παράγοντα (Σχήμα 3.109) και παρουσιάζεται το αντίστοιχο θηκόγραμμα των τιμών της TAC<sub>NORM</sub> (Σχήμα 3.110).



**Σχήμα 3.108** Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων του Παράγοντα «Είδος Αποστολής» επί του Δείγματος<sub>1502M</sub>

Είδος Αποστολής	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
A-1	19	1,3351	,41127	,09435	1,1368	1,5333	,26	1,99
A-2	27	,9075	,29846	,05744	,7894	1,0255	,34	1,44
A-3	237	1,0618	,41178	,02675	1,0091	1,1145	,00	2,40
A-4	177	1,0648	,35997	,02706	1,0114	1,1182	,10	2,45
A-5	10	,6501	,33241	,10512	,4123	,8879	,26	1,22
Total	470	1,0563	,39432	,01819	1,0206	1,0921	,00	2,45

**Σχήμα 3.109** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων του Παράγοντα «Είδος Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC<sub>NORM</sub> Δείγματος<sub>1502M</sub>



**Σχήμα 3.110** Θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM ανά Επίπεδο του Παράγοντα «Είδος Αποστολής» Δείγματος<sub>1502M</sub>

Προκειμένου να διαπιστωθεί τυχόν επίδραση του παράγοντα «Είδος Αποστολής» επί της εξαρτημένης μεταβλητής θα εφαρμόσουμε τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (One Way ANOVA), αφού πρώτα εξεταστεί η ισότητα των διακυμάνσεων της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM στους δειγματικούς πληθυσμούς των πέντε (5) επιπέδων του παράγοντα.

Με βάση το κριτήριο του Levene (Σχήμα 3.111) δεν προκύπτουν ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης περί της ισότητας των διακυμάνσεων ( $p=0,59>0,05$ ).

Test of Homogeneity of Variances			
TAC_NORM			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2,291	4	465	,059

**Σχήμα 3.111** Έλεγχος Ισότητας LEVENE Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC\_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Είδος Αποστολής» Δείγματος<sub>1502M</sub>

Οπότε, μετά την εφαρμογή της μεθόδου της ανάλυσης διακύμανσης (Σχήμα 3.112) ως προς τον παράγοντα «Είδος Αποστολής» συμπεραίνεται ότι υφίστανται ισχυρές ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ( $p=0,000<0,05$ ).

ANOVA					
TAC_NORM					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3,744	4	,936	6,292	<b>,000</b>
Within Groups	69,178	465	,149		
Total	72,922	469			

**Σχήμα 3.112** Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC\_NORM ως προς τον Παράγοντα «Είδος Αποστολής» Δείγματος<sub>1502M</sub>

Ως εκ τούτου με βάση τις παρατηρήσεις του Δείγματος<sub>1502M</sub> διαφαίνεται επίδραση του παράγοντα στην εξαρτημένη μεταβλητή. Το ενδιαφέρον πλέον εστιάζεται στον εντοπισμό των επιπέδων του παράγοντα στα οποία διαφέρουν οι μέσες τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής. Ο αριθμός των απαιτούμενων συγκρίσεων είναι  $10 [= 5(5-1) / 2]$ , οπότε δύναται η χρήση του κριτηρίου του Bonferroni με βάση το οποίο προκύπτει διαφορά των μέσων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM μεταξύ του επιπέδου A1 και των υπολοίπων καθώς και του A-5 με τα επίπεδα A-3 και A-4 του παράγοντα «Είδος Αποστολής» του Δείγματος<sub>150M</sub> (Σχήμα 3.113).

Multiple Comparisons						
TAC_NORM						
Bonferroni						
(I) ΕΙΔΟΣ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ	(J) ΕΙΔΟΣ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
<b>A-1</b>	A-2	,42760*	,11550	,002	,1018	,7534
	A-3	,27329*	,09197	,031	,0139	,5327
	A-4	,27028*	,09312	,039	,0076	,5329
	A-5	,68494*	,15069	,000	,2599	1,1100
<b>A-2</b>	A-1	-,42760*	,11550	,002	-,7534	-,1018
	A-3	-,15430	,07834	,495	-,3753	,0667
	A-4	-,15732	,07969	,490	-,3821	,0674
	A-5	,25735	,14278	,721	-,1454	,6601
<b>A-3</b>	A-1	-,27329*	,09197	,031	-,5327	-,0139
	A-2	,15430	,07834	,495	-,0667	,3753
	A-4	-,00302	,03832	1,000	-,1111	,1051
	A-5	,41165*	,12452	,010	,0604	,7629
<b>A-4</b>	A-1	-,27028*	,09312	,039	-,5329	-,0076
	A-2	,15732	,07969	,490	-,0674	,3821
	A-3	,00302	,03832	1,000	-,1051	,1111
	A-5	,41467*	,12537	,010	,0611	,7683
<b>A-5</b>	A-1	-,68494*	,15069	,000	-1,1100	-,2599
	A-2	-,25735	,14278	,721	-,6601	,1454
	A-3	-,41165*	,12452	,010	-,7629	-,0604
	A-4	-,41467*	,12537	,010	-,7683	-,0611

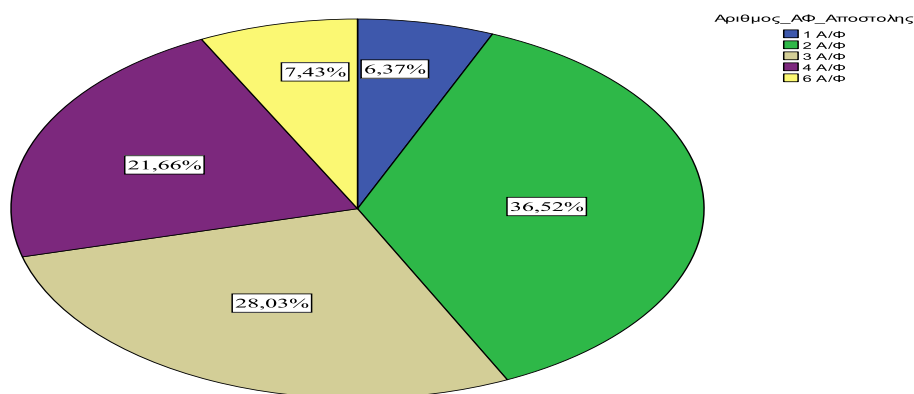
\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

**Σχήμα 3.113** Εφαρμογή Κριτηρίου Bonferroni επί των μέσων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM ως προς τον Παράγοντα «Είδος Αποστολής» Δείγματος 1502M

Σημειώνεται, ότι η τιμή 1,000 ως πιθανότητα εσφαλμένης απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης, εμφανίζεται ως στρογγυλοποίηση στις περιπτώσεις που η διορθωμένη πιθανότητα για εσφαλμένη απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης υπερβαίνει την τιμή 0,9995.

### 3.4.2.3 Στοιχεία Παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής»

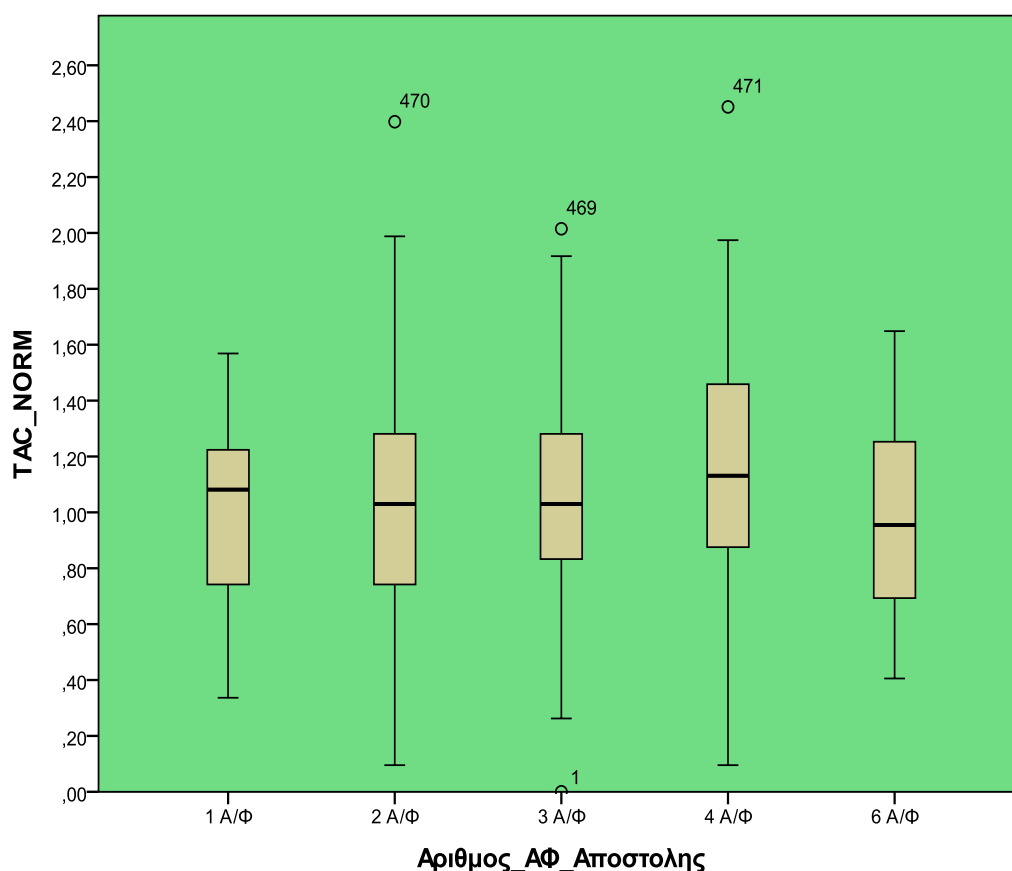
Στα σχήματα που ακολουθούν απεικονίζονται γραφικά τα ποσοστά των επιμέρους επιπέδων του παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» στο Δείγμα<sub>150.2M</sub> (Σχήμα 3.114), καταγράφονται βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα της εξαρτημένης μεταβλητής TAC<sub>NORM</sub> στα επιμέρους τέσσερα επίπεδα του παράγοντα καθώς και τα διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης της τιμής ανά επίπεδο παράγοντα (Σχήμα 3.115) και παρουσιάζεται το αντίστοιχο θηκόγραμμα των τιμών της TAC<sub>NORM</sub> (Σχήμα 3.116).



**Σχήμα 3.114** Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων του Παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» Δείγματος<sub>150.2M</sub>

Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
1 Α/Φ	30	1,0102	,31585	,05767	,8922	1,1281	,34	1,57
2 Α/Φ	172	1,0288	,41291	,03148	,9667	1,0910	,10	2,40
3 Α/Φ	131	1,0577	,35415	,03094	,9965	1,1190	,00	2,01
4 Α/Φ	102	1,1421	,43814	,04338	1,0560	1,2281	,10	2,45
6 Α/Φ	35	,9759	,34342	,05805	,8580	1,0939	,41	1,65
Total	470	1,0563	,39432	,01819	1,0206	1,0921	,00	2,45

**Σχήμα 3.115** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων του Παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM ανά επίπεδο παράγοντα Δείγματος 1502M



**Σχήμα 3.116** Θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM ανά Επίπεδο του Παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» Δείγματος 1502M

Προκειμένου να διαπιστωθεί τυχόν επίδραση του παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» επί της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM θα εφαρμόσουμε τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης ως προς τον παράγοντα, αφού πρώτα εξεταστεί η ισότητα των διακυμάνσεων της εξαρτημένης μεταβλητής στους δειγματικούς πληθυσμούς των έξι επιπέδων του παράγοντα.

Με βάση το κριτήριο του Levene (Σχήμα 3.117) δεν προκύπτουν ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης περί της ισότητας των διακυμάνσεων ( $p=0,072>0,05$ ).



