



**ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Διερεύνηση σημαντικότητας παραγόντων του χρόνου  
εξυπηρέτησης πτήσεων αεριωθούμενων αεροσκαφών μέσω  
πειραματικών σχεδιασμών»**

**ΙΩΑΝΝΗΣ ΤΕΤΕΠΟΥΛΙΔΗΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΚΑΠΕΤΑΝΟΠΟΥΛΟΥ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2024

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.



**«Διερεύνηση σημαντικότητας παραγόντων του χρόνου  
εξυπηρέτησης πτήσεων αεριοθούμενων αεροσκαφών μέσω  
πειραματικού σχεδιασμού»**

**ΙΩΑΝΝΗΣ ΤΕΤΕΠΟΥΛΙΔΗΣ**

**ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΠΙΒΛΕΨΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:**

**ΣΥΝ-ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:**

**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΚΑΠΕΤΑΝΟΠΟΥΛΟΥ**

**ΚΑΡΑΟΓΛΑΝΟΓΛΟΥ ΛΑΖΑΡΟΣ**

**ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΔΙΠ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ  
ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ ΕΜΠ**

**ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΧΤΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**

**ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΧΤΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**

**Πάτρα, Σεπτέμβριος 2024**

«Η παρούσα διπλωματική εργασία  
αφιερώνεται στην οικογένειά μου, η  
οποία με στήριξε και με στηρίζει σε όλη  
τη διαδρομή της ακαδημαϊκής μου  
πορείας»

## Περίληψη

Στο πλαίσιο της παρούσης Διπλωματικής Εργασίας, το ζήτημα της μεταβλητότητας των χρόνων εκτέλεσης επιθεωρήσεων για την εξυπηρέτηση των Αεροσκαφών καθίσταται το υπό μελέτη αντικείμενο. Αναμφίβολα, ιδιαίτερα μετά την έξαρση της πανδημίας του Covid-19, οι περιορισμοί που επήλθαν στις αεροπορικές μετακινήσεις στο βωμό της υγειονομικής ασφάλειας έχουν θέσει δεκάδες εμπόδια για την αντιμετώπιση των χρονικών καθυστερήσεων των πτήσεων ανά την υφήλιο. Προτού επιτευχθεί η αντιμετώπιση, η Διεθνής Επιστημονική Κοινότητα οφείλει πρωτίτερα να ανακαλύψει και να παραμετροποιήσει τους παράγοντες που επιδρούν καταλυτικά σε αυτό το ζήτημα. Στα πλαίσια της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, διεξάγονται δύο πειραματικοί σχεδιασμοί για τη μέτρηση της σημαντικότητας των παραγόντων αυτών που επηρεάζουν τους χρόνους εξυπηρέτησης πτήσεων Αεροσκαφών. Ο πρώτος πειραματισμός εστιάζει κυρίως στα τεχνικά χαρακτηριστικά του Αεροδρομίου, και ειδικότερα πόσο επιδρά ο κορεσμός και η απόσταση του Αεροσκάφους από το συνεργείο στους χρόνους εκτέλεσης των επιθεωρήσεων. Ο δεύτερος πειραματισμός επικεντρώνεται στα δημογραφικά χαρακτηριστικά των τεχνικών, ήτοι την εργασιακή τους εμπειρία και το επίπεδο εκπαίδευσης. Για την εκτέλεση των πειραματικών σχεδιασμών εκτελέστηκε ανάλυση μεταβλητότητας ANOVA. Από το πρώτο πείραμα, προέκυψε σημαντική επίδραση του κορεσμού από πτήσεις του Αεροδρομίου, με αυξητική τάση, αλλά λιγότερο στατιστικώς σημαντική επίδραση της απόστασης του Αεροσκάφους από το συνεργείο εξυπηρέτησης πτήσεων. Αναφορικά με τον δεύτερο πειραματικό σχεδιασμό, προέκυψε στατιστικώς σημαντική επίδραση της εμπειρίας των εργαζομένων, με τάση μείωσης των χρόνων για τους έμπειρους, ενώ, παράλληλα, το επίπεδο εκπαίδευσης υπέδειξε επίσης στατιστικώς σημαντική επίδραση, παραδίδοντας το πλεονέκτημα στους/στις εκπαιδευμένους/μενες από σχολή μηχανικών. Απώτερος στόχος των εν λόγω πειραματισμών καθίσταται η συσσώρευση γνώσης για την αποτελεσματικότερη διαχείριση του προσωπικού σε Αεροδρόμια πάσης φύσεως και οποιουδήποτε όγκου πτήσεων.

### Λέξεις Κλειδιά

Αεροσκάφος, Προ-Πτήσης Επιθεώρηση, Επανεξυπηρέτηση, Μετά-Πτήσης Επιθεώρηση, Ανάλυση ANOVA

## «Experimental Research on Daily Inspection Time of Jet-Engined Aircrafts»

### Abstract

In this Diploma Thesis, the issue of Aircraft Inspection Times, namely Pre-Flight, Post-Flight & Turnaround is under comprehensive research. Undoubtedly, on our epoch, particularly after the pandemic era due to Covid-19, the constraints applied by the World Health Organization simultaneously with the Governments themselves, set a plethora of blockades against a total nursing of Aircraft Inspection Time delays. Apart from an holistic treatment, a fully scientific-oriented diagnosis of the parameters affecting the Aircraft Inspection Times is considered more than necessary. Within the limits of this Master Thesis, two different experimental designs about the factors affecting the variability of Aircraft Inspection Times are conducted. The first experiment focuses on two fixed factors, the distance between the Aircraft and the Flight Line workroom, in parallel with the level of occupation of the Airport, whether it is appraised as “Busy” or “Not Busy.” The second experimental design settles down to demographic characteristics of the technicians namely about the cumulated experience that acquired through the years and the education level. ANOVA analysis was applied to the couple of experiments. From the first experimental design, strong statistical significance about the occupation factor was concluded, and, on the contrary, not the same can be presumed about the distance factor. Moreover, referring to the second experimental design, strong statistical significance concluded about working experience of the technician, with experienced maintainers having the edge. Simultaneously, the level of education was also a statistically significant factor of variability, with mechanics holding a small but clear advantage compared to technicians. The ultimate intention of these experiments is to acquire knowledge towards an effective management of personnel at airports of all types and variable number of flights.