Test of Homogeneity of Variances			
TAC_NORM			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2,168	4	465	<b>,072</b>

**Σχήμα 3.117** Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC\_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» Δείγματος<sub>1502M</sub>

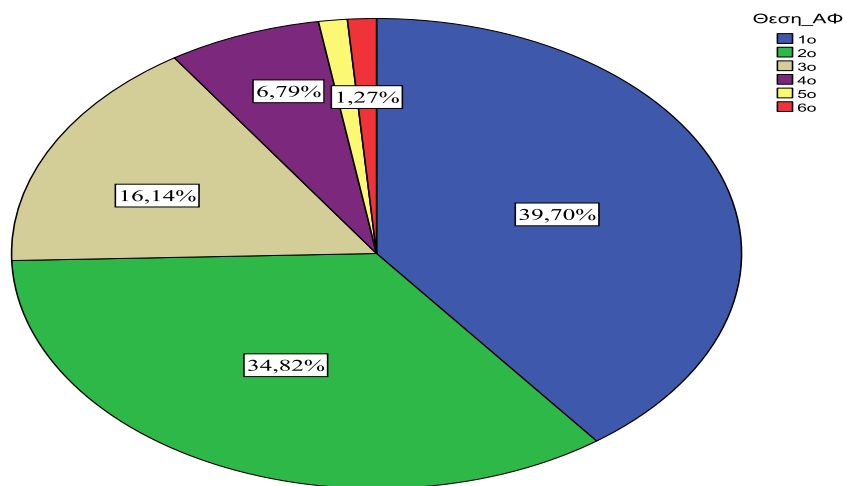
Οπότε, μετά την εφαρμογή της μεθόδου της ανάλυσης διακύμανσης (Σχήμα 3.118) ως προς έναν παράγοντα, συμπεραίνεται ότι δεν υφίστανται ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ( $p=0,110>0,05$ ), και ως εκ τούτου με βάση τις παρατηρήσεις του Δείγματος<sub>1502M</sub> δεν διαφαίνεται επίδραση του παράγοντα στην εξαρτημένη μεταβλητή.

ANOVA					
TAC_NORM					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1,170	4	,293	1,896	<b>,110</b>
Within Groups	71,752	465	,154		
Total	72,922	469			

**Σχήμα 3.118** Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC\_NORM ως προς τον Παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» Δείγματος<sub>1502M</sub>

### 3.4.2.4 Στοιχεία Παράγοντα «Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής»

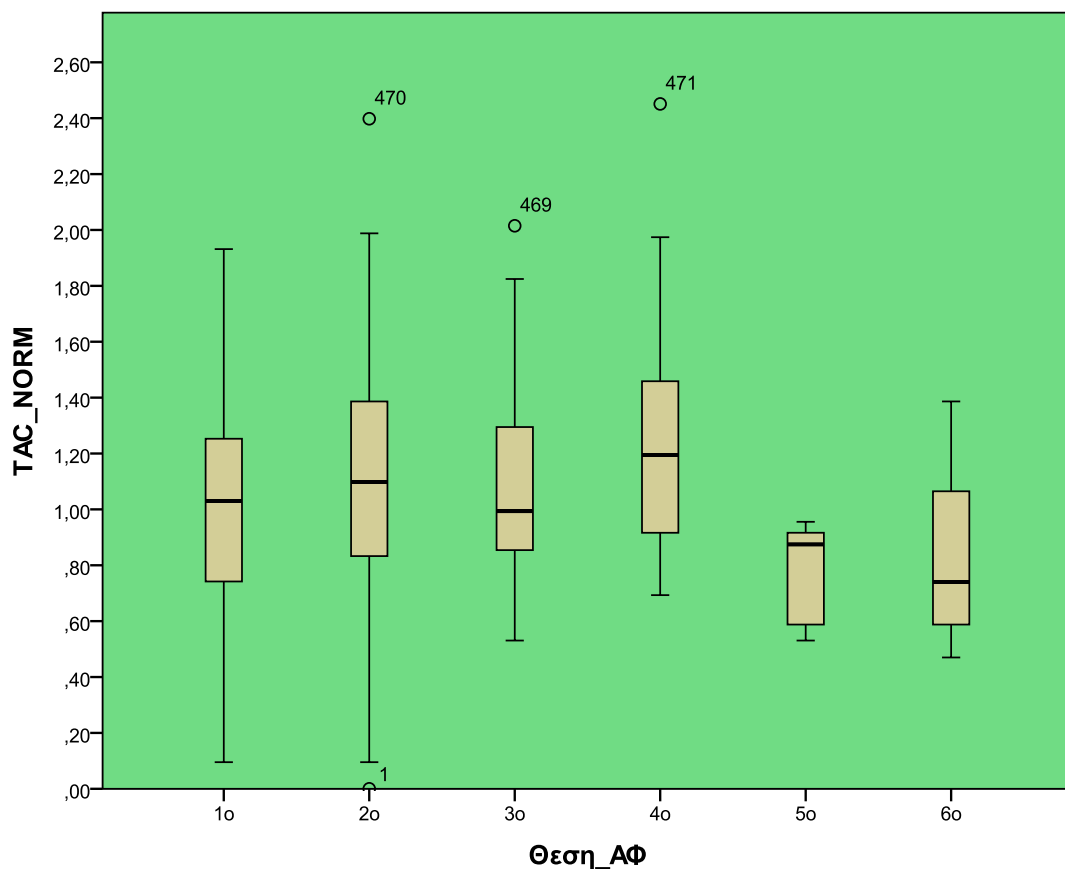
Στα σχήματα που ακολουθούν απεικονίζονται γραφικά τα ποσοστά των επιμέρους επιπέδων του παράγοντα «Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» στο Δείγμα<sub>1502M</sub> (Σχήμα 3.119), καταγράφονται βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM στα επιμέρους έξι επίπεδα του παράγοντα καθώς και τα διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης της τιμής ανά επίπεδο παράγοντα (Σχήμα 3.120) και παρουσιάζεται το αντίστοιχο θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM (Σχήμα 3.121).



**Σχήμα 3.119** Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων Παράγοντα «Θέση Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» Δείγματος<sub>1502M</sub>

Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
					1ο	187		
2ο	164	1,0959	,42311	,03304	1,0307	1,1611	,00	2,40
3ο	76	1,0903	,34155	,03918	1,0122	1,1683	,53	2,01
4ο	31	1,2398	,40936	,07352	1,0896	1,3900	,69	2,45
5ο	6	,7899	,18401	,07512	,5968	,9830	,53	,96
6ο	6	,8317	,33860	,13823	,4764	1,1871	,47	1,39
Total	470	1,0563	,39432	,01819	1,0206	1,0921	,00	2,45

**Σχήμα 3.120** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επίπεδων του Παράγοντα «Θέση Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM Δείγματος 1502M



**Σχήμα 3.121** Θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM ανά Επίπεδο του Παράγοντα «Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» Δείγματος 1502M

Προκειμένου να διαπιστωθεί τυχόν επίδραση του παράγοντα «Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» επί της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM θα εφαρμόσουμε τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης ως προς ένα παράγοντα, αφού πρώτα εξεταστεί η ισότητα των διακυμάνσεων της εξαρτημένης μεταβλητής στους δειγματικούς πληθυσμούς των τεσσάρων επιπέδων του παράγοντα.

Με βάση το κριτήριο του Levene (Σχήμα 3.122) δεν προκύπτουν ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης περί της ισότητας των διακυμάνσεων ( $p=0,333>0,05$ ).

Test of Homogeneity of Variances			
TAC_NORM			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,150	5	464	,333

**Σχήμα 3.122** Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC\_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» Δείγματος<sub>1502M</sub>

Οπότε, μετά την εφαρμογή της μεθόδου της ανάλυσης διακύμανσης (Σχήμα 3.123) ως προς τον παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής», συμπεραίνεται ότι υφίστανται ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ( $p=0,002<0,05$ ), και ως εκ τούτου με βάση τις παρατηρήσεις του Δείγματος<sub>1502M</sub> διαφαίνεται επίδραση του παράγοντα στην εξαρτημένη μεταβλητή.

ANOVA					
TAC_NORM					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2,862	5	,572	3,791	<b>,002</b>
Within Groups	70,060	464	,151		
Total	72,922	469			

**Σχήμα 3.123** Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC\_NORM ως προς τον Παράγοντα «Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» Δείγματος<sub>1502M</sub>

Για τον εντοπισμό των επιπέδων του παράγοντα στα οποία διαφέρουν οι μέσες τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής, δεδομένου ότι ο αριθμός των συγκρίσεων είναι 15 ( $=6(6-1)/2$ ) εφαρμόζουμε το κριτήριο του Tukey (Σχήμα 3.124).

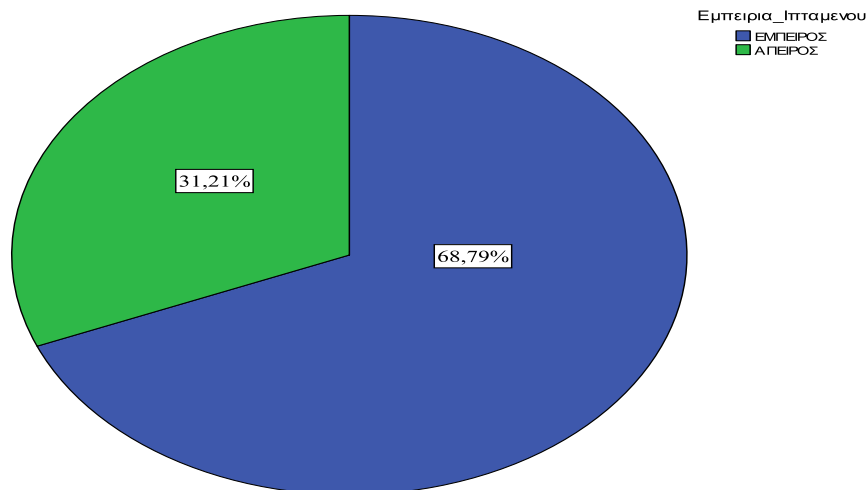
Multiple Comparisons						
TAC_NORM						
Tukey HSD						
(I) Θεση_ΑΦ	(J) Θεση_ΑΦ	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1o	2o	-,10272	,04157	,135	-,2217	,0162
	3o	-,09707	,05286	,443	-,2483	,0542
	4o	-,24662*	,07535	,014	-,4623	-,0310
	5o	,20328	,16116	,806	-,2579	,6645
	6o	,16145	,16116	,917	-,2997	,6226
2o	1o	,10272	,04157	,135	-,0162	,2217
	3o	,00565	,05392	1,000	-,1487	,1600
	4o	-,14390	,07610	,409	-,3617	,0739
	5o	,30601	,16151	,407	-,1562	,7682
	6o	,26418	,16151	,575	-,1980	,7264
3o	1o	,09707	,05286	,443	-,0542	,2483
	2o	-,00565	,05392	1,000	-,1600	,1487
	4o	-,14955	,08281	,463	-,3865	,0874
	5o	,30035	,16478	,452	-,1712	,7719
	6o	,25852	,16478	,620	-,2130	,7301
4o	1o	,24662*	,07535	,014	,0310	,4623
	2o	,14390	,07610	,409	-,0739	,3617
	3o	,14955	,08281	,463	-,0874	,3865
	5o	,44990	,17331	,100	-,0461	,9459
	6o	,40807	,17331	,175	-,0879	,9040
5o	1o	-,20328	,16116	,806	-,6645	,2579
	2o	-,30601	,16151	,407	-,7682	,1562
	3o	-,30035	,16478	,452	-,7719	,1712
	4o	-,44990	,17331	,100	-,9459	,0461
	6o	-,04183	,22434	1,000	-,6838	,6002
6o	1o	-,16145	,16116	,917	-,6226	,2997
	2o	-,26418	,16151	,575	-,7264	,1980
	3o	-,25852	,16478	,620	-,7301	,2130
	4o	-,40807	,17331	,175	-,9040	,0879
	5o	,04183	,22434	1,000	-,6002	,6838

**Σχήμα 3.124** Εφαρμογή Κριτηρίου Tukey's Honestly Significant Difference test επί των μέσων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM ως προς τον Παράγοντα «Θέση του Α/Φ στο Σχηματισμό της Αποστολής» Δείγματος<sub>1502M</sub>

Από την εφαρμογή του κριτηρίου προκύπτει διαφορά των μέσων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM μεταξύ του 1<sup>ου</sup> και του 4<sup>ου</sup> επιπέδου του παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» του Δείγματος<sub>1502M</sub>.