### Keywords

Aircraft, Pre-Flight Inspection, Post-Flight Inspection, Turnaround, ANOVA

## Περιεχόμενα

Περίληψη .....	v
Abstract .....	vi
Κατάλογος Εικόνων .....	ix
Κατάλογος Σχημάτων .....	ix
Κατάλογος Πινάκων .....	x
Κατάλογος Συντμήσεων .....	xii
Εισαγωγή .....	1
1.Περιγραφή Εργασιών.....	3
1.1.Γενικές Εργασίες Συντήρησης Γραμμής .....	4
1.1.1.Ασφάλεια στις Εργασίες Συντήρησης Γραμμής .....	5
1.1.2. Παρουσίαση Εργασιών Συντήρησης Γραμμής.....	10
1.2.Παρουσίαση Εργασιών επί της Εξυπηρέτησης Πτήσεων Αεροσκαφών .....	12
1.2.1: Η Προ-Πτήσεως Επιθεώρηση.....	13
1.2.2: Η Μεταξύ-Πτήσεων/Ενδιάμεση Επιθεώρηση .....	18
1.2.3: Η Μετά-Πτήσεως Επιθεώρηση .....	23
2.Βιβλιογραφική Ανασκόπηση .....	26
2.1.Ο Φόρτος Πτήσεων & η απασχόληση του Αεροδρομίου στην Επίδραση της Εξυπηρέτησης Πτήσεων .....	26
2.2.Η Επίδραση των Δημογραφικών Στοιχείων των Τεχνικών στην Αεροπορική Βιομηχανία.....	29
3.Μεθοδολογικό Πλαίσιο Διερεύνησης.....	33
3.1.Επιλογή Μεταβλητών .....	33
3.1.1: «Απασχόληση Αεροδρομίου».....	35
3.1.2: «Απόσταση Αεροσκάφους από το Συνεργείο Εξυπηρέτησης Πτήσεων». 35	
3.1.3: «Εμπειρία Τεχνικού Προσωπικού». ....	36
3.1.4.: «Επίπεδο Εκπαίδευσης Προσωπικού» .....	37

3.2.Συλλογή Δεδομένων .....	39
3.3.Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	40
4.Αποτελέσματα.....	46
4.1.Έλεγχος Επάρκειας Προτύπων Πειραματικών Σχεδιασμών .....	46
4.2.Διεξαγωγή Πειραματικών Σχεδιασμών .....	47
4.2.1.Πρώτος Πειραματικός Σχεδιασμός.....	47
4.2.2.Δεύτερος Πειραματικός Σχεδιασμός .....	51
4.3.Ανάλυση Αποτελεσμάτων .....	54
4.3.1.Πρώτος Πειραματικός Σχεδιασμός.....	55
4.3.2.Δεύτερος Πειραματικός Σχεδιασμός .....	58
5.Συμπεράσματα .....	63
5.1.Ανάλυση Συμπερασμάτων .....	63
5.2.Προτάσεις Μελλοντικής Έρευνας .....	64
Αναφορές .....	66



## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Εργαζόμενος επί του Αεροσκάφους με επίγειο εξοπλισμό. ....	8
Εικόνα 2: Τεχνικός κατά την προετοιμασία πριν την Τροχοδρόμηση του Αεροσκάφους. ....	9
Εικόνα 3: Εργασίες εξυπηρέτησης πτήσης λαμβάνοντας υπόψη τις επικίνδυνες περιοχές. ....	10
Εικόνα 4: Επιθεώρηση τροχού Α/Φ. ....	16
Εικόνα 5: Επιθεώρηση Πτερυγίων Αεροκινητήρα από Τεχνικό. ....	17
Εικόνα 6: Προ-Πτήσης Επιθεώρηση σε Επιβατικό Αεροσκάφος. ....	17
Εικόνα 7: Προσέγγιση Αεροσκάφους έπειτα από Πτήση. ....	21
Εικόνα 8: Επιθεώρηση Συστήματος Προσγείωσης. ....	22
Εικόνα 9: Οπτικός Έλεγχος Αεροκινητήρα στην Μετά-Πτήσεως Επιθεώρηση .	24

## Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1:Βήματα για την επανεξυπηρέτηση αεροσκάφους μεταξύ πτήσεων. ....	19
Σχήμα 2: Παράδειγμα Στάθμευσης Αεροσκαφών σε απόσταση από το Συνεργείο Εξυπηρέτησης Πτήσεων. ....	36
Σχήμα 3: Στατιστικά Στοιχεία Εμπειρίας Τεχνικών Πειράματος. ....	37
Σχήμα 4: Επίπεδο Εκπαίδευσης Προσωπικού του Συνεργείου Εξυπηρέτησης Πτήσεων. ....	38
Σχήμα 5:Μέσες Ηλικίες των Εργαζομένων. ....	39
Σχήμα 6:Διάγραμμα Κουκκίδων Πρώτου Πειραματικού Σχεδιασμού. ....	48
Σχήμα 7: Διάγραμμα Ατομικών Τιμών Πρώτου Πειραματικού Σχεδιασμού. ....	49
Σχήμα 8: Κύριες Επιδράσεις Παραγόντων Πρώτου Πειραματικού Σχεδιασμού. .....	50
Σχήμα 9: Διάγραμμα Αλληλεπιδράσεων Πρώτου Πειραματικού Σχεδιασμού. ....	50
Σχήμα 10: Διάγραμμα Κουκκίδων Δεύτερου Πειραματικού Σχεδιασμού. ....	51
Σχήμα 11: Διάγραμμα Ατομικών Τιμών Δεύτερου Πειραματικού Σχεδιασμού. ....	52

<b>Σχήμα 12: Διάγραμμα Κύριων Επιδράσεων Δεύτερου Πειραματικού Σχεδιασμού. ....</b>	<b>53</b>
<b>Σχήμα 13: Διάγραμμα Αλληλεπιδράσεων Δεύτερου Πειραματικού Σχεδιασμού. ....</b>	<b>54</b>
<b>Σχήμα 14: Διαγράμματα ελέγχου Κανονικότητας, Ομοσκεδαστικότητας &amp; Ανεξαρτησίας δεδομένων Πρώτου Πειραματικού Σχεδιασμού. ....</b>	<b>56</b>
<b>Σχήμα 15: Διαγραμματική Σύγκριση Επιπέδων Απασχόλησης Αεροδρομίου. ....</b>	<b>57</b>
<b>Σχήμα 16: Διαγραμματική Σύγκριση Επιπέδων Απασχόλησης Αεροδρομίου. ....</b>	<b>58</b>
<b>Σχήμα 17: Διαγράμματα ελέγχου Κανονικότητας, Ομοσκεδαστικότητας &amp; Ανεξαρτησίας Δεδομένων Δεύτερου Πειραματικού Σχεδιασμού. ....</b>	<b>60</b>
<b>Σχήμα 18: Διαγραμματική Σύγκριση Επιπέδων Παράγοντα Εμπειρίας. ....</b>	<b>61</b>
<b>Σχήμα 19: Διαγραμματική Σύγκριση Επιπέδων Παράγοντα Επιπέδου Εκπαίδευσης. ....</b>	<b>61</b>

## Κατάλογος Πινάκων

<b>Πίνακας 1: Βιβλιογραφία Εργασιών Εξυπηρέτησης Πτήσεων ....</b>	<b>4</b>
<b>Πίνακας 2: Συστήματα/Εξαρτήματα που απαρτίζουν τις εξειδικεύσεις που ανήκουν στις Εργασίες Συντήρησης Γραμμής. ....</b>	<b>12</b>
<b>Πίνακας 3: Τα βήματα για την εκτέλεση Προ-Πτήσης Επιθεώρηση. ....</b>	<b>18</b>
<b>Πίνακας 4: Βήματα της Ενδιάμεσης/Μεταξύ-Πτήσεων Επιθεώρηση. ....</b>	<b>23</b>
<b>Πίνακας 5: Βήματα της Μετά-Πτήσεως Επιθεώρησης. ....</b>	<b>25</b>
<b>Πίνακας 6: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση Πρώτου Πειραματικού Σχεδιασμού. ..</b>	<b>29</b>
<b>Πίνακας 7: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση Δεύτερου Πειραματικού Σχεδιασμού. ....</b>	<b>32</b>
<b>Πίνακας 8: Μεταβλητές Πρώτου Πειραματικού Σχεδιασμού. ....</b>	<b>33</b>
<b>Πίνακας 9: Μεταβλητές Δεύτερου Πειραματικού Σχεδιασμού. ....</b>	<b>34</b>
<b>Πίνακας 10: Επίπεδα Μεταβλητών Πειραματικών Σχεδιασμών. ....</b>	<b>34</b>
<b>Πίνακας 11: Ανάλυση Μεταβλητότητας Πειραματικών Σχεδιασμών Τριών Παραγόντων. ....</b>	<b>44</b>
<b>Πίνακας 14: Πρωταρχική Ανάλυση ANOVA για τον Πρώτο Πειραματικό Σχεδιασμό. ....</b>	<b>55</b>
<b>Πίνακας 15: Ανάλυση ANOVA Πρώτου Πειραματικού Σχεδιασμού. ....</b>	<b>55</b>

<b>Πίνακας 16: Στατιστική Σύγκριση Επιπέδων Παράγοντα Αεροδρομίου.....</b>	<b>56</b>
<b>Πίνακας 17: Στατιστική Σύγκριση Επιπέδων Παράγοντα Απόστασης.....</b>	<b>57</b>
<b>Πίνακας 18: Πρωταρχική Ανάλυση ANOVA Δεύτερου Πειραματικού Σχεδιασμού. ....</b>	<b>59</b>
<b>Πίνακας 19: Ανάλυση ANOVA Δεύτερου Πειραματικού Σχεδιασμού.....</b>	<b>59</b>
<b>Πίνακας 20: Στατιστική Σύγκριση Επιπέδων Παράγοντα Εμπειρίας.....</b>	<b>60</b>
<b>Πίνακας 21: Στατιστική Σύγκριση Επιπέδων Παράγοντα Επιπέδου Εκπαίδευσης.....</b>	<b>61</b>