### 3.4.2.5 Στοιχεία Παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου»

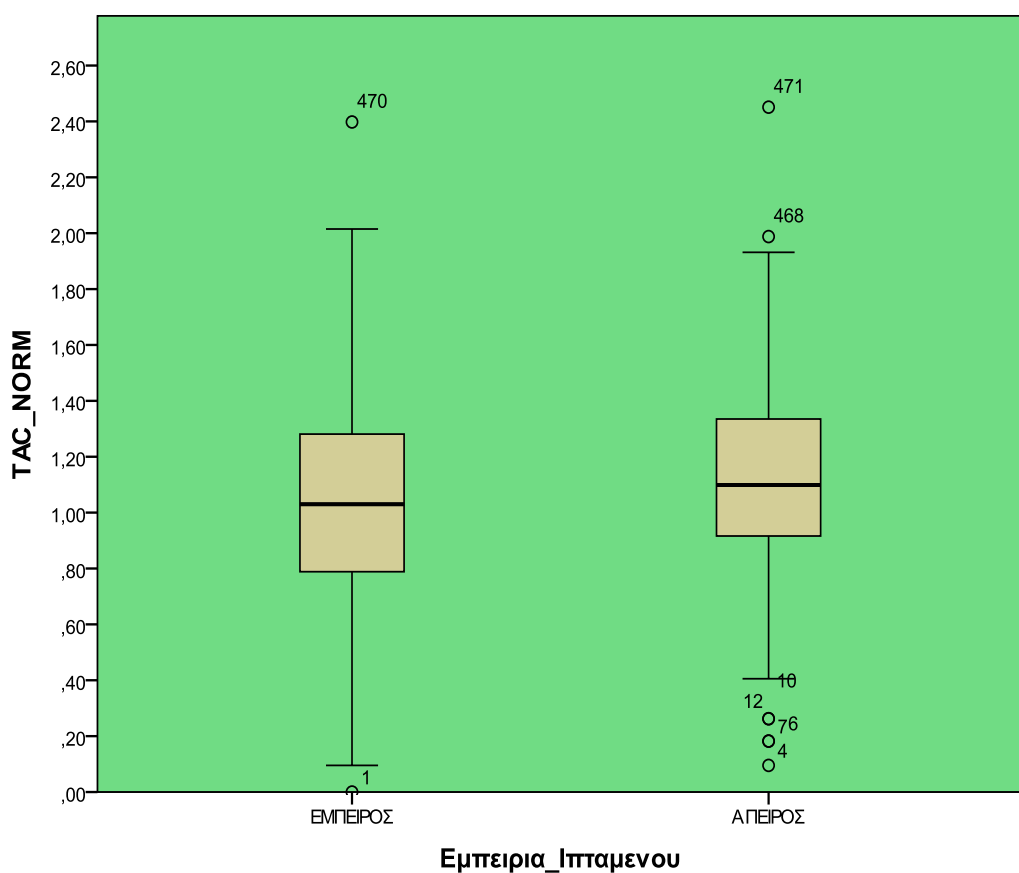
Στα σχήματα που ακολουθούν απεικονίζονται γραφικά τα ποσοστά των επιμέρους επιπέδων του παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου» στο Δείγμα<sub>1502M</sub> (Σχήμα 3.125), καταγράφονται βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM στα επιμέρους τρία επίπεδα του παράγοντα καθώς και τα διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης της τιμής ανά επίπεδο παράγοντα (Σχήμα 3.126) και παρουσιάζεται το αντίστοιχο θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM (Σχήμα 3.127).



**Σχήμα 3.125** Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων του Παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου» Δείγματος 1502M

Εμπειρία Ιπταμένου	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ΕΜΠΕΙΡΟΣ	323	1,0320	,38943	,02167	,9893	1,0746	,00	2,40
ΑΠΕΙΡΟΣ	147	1,1099	,40100	,03307	1,0445	1,1752	,10	2,45
Total	470	1,0563	,39432	,01819	1,0206	1,0921	,00	2,45

**Σχήμα 3.126** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα. Επιπέδων του Παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM Δείγματος<sub>1502M</sub>



**Σχήμα 3.127** Θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM ανά Επίπεδο του Παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου» Δείγματος<sub>150M</sub>

Προκειμένου να διαπιστωθεί τυχόν επίδραση του παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου» επί της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM θα εφαρμόσουμε τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης ως προς τον παράγοντα, αφού πρώτα εξεταστεί η ισότητα

των διακυμάνσεων της εξαρτημένης μεταβλητής στους δειγματικούς πληθυσμούς των δύο επιπέδων του παράγοντα.

Με βάση το κριτήριο του Levene (Σχήμα 3.128) δεν προκύπτουν ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης περί της ισότητας των διακυμάνσεων ( $p=0,918>0,05$ ).

Test of Homogeneity of Variances			
TAC_NORM			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,011	1	468	<b>,918</b>

**Σχήμα 3.128** Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC\_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Εμπειρία Ιπτάμενου» Δείγματος<sub>1502M</sub>

Οπότε, μετά την εφαρμογή της μεθόδου της ανάλυσης διακύμανσης (Σχήμα 3.129) ως προς τον παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου», συμπεραίνεται ότι υφίστανται ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ( $p=0,47<0,05$ ), και ως εκ τούτου με βάση τις παρατηρήσεις του Δείγματος<sub>1502M</sub> διαφαίνεται επίδραση του παράγοντα στην εξαρτημένη μεταβλητή.

ANOVA					
TAC_NORM					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,613	1	,613	3,968	<b>,047</b>
Within Groups	72,309	468	,155		
Total	72,922	469			

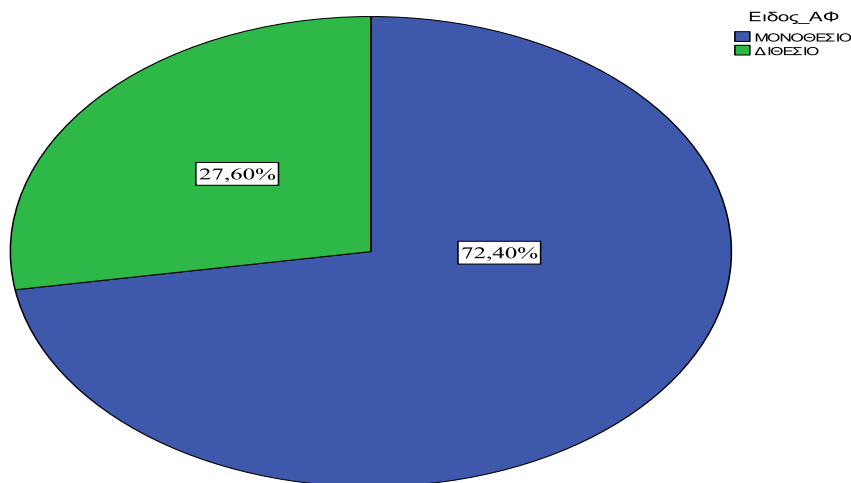
**Σχήμα 3.129** Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC\_NORM ως προς την «Εμπειρία Ιπτάμενου» Δείγματος<sub>1502M</sub>

Δεδομένου ότι αποδεχόμαστε την επίδραση του παράγοντα και του ότι ο παράγοντας έχει μόνο δύο επίπεδα συμπεραίνεται ότι αντίστοιχες μέσες τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής διαφέρουν στα εν λόγω επίπεδα.



### 3.4.2.6 Στοιχεία Παράγοντα «Είδος Α/Φ»

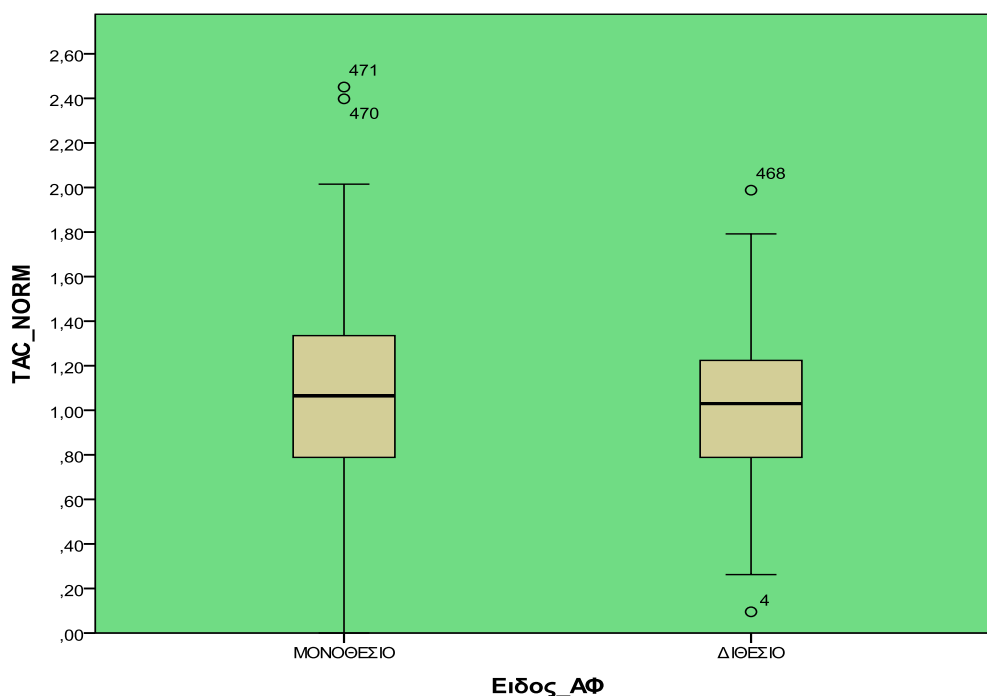
Στα σχήματα που ακολουθούν απεικονίζονται γραφικά τα ποσοστά των επιμέρους επιπέδων του παράγοντα «Είδος Α/Φ» (Μονοθέσιο ή Διθέσιο) στο Δείγμα  $_{1502M}$  (Σχήμα 3.130), καταγράφονται βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM στα επιμέρους δύο επίπεδα του παράγοντα καθώς και τα διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης τιμής της ανά επίπεδο παράγοντα (Σχήμα 3.131) και παρουσιάζεται το αντίστοιχο θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM (Σχήμα 3.132).



Σχήμα 3.130 Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους επιπέδων του Παράγοντα «Είδος Α/Φ» Δείγματος  $_{1502M}$

Είδος Α/Φ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ΜΟΝΟΘΕΣΙΟ	341	1,0663	,41066	,02224	1,0225	1,1100	,00	2,45
ΔΙΘΕΣΙΟ	129	1,0301	,34756	,03060	,9696	1,0907	,10	1,99
Total	470	1,0563	,39432	,01819	1,0206	1,0921	,00	2,45

Σχήμα 3.131 Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων του Παράγοντα «Είδος Α/Φ» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM Δείγματος  $_{1502M}$



**Σχήμα 3.132** Θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM ανά Επίπεδο του Παράγοντα «Είδος Α/Φ» Δείγματος<sub>1502M</sub>

Προκειμένου να διαπιστωθεί τυχόν επίδραση του παράγοντα «Είδος Α/Φ» επί της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM θα εφαρμόσουμε τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης ως προς τον παράγοντα, αφού πρώτα εξεταστεί η ισότητα των διακυμάνσεων της εξαρτημένης μεταβλητής στους δύο δειγματικούς πληθυσμούς που ορίζονται από τα επίπεδα του παράγοντα.

Με βάση το κριτήριο του Levene (Σχήμα 3.133) προκύπτουν ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης περί της ισότητας των διακυμάνσεων ( $p=0,014 < 0,05$ ).

Test of Homogeneity of Variances			
TAC_NORM			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
6,024	1	468	,014

**Σχήμα 3.133** Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC\_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Είδος Α/Φ» Δείγματος<sub>1502M</sub>

Εφαρμόζοντας το κριτήριο των Brown-Forsythe (Σχήμα 3.134), συμπεραίνεται ότι δεν προκύπτουν ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης περί της ισότητας της μέσης τιμής της εξαρτημένης μεταβλητής στα επίπεδα του παράγοντα ( $p=0,340>0,05$ ).

Robust Tests of Equality of Means				
TAC_NORM				
	Statistic <sup>a</sup>	df1	df2	Sig.
Brown-Forsythe	,912	1	270,497	,340
a. Asymptotically F distributed.				