## Κατάλογος Συντμήσεων

**A/Γ:** Απογείωση

**A/Δ:** Αεροδρόμιο

**A/Φ:** Αεροσκάφος

**A/Κ:** Αεροκινητήρας

**ΔΕ:** Διπλωματική Εργασία

**ΕΚ/ΕΝ:** Εκτός Ενεργείας

**ΕΝ/ΕΝ:** Εντός Ενεργείας

**ΜΑΠ:** Μέτρα Ατομικής Προστασίας

**Π/Γ:** Προσγείωση

**Σ/Π:** Σύστημα Προσγείωσης

**Υ/Γ:** Υπόστεγο Αεροσκαφών

**T/A:** Turnaround

## Εισαγωγή

Στο πλαίσιο του παροντικού διεθνούς, επιστημονικού και οικονομικού γίνεσθαι, το αεροπορικό αντικείμενο, και ιδιαίτερα η αεροπορική διασύνδεση μεταξύ των Α/Δ (Αεροδρομίων) με τη μικρότερη δυνατή όχληση και καθυστέρηση κρίνεται κρίσιμη. Πιο συγκεκριμένα, η καθυστέρηση εξυπηρέτησης των πτήσεων, και κατ' επέκταση η απόδοσή τους για πτήση, δύναται να επηρεάσει αρνητικά διάφορα Α/Δ ανά την υφήλιο (Chen, Fricke, Okhrin, & Rosenow, 2024). Ενδεικτικά, επισημαίνονται στατιστικά στοιχεία έτερων ερευνών προηγούμενων ετών, σύμφωνα με τα οποία, το 2018 κατέστη ένα από τα χειρίστα έτη διεθνώς, αναφορικά με τις καθυστερήσεις, οι οποίες έφτασαν στον ιλιγγιώδη όγκο τάξεως μεγέθους εκατομμυρίων λεπτών (Galarraga, Abadie, Standfuss, Ruiz-Gauna, & Goicoechea, 2024). Επίσης, κατά το ίδιο έτος, οι καθυστερήσεις των πτήσεων πολλαπλασιάστηκαν σε σχέση με το αμέσως προηγούμενο έτος (Malandri, Mantecchini, & Reis, 2019) ενώ κρίνεται απαραίτητη η αναφορά στη χώρα της Κίνας στην οποία ο μέσος όρος καθυστερήσεων κατέστη 10 λεπτά/πτήση (Zhang, et al., 2024). Ακόμα και αν η όχληση των επιβατών δεν ληφθεί σοβαρά υπόψη, αξίζει να σημειωθεί η αποτίμηση του κόστους βάσει αυτού του προβλήματος. Υπολογίζεται ότι, το κόστος ανά λεπτό καθυστέρησης για την απόδοση Α/Φ (Αεροσκάφος) ξεπερνάει τα 100\$/λεπτό (Chen, Fricke, Okhrin, & Rosenow, 2024) (Galarraga, Abadie, Standfuss, Ruiz-Gauna, & Goicoechea, 2024). Αναπόδραστα, καθίσταται αδήριτη η ανάγκη της πρόβλεψης των καθυστερήσεων των πτήσεων μέσα από στατιστικές μεθόδους ως πρωταρχικό βήμα για την κατά το δυνατόν εξάλειψή των.

Οι παράγοντες που δύναται να επιδράσουν αρνητικά στους χρόνους επιθεώρησης και εξυπηρέτησης των πτήσεων είναι πολλαπλοί με μεταβαλλόμενη σημαντικότητα. Πιο συγκεκριμένα, εκ των σημαντικότερων παραγόντων σχετίζεται με τις εργασίες εδάφους που λαμβάνουν χώρα μεταξύ δύο διαδοχικών πτήσεων ενός Α/Φ. Αναμφίβολα, ο εξοπλισμός επιγείων μέσων υποστήριξης είναι πεπερασμένος. Συνάμα με τις τεράστιες εγκαταστάσεις και εκτάσεις που καθιστούν ένα σύγχρονο αεροδρόμιο, είναι φανερός ο δισεπίλυτος γρίφος της ορθής διάθεσής των πόρων για την ταχύτερη εξυπηρέτηση των Α/Φ. Έλλειψη προγραμματισμού και τεκμηριωμένης πληροφορίας για το αντικείμενο της διάθεσης του επίγειου εξοπλισμού δύναται όχι μόνο να προκαλέσει καθυστερήσεις στην επιθεώρηση των Α/Φ, αλλά κατ' επέκταση και στην Ασφάλεια των πτήσεων και του Τεχνικού Προσωπικού. (Zhang, et al., 2024) (Malandri, Mantecchini, & Reis, 2019).

Επιπροσθέτως, εξίσου σημαντικός παράγοντας καθίσταται και η εμπειρία και η εκπαιδευτική επάρκεια του τεχνικού προσωπικού. Αναντίρρητα, λόγω της τεχνικής λεπτότητας του αντικειμένου αλλά και των πολυποίκιλων δεξιοτήτων που απαιτούνται να μετέρθουν οι εργαζόμενοι, η εμπειρία δύναται να αποτελέσει καταλυτικό και ανασταλτικό παράγοντα όχι μόνο στο πεδίο της αναχαίτισης των καθυστερήσεων των πτήσεων, αλλά και σε περισσότερο τεχνικά ζητήματα συντήρησης (Atici & Senol, 2022). Παράλληλα, το επίπεδο της παρεχόμενης τεχνικής εκπαίδευσης, δεν δύναται να αμεληθεί.

Στο πλαίσιο της παρούσης ΔΕ (Διπλωματικής Εργασίας), στο πρώτο κεφάλαιο, θα παρουσιαστούν το σύνολο των μέτρων ασφαλείας που απαιτούνται για την εκτέλεση των εργασιών Τεχνικής Υποστήριξης, των εργασιών αυτών καθ'αυτών που σχετίζονται με τη συντήρηση γραμμής<sup>1</sup>, του εξοπλισμού και των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα. Επίσης, θα αναλυθούν κατά τι διεξοδικότερα οι εργασίες που αφορούν τις Ημερήσιες Επιθεωρήσεις που διεξάγονται για την εξυπηρέτηση πτήσεων των Α/Φ. Στη συνέχεια, στο κεφάλαιο της Βιβλιογραφικής Ανασκόπησης, θα παρουσιαστεί η υφιστάμενη γνώση αναφορικά με την επίδραση της εμπειρίας των τεχνικών στους χρόνους εξυπηρέτησης καθώς και η επίδραση του τύπου και των εγκαταστάσεων σε συνάθροιση πάντα με τον επίγειο εξοπλισμό. Έπειτα, στο τρίτο κεφάλαιο διεξάγεται η επιλογή των μεταβλητών, η συλλογή των δεδομένων και παρατίθεται το θεωρητικό και μαθηματικό υπόβαθρο για την καλύτερη κατανόηση των επερχόμενων πειραματικών σχεδιασμών. Στο τέταρτο κεφάλαιο, παρατίθενται τα δύο πειράματα που διενεργήθηκαν μαζί με τα αποτελέσματά τους. Καταληκτικά, στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο υπογραμμίζονται τα συμπεράσματα που συνάχθηκαν καθώς και επισημαίνονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα, πάντα κατά την ταπεινή κρίση του γράφοντα αυτή τη ΔΕ.

Για να αποφευχθεί ο κίνδυνος να χαρακτηριστεί η μελέτη μονοδιάστατη, η ανάλυση των εργασιών δομήθηκε όσο πιο αποστασιοποιημένα ήταν εφικτό, ούτως ώστε να αντιπροσωπεύει το πεδίο των εξυπηρετήσεων πτήσεων, οικουμενικά, ανεξάρτητα από τη φύση του οργανισμού, Πολιτικής, Πολεμικής, Εμπορικής ή Εκπαιδευτικής ατζέντας.

---

<sup>1</sup> Line Maintenance στη Διεθνή Βιβλιογραφία, θα αναλυθεί ο όρος στο εν λόγω κεφάλαιο.

## 1.Περιγραφή Εργασιών

Στα πλαίσια του πρώτου κεφαλαίου, αρχικά θα παρουσιαστούν στο σύνολό τους οι εργασίες συντήρησης γραμμής (Line maintenance) που εκτελούνται στα Α/Δ (Αεροδρόμια). Στη συνέχεια, η παρουσίαση θα γίνει πιο εξατομικευμένη για τις εξυπηρετήσεις Α/Φ (Αεροσκαφών), στα διάφορα είδη τους, καθώς και χαρακτηριστικών των εργαζομένων σε αυτό, αναφορικά με την προέλευση εκπαίδευσής τους καθώς και της εργασιακής τους εμπειρίας. Επιπροσθέτως, θα αναλυθούν οι εργασίες που αφορούν την επανεξυπηρέτηση, προ-πτήσης και μετά πτήσης επιθεώρηση (Pre-Flight, Post-Flight & Intermediate/Turnaround) δίνοντας έμφαση κυρίως στα στάδια εργασιών διαχείρισης εδάφους.<sup>2</sup>

Σε αυτό το σημείο, καταγράφεται η έννοια της Συντήρησης Γραμμής, όπως ορίζεται από την Υπηρεσία Ασφάλειας Αεροπλοΐας της Ευρωπαϊκής Ένωσης<sup>3</sup> (Aeroclass, 2022):

*«Ως Συντήρηση Γραμμής ορίζονται όλες οι εργασίες και τα καθήκοντα τα οποία εκτελούνται ή δύναται να εκτελεστούν μακριά/έξω από υπόστεγο Αεροσκαφών, ήτοι κάτω από τον καθαρό ουρανό, εκτός από περιπτώσεις κατά τις οποίες οι καιρικές συνθήκες το καθιστούν αδύνατο, οπότε η χρήση του υπόστεγου κρίνεται επιβεβλημένη»*

Καταληκτικά, παρατίθενται σε μορφή πίνακα («Πίνακας 1») όλα τα επιστημονικά άρθρα, διπλωματικές εργασίες και τεχνικά εγχειρίδια που μελετήθηκαν ούτως ώστε οι εργασίες που περιγράφονται να υποστηριχθούν και στα πλαίσια της διεθνούς βιβλιογραφίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΠΤΗΣΕΩΝ			
A/A	ΑΝΑΦΟΡΑ	ΕΤΟΣ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
1	Line Maintenance Procedures in Aviation (Aeroclass, 2022)	2022	Ορισμός Συντήρησης Γραμμής, Επιδερμική παρουσίαση Εργασιών Συντήρησης Γραμμής
2	ΕΧΕΙΣ ΚΟΥΛΤΟΥΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ; (Καρλέτσος)	-	Πολεμική Αεροπορία, Ασφάλεια κατά την Εργασία
3	A review of aircraft turnaround operations and simulations, (Schmidt, 2017)	2017	Πολιτική Αεροπορία, Διαδικασίες Turnarounds,
4	Aircraft servicing, maintenance, repair & overhaul – the changed scenarios through	2017	Κάλυψη απαιτήσεων από εξωτερικούς συνεργάτες, Περιγραφή

<sup>2</sup> Ground Handling Procedures, (Schmidt, 2017).

<sup>3</sup> EASA: European Union Aviation Safety Agency στα αγγλικά.

	outsourcing, (Manda, Chaitanya, & Vidhu, 2017)		εργασιών Συντήρησης Γραμμής & Συντήρησης Βάσης
5	Aircraft Maintenance Engineering – Digital Notes, (Ajith, 2023)	2023	Ορισμός Συντήρησης, Ρόλοι & Καθήκοντα Engineer, Mechanic, Technician & Maintainer <sup>4</sup> , Προγραμματισμένη & Απρογραμματίστη Συντήρηση, Εκπαίδευση Προσωπικού, Τήρηση Τεκμηριωμένης πληροφορίας.
6	Aircraft visual inspection: A systematic literature review (Yasuda, Cappabianco, Martins, & Gripp, 2022)	2022	Συστηματική Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας, Μέθοδοι & Τεχνικές Οπτικών Ελέγχων
7	Aviation Maintenance Technician Handbook, (Riley, et al., 2008)	2008	Pre-Flight – Post-Flight Επιθεωρήσεις, Συστήματα Α/Φ, Τεχνικές Επιθεώρησης, Ασφάλεια στην Αεροπλοΐα
8	United States Standard Flight Inspection Manual, (Williams, 1996)	1996	Τεχνικές Οδηγίες Επιθεώρησης Α/Φ
9	«Προγραμματισμός Συντήρησης Αεροσκαφών», (Γομάτος, 2019)	2019	Πολεμική Αεροπορία, Παρουσίαση εργασιών γραμμής, Παρουσίαση εργασιών συντήρησης βάσης

**Πίνακας 1: Βιβλιογραφία Εργασιών Εξυπηρέτησης Πτήσεων**

## 1.1.Γενικές Εργασίες Συντήρησης Γραμμής

Η παρούσα ενότητα επιμερίζεται περαιτέρω σε δύο ξεχωριστές υποενότητες, η πρώτη αφιερωμένη στην ασφάλεια κατά την εκτέλεση εργασιών, τομέας ο οποίος κρίνεται κρισιμότερος στον τομέα της Αεροπλοΐας. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά και καταγραφή και ανάλυση των κατηγοριών εργασιών που λαμβάνουν χώρα υπό το πρίσμα της συντήρησης γραμμής.

<sup>4</sup> Στην Ελλάδα ο όρος Engineer ταυτίζεται με τον όρο Mechanic σαν Μηχανικός. Βέβαια, υπάρχει ο Μηχανικός «πεδίου» και ο μηχανικός που διεξάγει κυρίως μελέτες και έρευνα.



### 1.1.1. Ασφάλεια στις Εργασίες Συντήρησης Γραμμής

Αντικειμενικός στόχος κατά την εξυπηρέτηση πτήσεων ειδικότερα αλλά και στην αεροπλοΐα γενικότερα καθίσταται η επίτευξη ασφαλών μετακινήσεων ανθρώπων εμπορευμάτων και αγαθών. Διαφαίνεται περισσότερο από ποτέ η κρισιμότητα της θωράκισης της ασφάλειας σε οποιαδήποτε μέρος του όγκου εργασιών. Η επίτευξη αυτού του σκοπού δύναται να επιτευχθεί μόνο μέσω της καλλιέργειας «Κουλτούρας Ασφαλείας» κατά την εργασία, όπως επισημαίνεται στο άρθρο του (Καρλέτσος).