**Σχήμα 3.134** Έλεγχος Brown-Forsythe Ισότητας Μέσης Τιμής Εξαρτημένης Μεταβλητής TAC\_NORM στα Επίπεδα του Παράγοντα «Χρονικά Διαστήματα Πτήσης» του Δείγματος<sub>1502M</sub>

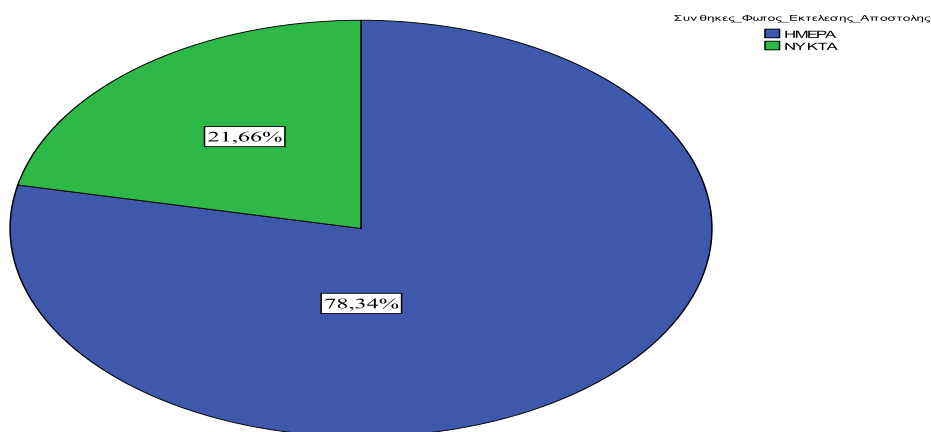
Οπότε, μετά την εφαρμογή της μεθόδου της ανάλυσης διακύμανσης (Σχήμα 3.135) ως προς τον παράγοντα «Είδος Α/Φ», συμπεραίνεται ότι δεν υφίστανται ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ( $p=0,376>0,05$ ), και ως εκ τούτου με βάση τις παρατηρήσεις του Δείγματος<sub>1502M</sub> δεν διαφαίνεται επίδραση του παράγοντα στην εξαρτημένη μεταβλητή.

ANOVA					
TAC_NORM					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,122	1	,122	,786	,376
Within Groups	72,800	468	,156		
Total	72,922	469			

**Σχήμα 3.135** Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC\_NORM ως προς το «Είδος Α/Φ» Δείγματος<sub>1502M</sub>

### 3.4.2.7 Στοιχεία Παράγοντα «Συνθήκες φωτός εκτέλεσης της αποστολής»

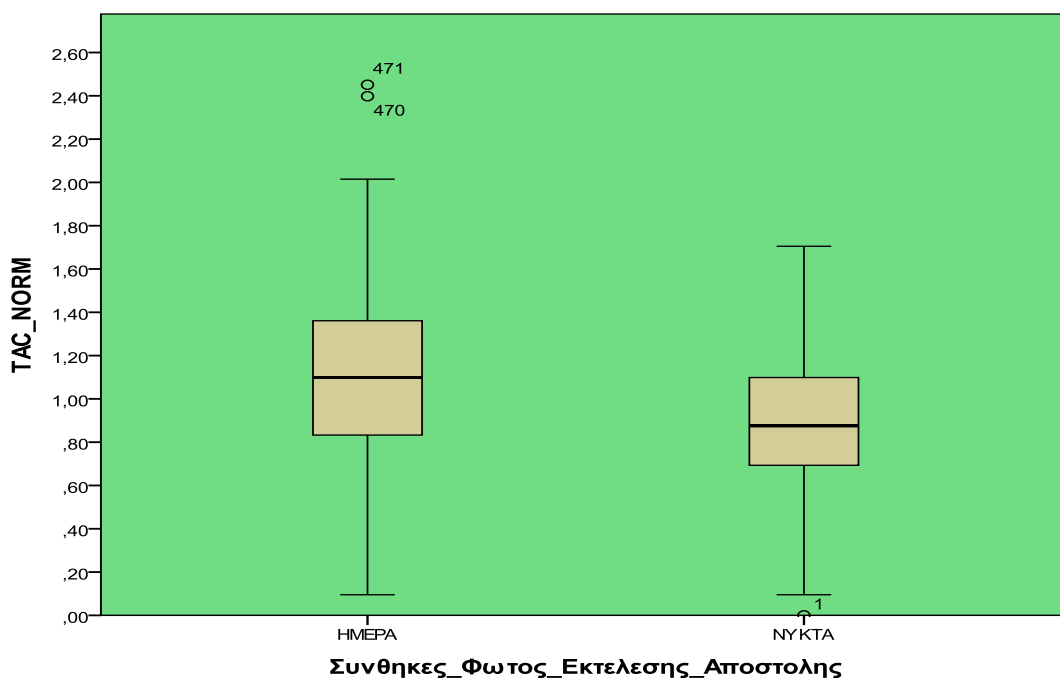
Στα σχήματα που ακολουθούν απεικονίζονται γραφικά τα ποσοστά των επιμέρους επιπέδων του παράγοντα «Συνθήκες φωτός εκτέλεσης της αποστολής» (Ημέρα-Νύκτα) στο Δείγμα<sub>1502M</sub> (Σχήμα 3.136), καταγράφονται βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα της εξαρτημένης μεταβλητής TAC\_NORM στα επιμέρους δύο επίπεδα του παράγοντα καθώς και τα διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης τιμής της ανά επίπεδο παράγοντα (Σχήμα 3.137) και παρουσιάζεται το αντίστοιχο θηκόγραμμα των τιμών της TAC\_NORM (Σχήμα 3.138).



**Σχήμα 3.136** Κυκλικό Διάγραμμα ποσοστού επιμέρους Επιπέδων του Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της αποστολής» Δείγματος<sub>1502M</sub>

Συνθήκες φωτός εκτέλεσης της αποστολής	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
ΕΜΠΕΙΡΟΣ	323	1,0320	,38943	,02167	,9893	1,0746	,00	2,40
ΑΠΕΙΡΟΣ	147	1,1099	,40100	,03307	1,0445	1,1752	,10	2,45
Total	470	1,0563	,39432	,01819	1,0206	1,0921	,00	2,45

**Σχήμα 3.137** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα, Επιπέδων του Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM Δείγματος<sub>1502M</sub>



**Σχήμα 3.138** Θηκόγραμμα των τιμών της *TAC\_NORM* ανά Επίπεδο του Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της αποστολής» Δείγματος  $_{1502M}$

Προκειμένου να διαπιστωθεί τυχόν επίδραση του παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της αποστολής» επί της εξαρτημένης μεταβλητής *TAC\_NORM* θα εφαρμόσουμε τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης ως προς τον παράγοντα, αφού πρώτα εξεταστεί η ισότητα των διακυμάνσεων της εξαρτημένης μεταβλητής στους δύο δειγματικούς πληθυσμούς που ορίζονται από τα επίπεδα του παράγοντα.

Με βάση το κριτήριο του Levene (Σχήμα 3.139) δεν προκύπτουν ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ( $p=0,918>0,05$ ) και θεωρούμε την ισότητα των διακυμάνσεων.

Test of Homogeneity of Variances			
TAC_NORM			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,011	1	468	,918

**Σχήμα 3.139** Έλεγχος LEVENE Ισότητας Διακυμάνσεων Εξαρτημένης Μεταβλητής *TAC\_NORM* στα Επίπεδα του Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της αποστολής» Δείγματος  $_{1502M}$

Οπότε, μετά την εφαρμογή της μεθόδου της ανάλυσης διακύμανσης ως προς τον παράγοντα «Συνθήκες φωτός εκτέλεσης της αποστολής» συμπεραίνεται (Σχήμα 3.140) ότι υφίστανται ενδείξεις απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ( $p=0,047<0,05$ ), και ως εκ τούτου με βάση τις παρατηρήσεις του Δείγματος<sub>1502M</sub> διαφαίνεται επίδραση του παράγοντα στην εξαρτημένη μεταβλητή.

ANOVA					
TAC_NORM					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,613	1	,613	3,968	<b>,047</b>
Within Groups	72,309	468	,155		
Total	72,922	469			

**Σχήμα 3.140** Εφαρμογή One Way ANOVA της TAC\_NORM ως προς τον παράγοντα «Συνθήκες Φωτός εκτέλεσης της αποστολής» Δείγματος<sub>1502M</sub>

Δεδομένου ότι αποδεχόμαστε την επίδραση του παράγοντα και του ότι ο παράγοντας έχει μόνο δύο επίπεδα συμπεραίνεται ότι αντίστοιχες μέσες τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής διαφέρουν στα εν λόγω επίπεδα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί καταγράφονται τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα της εφαρμογής Ανάλυσης Διακύμανσης και Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης με χρήση του στατιστικού πακέτου IBM SPSS 19.0 σε υποσύνολα των δειγμάτων Δείγμα<sub>130M</sub>, Δείγμα<sub>150.1M</sub> και Δείγμα<sub>150.2M</sub>.

## 4.1 Παραδοχές

Δεδομένου, ότι στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η παροχή ενός ρεαλιστικού και εφαρμόσιμου εργαλείου για το τεχνικό προσωπικό των Πολεμικών Μοιρών στις περιπτώσεις κατά τις οποίες τίθεται θέμα κλιμάκωσης A-K στη διαδικασία του προγραμματισμού A/Φ για πτήση, κρίνεται σκόπιμο αρχικά να γίνουν οι ακόλουθες παραδοχές:

- Ο παράγοντας «Χρονική διάρκεια της Πτήσης» δεν είναι γνωστός πριν από την εκτέλεση της πτήσης και για το λόγο αυτό δεν θα ληφθεί υπόψη δεδομένου ότι δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί ως μεταβλητή απόφασης για τη συμμετοχή ή μη ενός A/Φ για πτήση.

- Οι Αποστολές A-3 και A-4, αποτελούν την πλειοψηφία των παρατηρήσεων-πτήσεων (άνω του 87%) στην περίπτωση και των τριών δειγμάτων. Δεν θεωρείται συνεπώς αναγκαία, τουλάχιστον στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, η όποια ανάλυση εμπεριέχει την περίπτωση των υπολοίπων αποστολών (A-1, A-2 και A-5), δεδομένου ότι ακόμη και αν επηρεάζουν την ανάλωση TAC, η πολύ μικρή συχνότητα εκτέλεσής τους δεν θα υποβοηθήσει τελικώς τη διαδικασία κλιμάκωσης των A-K.

- Οι περιπτώσεις πτήσεων όπου ο «Αριθμός των A/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» είναι τρία (3) και πέντε (5), συγχωνεύονται με τις περιπτώσεις στις οποίες ο προγραμματισμένος «Αριθμός των A/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» είναι τέσσερα (4) και έξι (6), αντίστοιχα. Ο λόγος για την υπόψη συγχώνευση έγκειται στο γεγονός ότι στο ημερήσιο πρόγραμμα πτήσεων δεν υφίστανται αποστολές με σχηματισμούς τριών (3) και πέντε (5) A/Φ, δεδομένου ότι αυτές



προκύπτουν εκ των υστέρων για τους λόγους που έχουν ήδη προαναφερθεί. Κατ' αναλογία, συγχωνεύονται και τα αντίστοιχα επίπεδα του παράγοντα «Θέση Α/Φ» (3<sup>ο</sup> και 4<sup>ο</sup>, 5<sup>ο</sup> και 6<sup>ο</sup>).

- Οι Πολεμικές Μοίρες δίνουν ιδιαίτερη βαρύτητα στη διαθεσιμότητα των διθέσιων Α/Φ - σημειώνεται ότι αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό του συνόλου της δύναμης των Α/Φ τους – δεδομένου ότι προκύπτουν συχνά απαιτήσεις για την εκπαίδευση του Ιπτάμενου προσωπικού τους, αλλά κυρίως γιατί υφίστανται διαρκώς απαιτήσεις εκπαίδευσης του νεοτοποθετημένου στη Μονάδα Ιπτάμενου προσωπικού. Για το λόγο αυτό στα διθέσια Α/Φ δεν τοποθετούνται Α-Κ οι οποίοι τελούν υπό κλιμάκωση και που συνεπώς απαιτείται να συμμετέχουν περιστασιακά ίσως στις πτήσεις της εκάστοτε Πολεμικής Μοίρας. Ως απόρροια, η ανάλυση που ακολουθεί αφορά μόνο τα Μονοθέσια Α/Φ και ως εκ τούτου, ο παράγοντας «Είδος Α/Φ» δεν θα ληφθεί υπόψη.