Μόνο για την ασφάλεια στην αεροπορική εργασία και για τη νοοτροπία που απαιτείται να καλλιεργηθεί απαιτείται χώρος και χρόνος που ξεπερνάει τα όρια αλλά και τους σκοπούς της παρούσης ΔΕ (Διπλωματικής Εργασίας). Η μελέτη περιορίζεται στα μέτρα ασφαλείας που οφείλει να τηρεί ένας εργαζόμενος στα συνεργεία Συντήρησης Γραμμής εν γένει αλλά και γύρω και πάνω στο Α/Φ ειδικότερα. Δεν δύναται να αμεληθεί η συνεισφορά του Εγχειριδίου Τεχνικού της Αμερικάνικης Αεροπλοΐας (Riley, et al., 2008).

#### *Ασφάλεια από το ηλεκτρικό ρεύμα*

Αναντίρρητα, στις εργασίες συντήρησης και εξυπηρέτησης Α/Φ, υφίστανται πληθώρα περιπτώσεων κατά τις οποίες απαιτείται σύνδεση συσκευής παροχής ηλεκτρικού ρεύματος. Ταυτοχρόνως, λόγω και της φύσης και τοποθεσίας των εργασιών (εξωτερικός χώρος, άμεσα επηρεαζόμενο από τις καιρικές συνθήκες), ελλοχεύουν κίνδυνοι από την ύπαρξη του στατικού ηλεκτρισμού. Ως απόρροια των ανωτέρω, οι εργαζόμενοι επί του αεροπορικού αντικειμένου οφείλουν να θωρακιστούν αφενός από τους κινδύνους που ελλοχεύουν από πιθανή ηλεκτροπληξία καθαυτή και αφετέρου μέσω πιθανών σπινθηρισμών που πιθανώς να προκαλέσουν αναφλέξεις, ειδικότερα κατά τη χρήση εύφλεκτου εξοπλισμού (συσκευές παροχής υγρού οξυγόνου, βυτιοφόρα ανεφοδιασμού καυσίμων) (Riley, et al., 2008).

Για την προάσπιση της ασφάλειας κατά την εργασία, πλειάδα ενεργειών δύναται να εκτελεστούν από τους συντελεστές. Ειδικότερα, αναφορικά με την παρουσία στατικού ηλεκτρισμού και των επακόλουθων κινδύνων, η γείωση του εξοπλισμού παροχής ηλεκτρικού ρεύματος, του Α/Φ και του οχήματος ανεφοδιασμού καυσίμου ούτως ώστε, σε περίπτωση τέτοιου φαινομένου, να μετριαστούν οι επιπτώσεις. Παράλληλα, για την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας ακούσιας παραγωγής στατικού ηλεκτρισμού μπορούν να εφαρμοστούν προληπτικά μέτρα, όπως η παύση των εργασιών σε εξωτερικό χώρο κατά τη διάρκεια

κακοκαιρίας, η μη-ταυτόχρονη παροχή ηλεκτρικού ρεύματος συνάμα με τη χρήση εξοπλισμού με δικλίδες ασφαλείας.

Επιπροσθέτως, αναφορικά με την αποφυγή ηλεκτροπληξίας, πληθώρα προληπτικών μέτρων είναι θεμιτό να εφαρμοστούν. Πιο συγκεκριμένα, η χρήση ΜΑΠ (Μέσων Ατομικής Προστασίας), όπως υποδημάτων με πλαστικό πάτο, είναι εκ των ουκ άνευ, και θα αναφερθεί πολλάκις στα πλαίσια της εν λόγω υποενότητας. Παράλληλα, η συνεχής και προβλεπόμενη συντήρηση του εξοπλισμού καθίσταται αναγκαία, ούτως ώστε να προληφθούν πιθανές διαρροές λόγω κακής χρήσης και κακής κατάστασής του. Εν κατακλείδι, η άρτια εκπαίδευση του εμπλεκόμενου προσωπικού κρίνεται θεμιτή. (Riley, et al., 2008)

### ***Ασφάλεια από Πυρκαγιά***

Στις εργασίες που αφορούν το αεροπορικό αντικείμενο και ειδικότερα επί του Α/Φ, λόγω των εύφλεκτων υλικών που το απαρτίζουν αλλά και του ίδιου του καυσίμου που βρίσκεται αποθηκευμένο στις δεξαμενές του, η πυρκαγιά μέσω των αναφλέξεων καθίσταται εκ των σημαντικότερων κινδύνων που πρέπει να προληφθούν. Αναλυτικότερα, το πρώτο βήμα για να αντιμετωπιστεί η πιθανότητα πυρκαγιάς, είναι ο καθορισμός των αιτιών που προκαλούν την έξαρσή της, ήτοι η παρουσία θερμότητας, οξυγόνου και καύσιμης ύλης σε υπερθετικό βαθμό.

Αναφορικά με την πρόληψη πυρκαγιών, σαν μέτρα ασφαλείας δύναται να καταγραφούν η επαρκής συντήρηση του εξοπλισμού παροχής υγρού οξυγόνου και καυσίμου ανεφοδιασμού, η διαρκής επιθεώρηση του επιγείου εξοπλισμού και των Α/Φ για διαρροές καυσίμου, καθώς και η αποφυγή εργασιών σε περιόδους και περιοχές υπερβολικής ζέστης. (Riley, et al., 2008) Παράλληλα, καθίσταται αδήριτη ανάγκη της ύπαρξης και εφαρμογής διαδικασιών για την άμεση αντιμετώπιση πυρκαγιών αμέσως μόλις ξεσπούν. Ειδικότερα, απαιτείται η ύπαρξη αφενός, σε κοντινό σημείο επί των Α/Φ, πυροσβεστήρων για μία πρώτη άμεση αντιμετώπιση του κινδύνου και, αφετέρου, οργανωμένο τμήμα πυρόσβεσης με δεκάδες οχήματα και 24ωρη επαγρύπνηση. (Riley, et al., 2008)