- Αποκλειστικά και μόνο για λόγους σύγκρισης των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν για τις τρεις Πολεμικές Μοίρες, ο παράγοντας «Εμπειρία Ιπταμένου» του Δείγματος<sub>130M</sub> τροποποιείται, ώστε να διακρίνεται σε δύο επίπεδα (Εμπειρος - Άπειρος Ιπτάμενος), κατ' αντιστοιχία με αυτά των δειγμάτων Δείγμα<sub>1501M</sub> και Δείγμα<sub>1502M</sub>. Σημειώνεται, ότι για την τροποποίηση, οι Ιπτάμενοι Ενδιάμεσης Εμπειρίας θεωρούνται ως Άπειροι Ιπτάμενοι

Κατόπιν των ανωτέρω η Ανάλυση Διακύμανσης και η Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση θα εφαρμοστεί σε υποσύνολα των δειγμάτων Δείγμα<sub>130M</sub>, Δείγμα<sub>1501M</sub> και Δείγμα<sub>1502M</sub> τα οποία περιέχουν τους ακόλουθους παράγοντες και επίπεδα, αντίστοιχα:

- **«Είδος Αποστολής»** με δύο επίπεδα (A3, A4).
- **Εμπειρία Ιπταμένου** με δύο επίπεδα( ΕΜΠΕΙΡΟΣ, ΑΠΕΙΡΟΣ).
- **«Αριθμός των Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής»** με τρία επίπεδα για το Δείγμα  $_{130M}$  (2, 3 ή 4 και 5 ή 6 Α/Φ) και δύο επίπεδα για τα δείγματα Δείγμα  $_{1501M}$  και Δείγμα  $_{1502M}$  (2 και 3 ή 4 Α/Φ).
- **«Θέση Α/Φ»** με τέσσερα επίπεδα ανάλογα για το Δείγμα  $_{130M}$  ( $1^{ος}$ ,  $2^{ος}$ ,  $3^{ος}$  ή  $4^{ος}$ ,  $5^{ος}$  ή  $6^{ος}$ ) και τρία επίπεδα για τα δείγματα Δείγμα  $_{1501M}$  και Δείγμα  $_{1502M}$  ( $1^{ος}$ ,  $2^{ος}$  και  $3^{ος}$  ή  $4^{ος}$ ).
- **Συνθήκες Φωτός Εκτέλεσης της Αποστολής»** με δύο επίπεδα (ΗΜΕΡΑ, ΝΥΚΤΑ).

## **4.2 Ανάλυση Διακύμανσης και Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση σε επιλεγμένες παρατηρήσεις του Δείγματος<sub>130M</sub>**

Πριν την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της Ανάλυσης Διακύμανσης και της Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης κρίνεται σκόπιμο να αναφερθούν εν συντομία τα βασικά περιγραφικά μέτρα τόσο της υπό εξάρτηση μεταβλητής όσο και των παραγόντων του υποσυνόλου των παρατηρήσεων του Δείγματος<sub>130M</sub>, που θα εξεταστούν σύμφωνα με τις προαναφερθείσες παραδοχές. Σημειώνεται, ότι το νέο δείγμα, το οποίο αποτελείται από 348 παρατηρήσεις, για διάκριση θα συμβολίζεται ως Δείγμα<sub>130M\*</sub>.

Η υπό εξέταση μεταβλητή  $Y_{TAC}$ , τα βασικά περιγραφικά μέτρα της οποίας φαίνονται στο Σχήμα 4.1, δεν ακολουθεί κανονική κατανομή (Σχήμα 4.2).

Ακολουθώντας τη μεθοδολογία που παρουσιάστηκε στην παράγραφο 3.2.1, μετατρέπω τη μεταβλητή  $Y_{TAC}$  στη μεταβλητή  $TAC\_norm [= \ln(Y_{TAC})]$  η οποία ακολουθεί κανονική κατανομή (Σχήμα 4.3) και έχει τα γενικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα του που φαίνονται στο Σχήμα 4.4.

	N	Range	Min	Max	Mean	Std. Deviation	Variance
Y TAC	348	7,0	1,0	8,0	2,786	1,1922	1,421
Valid N (listwise)	348						

**Σχήμα 4.1** Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Αριθμού Αναλωθέντων TAC Δείγματος<sub>130M</sub> \*

#### One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Y TAC
N		348
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	2,786
	Std. Deviation	1,1922
Most Extreme Differences	Absolute	,085
	Positive	,085
	Negative	-,067
Kolmogorov-Smirnov Z		1,591
Asymp. Sig. (2-tailed)		<b>,013</b>

**Σχήμα 4.2** Έλεγχος Κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov Αριθμού Αναλωθέντων TAC ανά έξοδο Δείγματος<sub>130M</sub> \*

#### One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		TAC_NORM
N		348
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	1,2842
	Std. Deviation	,30613
Most Extreme Differences	Absolute	,059
	Positive	,059
	Negative	-,053
Kolmogorov-Smirnov Z		1,099
Asymp. Sig. (2-tailed)		<b>,178</b>

**Σχήμα 4.3** Έλεγχος Κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov Μεταβλητής TAC\_NORM Δείγματος<sub>130M</sub> \*

	N	Range	Min	Max	Mean	Std. Deviation	Variance
TAC_norm	348	1,50	,69	2,20	1,2842	,30613	,094
Valid N (listwise)	348						

**Σχήμα 4.4** Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Μεταβλητής TAC\_NORM Δείγματος<sub>130M</sub> \*

Στα ακόλουθα σχήματα καταγράφονται τα περιγραφικά στατιστικά μέτρα των παραγόντων του Δείγματος<sup>130\*</sup>.

Είδος Αποστολής	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
A-3	71	1,2805	,33257	,03947	1,2018	1,3592	,69	2,20
A-4	277	1,2851	,29962	,01800	1,2497	1,3205	,69	2,05
Total	348	1,2842	,30613	,01641	1,2519	1,3164	,69	2,20

**Σχήμα 4.5** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Είδος Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM Δείγματος<sup>130M\*</sup>

Εμπειρία Ιπταμένου	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
ΕΜΠΕΙΡΟΣ	69	1,2913	,34939	,04206	1,2074	1,3753	,69	2,05
ΑΠΕΙΡΟΣ	279	1,2824	,29513	,01767	1,2476	1,3172	,69	2,20
Total	348	1,2842	,30613	,01641	1,2519	1,3164	,69	2,20

**Σχήμα 4.6** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM Δείγματος<sup>130M\*</sup>

Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
2 Α/Φ	125	1,2591	,30623	,02739	1,2049	1,3133	,69	1,89
3 έως 4 Α/Φ	183	1,3025	,30771	,02275	1,2576	1,3474	,69	2,20
5 έως 6 Α/Φ	40	1,2783	,30034	,04749	1,1823	1,3744	,74	1,86
Total	348	1,2842	,30613	,01641	1,2519	1,3164	,69	2,20

**Σχήμα 4.7** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM Δείγματος<sup>130M\*</sup>

Θέση Α/Φ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
1 <sup>ο</sup>	127	1,2529	,28403	,02520	1,2030	1,3028	,69	1,99
2 <sup>ο</sup>	118	1,3161	,31894	,02936	1,2580	1,3743	,69	2,05
3ο έως 4ο	90	1,2692	,32008	,03374	1,2022	1,3362	,69	2,20
5ο έως 6ο	13	1,4031	,27177	,07537	1,2389	1,5673	,74	1,69
Total	348	1,2842	,30613	,01641	1,2519	1,3164	,69	2,20

**Σχήμα 4.8** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Θέση Α/Φ» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM Δείγματος<sup>130M\*</sup>

Συνθήκες Φωτός Εκτέλεσης της Αποστολής	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
ΗΜΕΡΑ	302	1,3196	,29664	,01707	1,2860	1,3532	,69	2,20
ΝΥΚΤΑ	46	1,0512	,26491	,03906	,9726	1,1299	,69	1,89
Total	348	1,2842	,30613	,01641	1,2519	1,3164	,69	2,20

**Σχήμα 4.9** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός Εκτέλεσης της Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM Δείγματος<sup>130M\*</sup>



- Το μοντέλο επεξηγεί πολύ μικρό της μεταβλητότητας της εξαρτημένης μεταβλητής (8,6%) (Σχήμα 4.10).

- Δεδομένου ότι, ο μοναδικός παράγοντας που συμμετέχει στο μοντέλο παλινδρόμησης είναι οι «Συνθήκες Φωτός Εκτέλεσης της Αποστολής» και μάλιστα με αρνητικό πρόσημο, εξάγεται το συμπέρασμα ότι ο μόνος τρόπος «προστασίας» των Α-Κ με μικρό υπόλοιπο σε ΤΑC είναι η συμμετοχή των αντίστοιχων Α/Φ ΜΟΝΟ σε νυκτερινές πτήσεις.

Source	Type IV Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6,298 <sup>a</sup>	37	,170	2,012	,001
Intercept	207,236	1	207,236	2449,949	,000
MISSION_TYPE	,027 <sup>b</sup>	1	,027	,320	,572
EXPERIENCE	,002 <sup>b</sup>	1	,002	,020	,887
AC_TOTAL_N0	,509 <sup>b</sup>	2	,255	3,011	,051
AC_POSITION	,285 <sup>b</sup>	3	,095	1,124	,339
<b>DAY_NIGHT</b>	1,842 <sup>b</sup>	1	1,842	21,772	<b>,000</b>
MISSION_TYPE * EXPERIENCE	,105 <sup>b</sup>	1	,105	1,244	,266
MISSION_TYPE * AC_TOTAL_N0	,166 <sup>b</sup>	2	,083	,984	,375
MISSION_TYPE * AC_POSITION	,041 <sup>b</sup>	2	,020	,240	,787
EXPERIENCE * AC_TOTAL_N0	,165 <sup>b</sup>	2	,082	,974	,379
EXPERIENCE * AC_POSITION	,224 <sup>b</sup>	3	,075	,883	,450
EXPERIENCE * DAY_NIGHT	,043 <sup>b</sup>	1	,043	,513	,475
AC_TOTAL_N0 * AC_POSITION	,020 <sup>b</sup>	3	,007	,078	,972
AC_TOTAL_N0 * DAY_NIGHT	,004 <sup>b</sup>	1	,004	,050	,823
AC_POSITION * DAY_NIGHT	,024 <sup>b</sup>	2	,012	,139	,870
MISSION_TYPE * EXPERIENCE * AC_POSITION	,001 <sup>b</sup>	1	,001	,006	,936
MISSION_TYPE * AC_TOTAL_N0 * AC_POSITION	,038 <sup>b</sup>	2	,019	,227	,797
EXPERIENCE * AC_TOTAL_N0 * AC_POSITION	,591 <sup>b</sup>	3	,197	2,329	,074
EXPERIENCE * AC_TOTAL_N0 * DAY_NIGHT	,031 <sup>b</sup>	1	,031	,366	,546
EXPERIENCE * AC_POSITION * DAY_NIGHT	,192 <sup>b</sup>	2	,096	1,133	,323
AC_TOTAL_N0 * AC_POSITION * DAY_NIGHT	,102 <sup>b</sup>	1	,102	1,202	,274
Error	26,222	310	,085		
Total	606,390	348			
Corrected Total	32,520	347			

a. R Squared = ,194 (Adjusted R Squared = ,097)      b. The Type IV testable hypothesis is not unique.

**Σχήμα 4.10** Αποτελέσματα Ανάλυσης Διακύμανσης της TAC\_NORM επί των παρατηρήσεων του Δείγματος<sub>130M\*</sub>



Model Summary <sup>b</sup>									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	,297 <sup>a</sup>	,088	,086	,29271	,088	33,561	1	346	,000

a. Predictors: (Constant), DAY\_NIGHT b. Dependent Variable: TAC\_norm

Model 1	Unstandardized		Standardized	t	Sig.	Correlations			Collinearity Statistics	
	Coefficients		Coefficients			Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
	B	Std. Error	Beta							
Constant	1,320	,017		78,347	,000					
DAY_NIGHT	-,268	,046	-,297	-5,793	,000	-,297	-,297	-,297	1,000	1,000

Model 1	Unstandardized		95,0% Confidence Interval for B	
	Coefficients		Lower Bound	Upper Bound
	B	Std. Error		
Constant	1,320	,017	1,287	1,353
DAY_NIGHT	-,268	,046	-,360	-,177

Excluded Variables <sup>b</sup>					Collinearity Statistics		
Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Tolerance	VIF
1	MISSION_TYPE_A-3	-,067 <sup>a</sup>	-1,290	,198	-,069	,961	1,041
	MISSION_TYPE_A-4	,067 <sup>a</sup>	1,290	,198	,069	,961	1,041
	EXPERIENCE	,002 <sup>a</sup>	,034	,973	,002	,998	1,002
	AC_TOTAL_NO_3 έως 4	,083 <sup>a</sup>	1,614	,107	,087	,996	1,004
	AC_TOTAL_NO_5 έως 6	-,050 <sup>a</sup>	-,958	,339	-,051	,980	1,020
	AC_POSITION_2ο	,072 <sup>a</sup>	1,399	,163	,075	1,000	1,000
	AC_POSITION_3ο έως 4ο	-,023 <sup>a</sup>	-,438	,661	-,024	1,000	1,000
	AC_POSITION_5ο έως 6ο	,054 <sup>a</sup>	1,051	,294	,057	,994	1,006

**Σχήμα 4.11** Αποτελέσματα Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης (Stepwise) της TAC\_NORM επί του Δείγματος 130M\*

## **4.3 Ανάλυση Διακύμανσης και Πολλαπλή Γραμμική**

### **Παλινδρόμηση σε επιλεγμένες παρατηρήσεις του**

#### **Δείγματος**<sub>150.1M</sub>

Όπως και στην περίπτωση του Δείγματος<sub>130M</sub> πριν την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της Ανάλυσης Διακύμανσης και της Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης καταγράφονται ακολούθως τα βασικά περιγραφικά μέτρα της υπό εξάρτηση μεταβλητής και των παραγόντων του υποσυνόλου των παρατηρήσεων του Δείγματος<sub>150.1M</sub>, που θα εξεταστούν. Το νέο δείγμα, το οποίο για διάκριση θα συμβολίζεται ως Δείγμα<sub>150.1M\*</sub>, αποτελείται από 362 παρατηρήσεις.