### ***Ασφάλεια κατά τις εργασίες επί του Αεροσκάφους***

Η γραμμή πτήσεων, αλλά και το επίπεδο εργασιών συντήρησης γραμμής εν γένει, καθίστανται ένα δυναμικό περιβάλλον, με συνεχείς και ευμετάβλητες απαιτήσεις, με επικίνδυνες διεργασίες. (Riley, et al., 2008) Ως εκ τούτου, κάθε πιθανή πτυχή ανάπτυξης επισφαλούς κατάστασης είναι θεμιτό να μελετηθεί εκ των προτέρων και να προταθούν από τους ιθύνοντες μέτρα για την διασφάλιση ασφαλών εργασιών πρωταρχικά αλλά και κατ' επέκταση ασφαλών πτήσεων και μετακινήσεων.

Πρωταρχικά, η προάσπιση της ασφάλειας ξεκινάει από τον ίδιο τον εργαζόμενο μέσω αφενός της χρήσης ΜΑΠ και αφετέρου μέσω της καλλιέργειας της κουλτούρας ασφαλείας (Καρλέτσος). Ειδικότερα, συστήνεται: (Riley, et al., 2008)

1. Η χρήση κάσκα κράνους κατά την εργασία κάτω από το Α/Φ.
2. Η χρήση γαντιών για την αποφυγή εγκαυμάτων και μικροτραυματισμών.
3. Η χρήση ακουστικών, ιδιαίτερα κατά την λειτουργία των Α/Κ (Αεροκινητήρων), ούτως ώστε να αποφευχθεί μόνιμη βλάβη στην ακοή.
4. Χρήση υποδημάτων ασφαλείας με ενισχυμένο πέλμα και μύτη, ούτως ώστε να μειώνεται η δριμύτητα τραυματισμού σε περίπτωση ατυχήματος.
5. Να αποφεύγεται η χρήση κινητού τηλεφώνου κατά την εργασία, λόγω της θερμότητας που εκπέμπουν.
6. Ο εκάστοτε τεχνικός να μην φέρει τιμαλφή, όπως ρολόι χειρός, αλυσίδες βραχιόλια βέρες δαχτυλίδια, λόγω μαγνητισμού και για αποφυγή μικροτραυματισμών.
7. Κατά τη διάρκεια της νύχτας, επισημαίνεται η ανάγκη χρήσης γιλέκου με φωσφορίζον υλικό και η χρήση ειδικών φακών για να διακρίνονται από τους υπόλοιπους συντελεστές.
8. Η χρήση πλαστικών καλυμμάτων για τα μάτια, ιδιαίτερα σε εργασίες ανεφοδιασμού, αλλαγής τροχού λόγω φυσιολογικής φθοράς, συμπλήρωσης ελαίου κινητήρα, λίπανσης.
9. Περιβολή που να καλύπτει κατά το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος του σώματος και των άκρων, για αποφυγή εγκαυμάτων.

Στις παρακάτω εικόνες, γίνεται γλαφυρή αναπαράσταση παραδειγμάτων εργαζομένων οι οποίοι τηρούν κάποια ή όλα τα μέτρα ασφαλείας που προαναφέρθηκαν. Πιο συγκεκριμένα, στην «Εικόνα 1», απεικονίζεται τεχνικός, στο Α/Δ της πόλης του Τορίνο, να εργάζεται επί

του Α/Φ. Είναι πρόδηλη η χρήση ΜΑΠ, όπως γιλέκου, ακουστικών, γαντιών και μακρύ παντελονιού κατά τη χρήση επιγείου εξοπλισμού παροχής ηλεκτρικού ρεύματος. (Future Travel Experience, 2022) Παράλληλα, η «Εικόνα 2» αφορά τεχνικό της Πολεμικής Αεροπορίας κατά την εκτέλεση των τελικών ελέγχων πριν την τροχοδρόμηση του Α/Φ. Διακρίνεται η χρήση ολόσωμης φόρμας, γαντιών, κάσκας, ακουστικών αλλά και ειδικών φακών για τη νύχτα. (Πολεμική Αεροπορία, n.d.)



*Εικόνα 1: Εργαζόμενος επί του Αεροσκάφους με επίγειο εξοπλισμό.*



**Εικόνα 2: Τεχνικός κατά την προετοιμασία πριν την Τροχοδρόμηση του Αεροσκάφους.**

Από την άλλη πλευρά, σημαντική παράμετρος καθίσταται η θωράκιση της ασφάλειας στις περιοχές κάτω και γύρω από το εκάστοτε Α/Φ. Αυτό επιτυγχάνεται με δύο τρόπους, οι οποίοι κρίνονται εξίσου απαραίτητοι. Από τη μία πλευρά, καθίσταται αναγκαία η εξασφάλιση της καθαριότητας του αεροδιαδρόμου, του τροχόδρομου και του χώρου στάθμευσης, επιθεώρησης και εκκίνησης του Α/Φ από ξένα αντικείμενα, όπως πετραδάκια, βίδες εργαλεία αλλά και μικρά ζώα, τα οποία είτε δύναται να εισροφηθούν από τον Α/Κ προκαλώντας του φθορές<sup>5</sup> (Riley, et al., 2008), είτε δύναται να προκαλέσουν φθορά στο σύστημα προσγείωσης, μέσω της πρόσκρουσης κατά την Α/Γ (Απογείωση) που αναπτύσσονται μεγάλες ταχύτητες. Συνεπώς, κρίνεται απαραίτητη η συνεχής επαγρύπνηση του τεχνικού προσωπικού για την ανίχνευση τέτοιων αντικειμένων στο χώρο εργασίας τους καθώς και συνολικά της Διεύθυνσης του Α/Δ, για την διασφάλιση της καθαριότητας των περιοχών κίνησης των Α/Φ.