Η υπό εξέταση μεταβλητή  $Y_{TAC}$ , τα βασικά περιγραφικά μέτρα της οποίας φαίνονται στο Σχήμα 4.12, δεν ακολουθεί κανονική κατανομή (Σχήμα 4.13).

Ακολουθώντας τη μεθοδολογία που παρουσιάστηκε στην παράγραφο 3.2.1, μετατρέπω τη μεταβλητή  $Y_{TAC}$  στη μεταβλητή  $TAC_{norm}$  [=  $\ln(Y_{TAC})$ ] η οποία ακολουθεί κανονική κατανομή (Σχήμα 4.14) και έχει τα γενικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα του που φαίνονται στο Σχήμα 4.15.

	N	Range	Min	Max	Mean	Std. Deviation	Variance
YTAC	362	9,80	1,20	11,00	3,4831	1,53530	2,357
Valid N (listwise)	362						

**Σχήμα 4.12** Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Αριθμού Αναλωθέντων TAC Δείγματος<sub>1501M\*</sub>

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		YTAC
N		362
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	3,4831
	Std. Deviation	1,53530
Most Extreme Differences	Absolute	,113
	Positive	,113
	Negative	-,079
Kolmogorov-Smirnov Z		2,156
Asymp. Sig. (2-tailed)		<b>,000</b>

**Σχήμα 4.13** Έλεγχος Κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov Αριθμού Αναλωθέντων TAC ανά έξοδο Δείγματος<sub>1501M\*</sub>

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		TAC_NORM
N		362
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	1,1601
	Std. Deviation	,41622
Most Extreme Differences	Absolute	,049
	Positive	,049
	Negative	-,027
Kolmogorov-Smirnov Z		,930
Asymp. Sig. (2-tailed)		,353

**Σχήμα 4.14** Έλεγχος Κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov Μεταβλητής TAC\_NORM Δείγματος<sub>1501M\*</sub>

	N	Range	Min	Max	Mean	Std. Deviation	Variance
TAC_NORM	362	2,22	,18	2,40	1,1601	,41622	,173
Valid N (listwise)	362						

**Σχήμα 4.15** Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Μεταβλητής TAC\_NORM Δείγματος<sub>1501M\*</sub>

Στα ακόλουθα σχήματα καταγράφονται τα περιγραφικά στατιστικά μέτρα των παραγόντων του Δείγματος<sub>150.1\*</sub>.

Είδος Αποστολής	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
A-3	167	1,1701	,41853	,03239	1,1062	1,2340	,18	2,08
A-4	195	1,1516	,41512	,02973	1,0930	1,2102	,18	2,40
Total	362	1,1601	,41622	,02188	1,1171	1,2032	,18	2,40

**Σχήμα 4.16** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Είδος Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM Δείγματος<sub>150.1M\*</sub>

Εμπειρία Ιπταμένου	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
ΕΜΠΕΙΡΟΣ	277	1,1068	,40556	,02437	1,0588	1,1547	,18	2,19
ΑΠΕΙΡΟΣ	85	1,3341	,40505	,04393	1,2467	1,4215	,34	2,40
Total	362	1,1601	,41622	,02188	1,1171	1,2032	,18	2,40

**Σχήμα 4.17** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM Δείγματος<sub>150.1M\*</sub>

Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
2 Α/Φ	175	1,1009	,39213	,02964	1,0424	1,1594	,18	2,03
3 έως 4 Α/Φ	187	1,2156	,43127	,03154	1,1534	1,2778	,18	2,40
Total	362	1,1601	,41622	,02188	1,1171	1,2032	,18	2,40

**Σχήμα 4.18** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM Δείγματος<sub>150.1M\*</sub>

Θέση Α/Φ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
1 <sup>ο</sup>	154	1,0388	,37801	,03046	,9787	1,0990	,18	2,03
2 <sup>ο</sup>	126	1,2390	,41236	,03674	1,1663	1,3117	,18	2,40
3ο έως 4ο	82	1,2668	,43661	,04822	1,1709	1,3627	,34	2,19
Total	362	1,1601	,41622	,02188	1,1171	1,2032	,18	2,40

**Σχήμα 4.19** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Θέση Α/Φ» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM Δείγματος<sub>150.1M\*</sub>

Συνθήκες Φωτός Εκτέλεσης της Αποστολής	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
ΗΜΕΡΑ	320	1,1925	,41094	,02297	1,1473	1,2377	,18	2,40
ΝΥΚΤΑ	42	,9136	,37552	,05794	,7965	1,0306	,18	1,81
Total	362	1,1601	,41622	,02188	1,1171	1,2032	,18	2,40

**Σχήμα 4.20** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός Εκτέλεσης της Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM Δείγματος<sub>150.1M\*</sub>

Στα σχήματα που παρατίθενται ακολούθως (Σχήμα 4.21 και Σχήμα 4.22) καταγράφονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής της Ανάλυσης Διακύμανσης και της Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης (με τη μέθοδο Stepwise) επί του Δείγματος<sup>150.1M\*</sup> με τη χρήση του στατιστικού πακέτου IBM SPSS 19.0.

Τα κυριότερα συμπεράσματα είναι τα ακόλουθα:

- Ο παράγοντας «Συνθήκες Φωτός Εκτέλεσης της Αποστολής» είναι ο μοναδικός με κύρια επίδραση επί των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής, αλλά επιπρόσθετα διαφαίνεται να υφίστανται οι κάτωθι αλληλεπιδράσεις (Σχήμα 4.21):

- ❖ Εμπειρία Ιπταμένου - Θέση Α/Φ.

- ❖ Είδος Αποστολής - Θέση Α/Φ - Συνθήκες Φωτός Εκτέλεσης της Αποστολής.

- ❖ Εμπειρία Ιπταμένου - Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής- Θέση Α/Φ.

- ❖ Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής - Θέση Α/Φ - Συνθήκες Φωτός Εκτέλεσης της Αποστολής.

- Από την εφαρμογή της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης με τη μέθοδο Stepwise, επιλέχθηκαν οι κάτωθι παράγοντες - μεταβλητές :

- ❖ Εμπειρία Ιπταμένου.

- ❖ Συνθήκες Φωτός Εκτέλεσης της Αποστολής.

- ❖ Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής.

- ❖ Θέση Α/Φ ( $2^{05}$ ).

❖ Θέση Α/Φ (3<sup>ος</sup> έως 4<sup>ος</sup>).

ενώ εξαιρέθηκε ουσιαστικά μόνο ο παράγοντας «Είδος Αποστολής» (Σχήμα 4.22).

- Δεν διαφαίνεται να υφίσταται συγγραμικότητα μεταξύ των παραγόντων - μεταβλητών.

- Το μοντέλο παλινδρόμησης που προκύπτει έχει τη μορφή :

<b>TAC_norm =</b>	<b>1,002</b> (Σταθερός Όρος)
	+ <b>0,177</b> («Εμπειρία Ιπταμένου»)
	- <b>0,314</b> («Συνθήκες Φωτός Εκτέλεσης της Αποστολής»)
	+ <b>0,108</b> («Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής»)
	+ <b>0,156</b> («Θέση Α/Φ 2 <sup>ος</sup> »)
	+ <b>0,188</b> («Θέση Α/Φ 3 <sup>ος</sup> έως 4 <sup>ος</sup> »)

- Το μοντέλο επεξηγεί μικρό ποσοστό της μεταβλητότητας της εξαρτημένης μεταβλητής (15,3%).

- Ο βέλτιστος τρόπος «προστασίας» των Α-Κ με μικρό υπόλοιπο σε TAC είναι ο προγραμματισμός των σε νυκτερινές πτήσεις, με έμπειρο ιπτάμενο, σε σχηματισμό δύο Α/Φ στον οποίο το αντίστοιχο Α/Φ θα καταλαμβάνει την 1<sup>η</sup> θέση. Αντιθέτως, ως χειρίστη επιλογή διαφαίνεται ο προγραμματισμός του υπό κλιμάκωση Α-Κ σε ημερήσια πτήση, με άπειρο ιπτάμενο, σε σχηματισμό τεσσάρων Α/Φ στον οποίο το αντίστοιχο Α/Φ θα καταλαμβάνει την 3<sup>η</sup> ή την 4<sup>η</sup> θέση.

Source	Type IV Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	15,355 <sup>a</sup>	31	,495	3,464	,000
Intercept	128,394	1	128,394	897,961	,000
MISSION_TYPE	,041 <sup>b</sup>	1	,041	,287	,593
EXPERIENCE	,127 <sup>b</sup>	1	,127	,885	,348
AC_TOTAL_N0	,013 <sup>b</sup>	1	,013	,094	,759
AC_POSITION	,735 <sup>b</sup>	2	,368	2,570	,078
DAY_NIGHT	3,674 <sup>b</sup>	1	3,674	25,695	,000
MISSION_TYPE * EXPERIENCE	,133 <sup>b</sup>	1	,133	,931	,335
MISSION_TYPE * AC_TOTAL_N0	,242 <sup>b</sup>	1	,242	1,692	,194
MISSION_TYPE * AC_POSITION	,724 <sup>b</sup>	2	,362	2,533	,081
MISSION_TYPE * DAY_NIGHT	,109 <sup>b</sup>	1	,109	,761	,384
EXPERIENCE * AC_TOTAL_N0	,425 <sup>b</sup>	1	,425	2,972	,086
EXPERIENCE * AC_POSITION	,862 <sup>b</sup>	2	,431	3,014	,050
EXPERIENCE * DAY_NIGHT	,238 <sup>b</sup>	1	,238	1,662	,198
AC_TOTAL_N0 * AC_POSITION	,055 <sup>b</sup>	1	,055	,383	,537
AC_TOTAL_N0 * DAY_NIGHT	,064 <sup>b</sup>	1	,064	,449	,503
AC_POSITION * DAY_NIGHT	,755 <sup>b</sup>	2	,377	2,640	,073
MISSION_TYPE * EXPERIENCE * AC_TOTAL_N0	,000 <sup>b</sup>	1	,000	,002	,965
MISSION_TYPE * EXPERIENCE * AC_POSITION	,563 <sup>b</sup>	2	,281	1,968	,141
MISSION_TYPE * AC_TOTAL_N0 * AC_POSITION	,000 <sup>b</sup>	1	,000	,003	,959
MISSION_TYPE * AC_TOTAL_N0 * DAY_NIGHT	,001 <sup>b</sup>	1	,001	,005	,942
MISSION_TYPE * AC_POSITION * DAY_NIGHT	1,020 <sup>b</sup>	2	,510	3,566	,029
EXPERIENCE * AC_TOTAL_N0 * AC_POSITION	,591 <sup>b</sup>	1	,591	4,133	,043
EXPERIENCE * ΘΕΣΗ_ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ * DAY_NIGHT	,054 <sup>b</sup>	1	,054	,381	,538
AC_TOTAL_N0 * AC_POSITION * DAY_NIGHT	,568 <sup>b</sup>	1	,568	3,969	,047
Error	47,185	330	,143		
Total	549,757	362			
Corrected Total	62,539	361			

a. R Squared = ,246 (Adjusted R Squared = ,175) b. The Type IV testable hypothesis is not unique.

**Σχήμα 4.21** Αποτελέσματα Ανάλυσης Διακύμανσης της TAC\_NORM επί των παρατηρήσεων του Δείγματος 1501M\*



Model Summary <sup>f</sup>									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	,232 <sup>a</sup>	,054	,051	,40544	,054	20,449	1	360	,000
2	,307 <sup>b</sup>	,094	,089	,39718	,041	16,136	1	359	,000
3	,360 <sup>c</sup>	,129	,122	,38996	,035	14,412	1	358	,000
4	,376 <sup>d</sup>	,142	,132	,38776	,012	5,069	1	357	,025
5	,406 <sup>e</sup>	,164	,153	,38311	,023	9,719	1	356	,002

a. Predictors: (Constant), EXPERIENCE  
b. Predictors: (Constant), EXPERIENCE, DAY\_NIGHT  
c. Predictors: (Constant), EXPERIENCE, DAY\_NIGHT, AC\_TOTAL\_NO  
d. Predictors: (Constant), EXPERIENCE, DAY\_NIGHT, AC\_TOTAL\_NO, AC\_POSITION\_2oç  
e. Predictors: (Constant), EXPERIENCE, DAY\_NIGHT, AC\_TOTAL\_NO, AC\_POSITION\_2oç, AC\_POSITION\_3oç\_4oç  
f. Dependent Variable: TAC\_NORM

Coefficients <sup>a</sup>											
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
		1	(Constant)	1,107			,024		45,432	,000	
	EXPERIENCE	,227	,050	,232	4,522	,000	,232	,232	,232	1,000	1,000
2	(Constant)	1,140	,025		45,144	,000					
	EXPERIENCE	,216	,049	,220	4,374	,000	,232	,225	,220	,997	1,003
	DAY_NIGHT	-,262	,065	-,202	-4,017	,000	-,215	-,207	-,202	,997	1,003
3	(Constant)	1,060	,032		32,673	,000					
	EXPERIENCE	,226	,049	,230	4,659	,000	,232	,239	,230	,994	1,007
	DAY_NIGHT	-,301	,065	-,232	-4,638	,000	-,215	-,238	-,229	,972	1,029
	AC_TOTAL_NO	,158	,042	,190	3,796	,000	,138	,197	,187	,971	1,030
4	(Constant)	1,021	,037		27,744	,000					
	EXPERIENCE	,195	,050	,199	3,899	,000	,232	,202	,191	,920	1,087
	DAY_NIGHT	-,299	,065	-,230	-4,626	,000	-,215	-,238	-,227	,972	1,029
	AC_TOTAL_NO	,179	,042	,215	4,219	,000	,138	,218	,207	,924	1,082
	AC_POSITION_2o	,103	,046	,118	2,251	,025	,139	,118	,110	,875	1,143
5	(Constant)	1,002	,037		27,207	,000					
	EXPERIENCE	,177	,050	,181	3,552	,000	,232	,185	,172	,908	1,102
	DAY_NIGHT	-,314	,064	-,242	-4,915	,000	-,215	-,252	-,238	,966	1,036
	AC_TOTAL_NO	,108	,048	,130	2,257	,025	,138	,119	,109	,713	1,403
	AC_POSITION_2o	,156	,048	,178	3,226	,001	,139	,169	,156	,768	1,302
	AC_POSITION_3o_4o	,188	,060	,190	3,118	,002	,147	,163	,151	,629	1,590

Model 5	Unstandardized Coefficients		95,0% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound
(Constant)	1,002	,037	,930	1,074
EXPERIENCE	,177	,050	,079	,275
DAY_NIGHT	-,314	,064	-,440	-,189
AC_TOTAL_NO	,108	,048	,014	,202
AC_POSITION_2ο	,156	,048	,061	,250
AC_POSITION_3ο - 4ο	,188	,060	,070	,307

Excluded Variables <sup>f</sup>							
Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics	
						Tolerance	VIF
1	MISSION_TYPE_A3	,035 <sup>a</sup>	,682	,495	,036	,997	1,003
	MISSION_TYPE_A4	-,043 <sup>a</sup>	-,833	,405	-,044	,997	1,003
	AC_TOTAL_NO	,153 <sup>a</sup>	3,020	,003	,157	,996	1,004
	AC_POSITION_2ος	,080 <sup>a</sup>	1,502	,134	,079	,922	1,085
	AC_POSITION_3ος_4ος	,152 <sup>a</sup>	3,003	,003	,157	,999	1,001
	DAY_NIGHT	-,202 <sup>a</sup>	-4,017	,000	-,207	,997	1,003
2	MISSION_TYPE_A3	,019 <sup>b</sup>	,380	,704	,020	,991	1,009
	MISSION_TYPE_A4	-,027 <sup>b</sup>	-,526	,600	-,028	,990	1,010
	AC_TOTAL_NO	,190 <sup>b</sup>	3,796	,000	,197	,971	1,030
	AC_POSITION_2ος	,069 <sup>b</sup>	1,327	,185	,070	,920	1,087
	AC_POSITION_3ος_4ος	,187 <sup>b</sup>	3,743	,000	,194	,977	1,024
3	MISSION_TYPE_A3	,014 <sup>c</sup>	,278	,781	,015	,990	1,010
	MISSION_TYPE_A4	-,022 <sup>c</sup>	-,448	,654	-,024	,990	1,011
	AC_POSITION_2ος	,118 <sup>c</sup>	2,251	,025	,118	,875	1,143
	AC_POSITION_3ος_4ος	,121 <sup>c</sup>	2,095	,037	,110	,717	1,395
4	MISSION_TYPE_A3	,011 <sup>d</sup>	,213	,831	,011	,989	1,011
	MISSION_TYPE_A4	-,018 <sup>d</sup>	-,367	,714	-,019	,988	1,012
	AC_POSITION_3ος_4ος	,190 <sup>d</sup>	3,118	,002	,163	,629	1,590
5	MISSION_TYPE_A3	,010 <sup>e</sup>	,212	,832	,011	,989	1,011
	MISSION_TYPE_A4	-,017 <sup>e</sup>	-,358	,720	-,019	,988	1,012
<p>a. Predictors in the Model: (Constant), EXPERIENCE</p> <p>b. Predictors in the Model: (Constant), EXPERIENCE, DAY_NIGHT</p> <p>c. Predictors in the Model: (Constant), EXPERIENCE, DAY_NIGHT, AC_TOTAL_NO</p> <p>d. Predictors in the Model: (Constant), EXPERIENCE, DAY_NIGHT, AC_TOTAL_NO, AC_POSITION_2ος</p> <p>e. Predictors in the Model: (Constant), EXPERIENCE, DAY_NIGHT, AC_TOTAL_NO, AC_POSITION_2ος, AC_POSITION_3ος_4ος</p>							

Σχήμα 4.22 Αποτελέσματα Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης (Stepwise) της TAC\_NORM επί του Δείγματος<sub>1501M\*</sub>

## **4.4 Ανάλυση Διακύμανσης και Πολλαπλή Γραμμική**

### **Παλινδρόμηση σε επιλεγμένες παρατηρήσεις του**

#### **Δείγματος**<sub>150.2M</sub>

Όπως και στην περίπτωση των προηγούμενων δειγμάτων πριν την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της Ανάλυσης Διακύμανσης και της Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης καταγράφονται ακολούθως τα βασικά περιγραφικά μέτρα της υπό εξάρτηση μεταβλητής και των παραγόντων του υποσυνόλου των παρατηρήσεων του Δείγματος<sub>150.2M</sub>, που θα εξεταστούν. Το νέο δείγμα, το οποίο για διάκριση θα συμβολίζεται ως Δείγμα<sub>150.2M\*</sub>, αποτελείται από 294 παρατηρήσεις.

Η υπό εξέταση μεταβλητή  $Y_{TAC}$ , τα βασικά περιγραφικά μέτρα της οποίας φαίνονται στο Σχήμα 4.23, δεν ακολουθεί κανονική κατανομή (Σχήμα 4.24).

Ακολουθώντας τη μεθοδολογία που παρουσιάστηκε στην παράγραφο 3.2.1, μετατρέπω τη μεταβλητή  $Y_{TAC}$  στη μεταβλητή  $TAC_{norm}$  [=  $\ln(Y_{TAC})$ ] η οποία ακολουθεί κανονική κατανομή (Σχήμα 4.25) και έχει τα γενικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα του που φαίνονται στο Σχήμα 4.26.

**Descriptive Statistics**

	N	Range	Min	Max	Mean	Std. Deviation	Variance
YTAC	294	10,6	1,0	11,6	3,251	1,4528	2,111
Valid N (listwise)	294						

**Σχήμα 4.23** Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Αριθμού Αναλωθέντων TAC Δείγματος<sub>1502M\*</sub>

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		YTAC
N		294
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	3,251
	Std. Deviation	1,4528
Most Extreme Differences	Absolute	,130
	Positive	,130
	Negative	-,083
Kolmogorov-Smirnov Z		2,221
Asymp. Sig. (2-tailed)		<b>,000</b>

**Σχήμα 4.24** Έλεγχος Κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov Αριθμού Αναλωθέντων TAC ανά έξοδο Δείγματος<sub>1502M\*</sub>

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		TAC_NORM
N		294
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	1,0928
	Std. Deviation	,41166
Most Extreme Differences	Absolute	,046
	Positive	,046
	Negative	-,033
Kolmogorov-Smirnov Z		,786
Asymp. Sig. (2-tailed)		<b>,568</b>

**Σχήμα 4.25** Έλεγχος Κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov Μεταβλητής TAC\_NORM Δείγματος<sub>1502M\*</sub>

**Descriptive Statistics**

	N	Range	Min	Max	Mean	Std. Deviation	Variance
TAC_NORM	294	2,45	,00	2,45	1,0928	,41166	,169
Valid N (listwise)	294						

**Σχήμα 4.26** Πίνακας Περιγραφικών Στατιστικών Μέτρων Μεταβλητής TAC\_NORM Δείγματος<sub>1502M\*</sub>

Στα ακόλουθα σχήματα καταγράφονται τα περιγραφικά στατιστικά μέτρα των παραγόντων του Δείγματος<sub>150.2\*</sub>.

Είδος Αποστολής	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
A-3	182	1,0864	,42910	,03181	1,0237	1,1492	,00	2,40
A-4	112	1,1031	,38328	,03622	1,0314	1,1749	,10	2,45
Total	294	1,0928	,41166	,02401	1,0455	1,1400	,00	2,45

**Σχήμα 4.27** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Είδος Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM Δείγματος<sub>1502M\*</sub>

Εμπειρία Ιπταμένου	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
ΕΜΠΕΙΡΟΣ	235	1,0770	,40039	,02612	1,0256	1,1285	,00	2,40
ΑΠΕΙΡΟΣ	59	1,1556	,45199	,05884	1,0378	1,2734	,18	2,45
Total	294	1,0928	,41166	,02401	1,0455	1,1400	,00	2,45

**Σχήμα 4.28** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Εμπειρία Ιπταμένου» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM Δείγματος<sub>1502M\*</sub>

Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
2 Α/Φ	98	1,0501	,42655	,04309	,9646	1,1356	,10	2,40
3 έως 4 Α/Φ	196	1,1141	,40343	,02882	1,0573	1,1710	,00	2,45
Total	294	1,0928	,41166	,02401	1,0455	1,1400	,00	2,45

**Σχήμα 4.29** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Αριθμός Α/Φ του Σχηματισμού της Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM Δείγματος<sub>1502M\*</sub>

Θέση Α/Φ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1ο	111	,9930	,40445	,03839	,9170	1,0691	,10	1,93
2ο	102	1,1503	,42681	,04226	1,0665	1,2342	,00	2,40
3ο έως 4ο	81	1,1570	,37890	,04210	1,0732	1,2408	,53	2,45
Total	294	1,0928	,41166	,02401	1,0455	1,1400	,00	2,45

**Σχήμα 4.30** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Θέση Α/Φ» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM Δείγματος<sub>1502M\*</sub>

Συνθήκες Φωτός Εκτέλεσης της Αποστολής	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ΗΜΕΡΑ	219	1,1560	,41729	,02820	1,1004	1,2116	,10	2,45
ΝΥΚΤΑ	75	,9082	,33418	,03859	,8313	,9851	,00	1,67
Total	294	1,0928	,41166	,02401	1,0455	1,1400	,00	2,45

**Σχήμα 4.31** Περιγραφικά Στατιστικά Μέτρα Επιπέδων Παράγοντα «Συνθήκες Φωτός Εκτέλεσης της Αποστολής» και αντίστοιχα Διαστήματα Εμπιστοσύνης Μέσης Δειγματικής Τιμής της TAC\_NORM Δείγματος<sub>1502M\*</sub>

Στα σχήματα που παρατίθενται ακολούθως (Σχήμα 4.32 και Σχήμα 4.33) καταγράφονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής της Ανάλυσης Διακύμανσης και της Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης (με τη μέθοδο Stepwise) επί του Δείγματος<sub>150.2M\*</sub> με τη χρήση του στατιστικού πακέτου IBM SPSS 19.0.

Τα κυριότερα συμπεράσματα είναι τα ακόλουθα:

- Ο παράγοντας «Συνθήκες Φωτός Εκτέλεσης της Αποστολής» είναι ο μοναδικός ο οποίος διαφαίνεται να επιδρά επί των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής, ενώ δεν υφίσταται οποιαδήποτε άλλη επίδραση κύρια ή συνδυαστική μεταξύ των παραγόντων (Σχήμα 4.27).

- Από την εφαρμογή της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης με τη μέθοδο Stepwise, επιλέχθηκαν οι κάτωθι παράγοντες - μεταβλητές :

- ❖ Συνθήκες Φωτός Εκτέλεσης της Αποστολής.

- ❖ Θέση Α/Φ (2<sup>ος</sup>).

- ❖ Θέση Α/Φ (3<sup>ος</sup> έως 4<sup>ος</sup>).

ενώ εξαιρέθηκαν οι υπόλοιποι (Σχήμα 4.28).

- Δεν διαφαίνεται να υφίσταται συγγραμικότητα μεταξύ των παραγόντων – μεταβλητών (Σχήμα 4.28).

- Το μοντέλο παλινδρόμησης που προκύπτει έχει τη μορφή :

<b>TAC_norm =</b>	<b>1,056</b> (Σταθερός Όρος)
	- <b>0,249</b> («Συνθήκες Φωτός Εκτέλεσης της Αποστολής»)
	+ <b>0,163</b> («Θέση Α/Φ 2 <sup>ος</sup> »)
	+ <b>0,160</b> («Θέση Α/Φ 3 <sup>ος</sup> έως 4 <sup>ος</sup> »)

- Το μοντέλο επεξηγεί πολύ μικρό ποσοστό της μεταβλητότητας της εξαρτημένης μεταβλητής (9,6%).
- Ο βέλτιστος τρόπος «προστασίας» των A-K με μικρό υπόλοιπο σε TAC είναι ο προγραμματισμός του υπό κλιμάκωση A-K σε νυκτερινές πτήσεις, οποία ο ιπτάμενος (ανεξαρτήτου εμπειρίας) θα καταλαμβάνει την 1<sup>η</sup> θέση, ενώ ως χείριστη επιλογή διαφαίνεται ο προγραμματισμός του υπό κλιμάκωση A-K σε ημερήσια πτήση, στην οποία ο ιπτάμενος θα καταλαμβάνει την 2<sup>η</sup> θέση.

Source	Type IV Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	9,152 <sup>a</sup>	33	,277	1,780	,007
Intercept	113,056	1	113,056	725,766	,000
MISSION_TYPE	,028 <sup>b</sup>	1	,028	,178	,673
EXPERIENCE	,068 <sup>b</sup>	1	,068	,434	,511
AC_TOTAL_N0	,113 <sup>b</sup>	1	,113	,725	,395
AC_POSITION	,065 <sup>b</sup>	2	,033	,210	,811
DAY_NIGHT	1,309 <sup>b</sup>	1	1,309	8,401	<b>,004</b>
MISSION_TYPE * EXPERIENCE	,101 <sup>b</sup>	1	,101	,650	,421
MISSION_TYPE * AC_TOTAL_N0	,083 <sup>b</sup>	1	,083	,534	,466
MISSION_TYPE * AC_POSITION	,276 <sup>b</sup>	2	,138	,885	,414
MISSION_TYPE * DAY_NIGHT	,021 <sup>b</sup>	1	,021	,134	,715
EXPERIENCE * AC_TOTAL_N0	,133 <sup>b</sup>	1	,133	,855	,356
EXPERIENCE * AC_POSITION	,118 <sup>b</sup>	2	,059	,379	,685
EXPERIENCE * DAY_NIGHT	,007 <sup>b</sup>	1	,007	,046	,830
AC_TOTAL_N0 * AC_POSITION	,128 <sup>b</sup>	1	,128	,823	,365
AC_TOTAL_N0 * DAY_NIGHT	,181 <sup>b</sup>	1	,181	1,160	,282
AC_POSITION * DAY_NIGHT	,364 <sup>b</sup>	2	,182	1,170	,312
MISSION_TYPE * EXPERIENCE * AC_TOTAL_N0	,054 <sup>b</sup>	1	,054	,344	,558
MISSION_TYPE * EXPERIENCE * AC_POSITION	,835 <sup>b</sup>	2	,418	2,681	,070
MISSION_TYPE * EXPERIENCE * DAY_NIGHT	,006 <sup>b</sup>	1	,006	,042	,839
MISSION_TYPE * AC_TOTAL_N0 * AC_POSITION	,091 <sup>b</sup>	1	,091	,583	,446
MISSION_TYPE * AC_TOTAL_N0 * DAY_NIGHT	,011 <sup>b</sup>	1	,011	,069	,793
MISSION_TYPE * AC_POSITION * DAY_NIGHT	,137 <sup>b</sup>	2	,068	,439	,645
EXPERIENCE * AC_TOTAL_N0 * AC_POSITION	,118 <sup>b</sup>	1	,118	,757	,385
EXPERIENCE * AC_TOTAL_N0 * DAY_NIGHT	,135 <sup>b</sup>	1	,135	,865	,353
EXPERIENCE * AC_POSITION * DAY_NIGHT	,794 <sup>b</sup>	2	,397	2,550	,080
AC_TOTAL_N0 * AC_POSITION * DAY_NIGHT	,001 <sup>b</sup>	1	,001	,007	,935
MISSION_TYPE*AC_TOTAL_N0*AC_POSITION* DAY_NIGHT	,049 <sup>b</sup>	1	,049	,316	,574
Error	40,501	260	,156		
Total	400,744	294			
Corrected Total	49,653	293			

a. R Squared = ,184 (Adjusted R Squared = ,081) b. The Type IV testable hypothesis is not unique.

**Σχήμα 4.32** Αποτελέσματα Ανάλυσης Διακύμανσης της TAC\_NORM επί του Δείγματος<sub>1502\*</sub>



Model Summary									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	,263 <sup>a</sup>	,069	,066	,39787	,069	21,667	1	292	,000
2	,285 <sup>b</sup>	,081	,075	,39592	,012	3,878	1	291	,050
3	,325 <sup>c</sup>	,105	,096	,39139	,024	7,782	1	290	,006

a. Predictors: (Constant), DAY\_NIGHT b. Predictors: (Constant), DAY\_NIGHT , AC\_POSITION\_2oç  
c. Predictors: (Constant), DAY\_NIGHT , ΘΕΣΗ\_ΑΦ\_2oç, AC\_POSITION\_2oç, AC\_POSITION\_3oç\_4oç

Coefficients <sup>a</sup>											
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
1	(Constant)	1,156	,027		42,997	,000					
	DAY_NIGHT	-,248	,053	-,263	-4,655	,000	-,263	-,263	-,263	1,000	1,000
2	(Constant)	1,124	,031		35,809	,000					
	DAY_NIGHT	-,251	,053	-,266	-4,739	,000	-,263	-,268	-,266	,999	1,001
	AC_POSITION_2o	,096	,049	,111	1,969	,050	,102	,115	,111	,999	1,001
3	(Constant)	1,056	,039		26,776	,000					
	DAY_NIGHT	-,249	,052	-,264	-4,748	,000	-,263	-,269	-,264	,999	1,001
	AC_POSITION_2o	,163	,054	,189	3,033	,003	,102	,175	,168	,798	1,254
	AC_POSITION_3o_4o	,160	,057	,173	2,790	,006	,096	,162	,155	,798	1,254

Model 3	Unstandardized Coefficients		95,0% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound
(Constant)	1,056	,039	,978	1,133
DAY_NIGHT	-,249	,052	-,352	-,146
AC_POSITION_2o	,163	,054	,057	,269
AC_POSITION_3o_4o	,160	,057	,047	,272

Excluded Variables <sup>d</sup>							
Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics	
						Tolerance	VIF
1	MISSION_TYPE	-,064 <sup>a</sup>	-1,089	,277	-,064	,911	1,098
	EXPERIENCE	,071 <sup>a</sup>	1,263	,208	,074	1,000	1,000
	AC_TOTAL_N0	,087 <sup>a</sup>	1,537	,125	,090	,998	1,002
	AC_POSITION_2o	,111 <sup>a</sup>	1,969	,050	,115	,999	1,001
	AC_POSITION_3o_4o	,089 <sup>a</sup>	1,576	,116	,092	,999	1,001
2	MISSION_TYPE	-,068 <sup>b</sup>	-1,150	,251	-,067	,910	1,099
	EXPERIENCE	,041 <sup>b</sup>	,684	,495	,040	,901	1,110
	AC_TOTAL_N0	,113 <sup>b</sup>	1,982	,048	,116	,958	1,044
	AC_POSITION_3o_4o	,173 <sup>b</sup>	2,790	,006	,162	,798	1,254
3	MISSION_TYPE	-,072 <sup>c</sup>	-1,234	,218	-,072	,910	1,099
	EXPERIENCE	,022 <sup>c</sup>	,374	,708	,022	,889	1,124
	AC_TOTAL_N0	,060 <sup>c</sup>	,963	,336	,057	,806	1,241
a. Predictors in the Model: (Constant), DAY_NIGHT b. Predictors in the Model: (Constant), DAY_NIGHT , AC_POSITION_2oς c. Predictors in the Model: (Constant), DAY_NIGHT , AC_POSITION_2oς , AC_POSITION_3oς_4oς d. Dependent Variable: TAC_NORM							

**Σχήμα 4.33** Αποτελέσματα Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης (Stepwise) της TAC\_NORM επί του Δείγματος<sub>1502M\*</sub>

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

## Σύνοψη Μεταπτυχιακής Εργασίας

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκαν δείγματα αριθμού αναλωθέντων ΤΑC από Α-Κ μαχητικών Α/Φ τριών Πολεμικών Μοιρών και προσδιορίστηκαν τα βασικά παραμετρικά στοιχεία της μεταβλητής «Αριθμός Αναλωθέντων ΤΑC ανά Έξοδο».

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν τα βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα της εξαρτημένης μεταβλητής στα διάφορα επίπεδα των υπό εξέταση παραγόντων καθώς και τα διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης της τιμής της στα διάφορα επίπεδά τους.

Τέλος, εφαρμόστηκε ανάλυση διακύμανσης καθώς και πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση σε υποσύνολα των αρχικών δειγμάτων, τα οποία προέκυψαν λαμβάνοντας υπόψη τις παραδοχές που μνημονεύθηκαν στο Κεφάλαιο 4, εντοπίστηκε η σχέση των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής με συγκεκριμένους παράγοντες και καθορίστηκαν μοντέλα παλινδρόμησης από τα οποία τελικώς - έστω και με μικρή αξιοπιστία - καθορίστηκαν κανόνες βέλτιστης εκμετάλλευσης των Α-Κ σε περιπτώσεις απαίτησης κλιμάκωσής των.

Θέματα που θα μπορούσαν ενδεχομένως να αποτελέσει αντικείμενο περαιτέρω εργασίας είναι :

- Η περιοδική λήψη και ανάλυση δειγμάτων αναλωθέντων ΤΑC προκειμένου να εντοπίζονται έγκαιρα τυχόν διαφοροποιήσεις ή ακόμη και τάσεις των παραμετρικών στοιχείων της μεταβλητής ενδιαφέροντος.
- Η προσθήκη του παράγοντα «Είδος Άσκησης» (πέραν του παράγοντα «Είδος Αποστολής») στους υπό καταγραφή παράγοντες, προκειμένου να ελεγχθεί τυχόν επίδρασή του στην ανάλωση ΤΑC.
- Η εφαρμογή μοντέλου Πολλαπλής Μη Γραμμικής Παλινδρόμησης στο πλαίσιο εντοπισμού ενός στατιστικού μοντέλου που θα επεξηγεί ικανοποιητικά τη μεταβλητότητα των τιμών της μεταβλητής ενδιαφέροντος.

## **Βιβλιογραφία**

- 1) Πέτρος Α. Κιόχος (1993), Στατιστική
- 2) Douglas C. Montgomery, and George C. Runger (2002), Applied Statistics and Probability for Engineers (Third Edition)
- 3) NIST/SEMATECH e- Handbook of Statistical Methods (April 2012)
- 4) Χαράλαμπος Γναρδέλης (2006) Ανάλυση Δεδομένων με το SPSS 14.0 for Windows
- 5) Εκπαιδευτικές σημειώσεις των υπό εξέταση Α/Φ και Α-Κ.