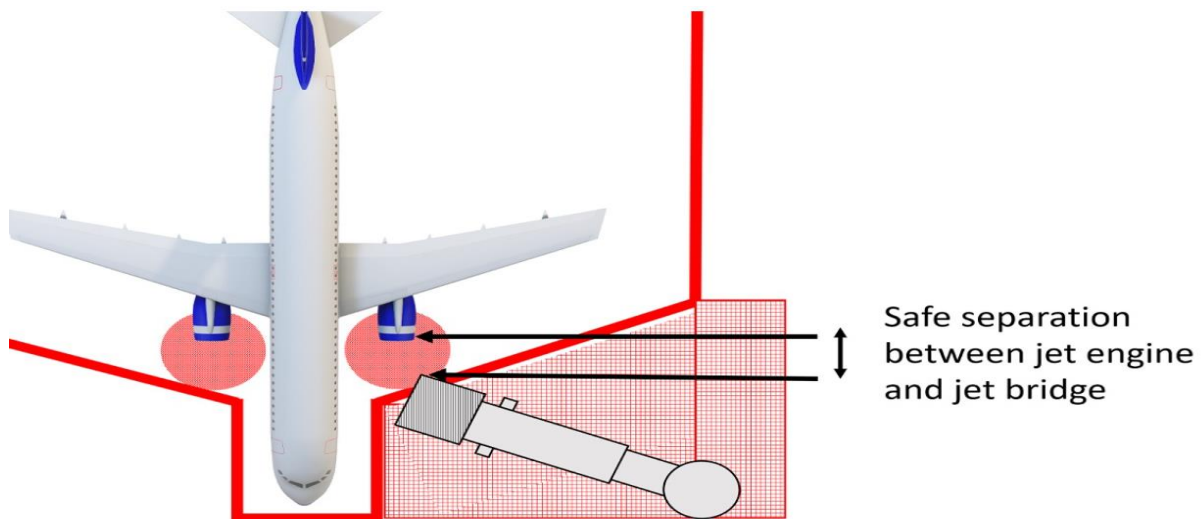
Εν κατακλείδι, αξίζει να σημειωθεί η ανάγκη της επίγνωσης από όλους τους συντελεστές των εργασιών συντήρησης γραμμής επί των ασφαλών περιοχών κίνησης γύρω από τα Α/Φ. Αναλυτικότερα, γύρω από τους Α/Κ, ιδιαίτερα όταν αυτοί βρίσκονται σε λειτουργία, τους

<sup>5</sup> FOD: Foreign Object Damage.



τροχούς του Σ/Π (Συστήματος Προσγείωσης), αλλά και από την άτρακτο του Α/Φ εν γένει, καθορίζονται οι ασφαλείς περιοχές κατά τις οποίες επιτρέπεται η κίνηση των τεχνικών αλλά και η τοποθέτηση του εξοπλισμού με ασφάλεια. Αυτές διαφέρουν από Α/Φ σε Α/Φ. Απαιτείται επομένως, η άρτια εκπαίδευση όλων των εργαζομένων ούτως ώστε να μην παραβιάζονται οι τεχνικές οδηγίες επί αυτών, για την θωράκιση της ακεραιότητας των εργαζομένων, του επιγείου εξοπλισμού αλλά και του πτητικού μέσου.

Στην παρακάτω «Εικόνα 3», παρατίθεται ένα σκαρίφημα των επικίνδυνων περιοχών αλλά και της τοποθέτησης του της μπάρας επιβίβασης συμφώνως αυτών των περιοχών. (A Guide to Airport Ramp Layout – Science Behind Ground Markings on Aircraft Stands, 2022)



Εικόνα 3: Εργασίες εξυπηρέτησης πτήσης λαμβάνοντας υπόψη τις επικίνδυνες περιοχές.

### 1.1.2. Παρουσίαση Εργασιών Συντήρησης Γραμμής

Η πλήρης και αναλυτική παρουσίαση όλων των πτυχών των εργασιών συντήρησης Γραμμής, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα εξαρτήματα του Α/Φ που ανήκουν μαζί με τις εξειδικεύσεις τους, καθίσταται ευρύ και αχανές πεδίο, το οποίο ξεφεύγει από τα πλαίσια της παρούσης ΔΕ, η οποία βασίζεται κυρίως στις εργασίες που σχετίζονται με την εξυπηρέτηση και επανεξυπηρέτηση πτήσεων.

Για την εις βάθος μελέτη των συστημάτων των Α/Φ και την επιστημονική προσέγγιση γύρω από αυτά, αρκετά ενδιαφέρον και χρήσιμο θεωρείται το Εγχειρίδιο Συντήρησης Τεχνικού,

(Riley, et al., 2008). Παράλληλα, ουσιαστικές και «επί του πεδίου» πληροφορίες, υπό το Στρατιωτικό Πρίσμα, δίνονται από τη ΔΕ του (Γομάτος, 2019).

Πρωταρχικά, παρουσιάζονται υπό μορφή πίνακα τα διάφορα συστήματα του Α/Φ που σχετίζονται με το Επίπεδο Συντήρησης Γραμμής («Πίνακας 2»). Ειδικότερα:

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ			
A/A	Σύστημα – Εξάρτημα	Κυρίαρχη Ειδικότητα	Παρατηρήσεις – Σχόλια
1	Γραμμή Πτήσεων	Μηχανικοί	Εξυπηρέτηση και Επανεξυπηρέτηση Πτήσεων
2	A/K		Εργασίες οι οποίες σχετίζονται με τον Αεριοστρόβιλο -A/K του Α/Φ και την υποστήριξή του χωρίς τη χρήση εξοπλισμού Συντήρησης Βάσης
3	Υδραυλικά		Αφορά Σ/Π του Α/Φ, εναλλακτικών Μηχανικών Συστημάτων, Πέδηση Τροχών και Συστήματα Πέδησης στον Αέρα
4	Καυσίμων		Οτιδήποτε σχετίζεται με την κίνηση, παροχή και φιλτράρισμα του καυσίμου στο Α/Φ, το οποίο τροφοδοτεί τον Α/Κ
5	Σκάφους		Αφορά οποιοδήποτε εξάρτημα το οποίο απαρτίζει το Α/Φ δομικά, όπως πτέρυγες, Πτερύγια καμπυλότητας, Οριζόντια Σταθερά, Κάθετο Σταθερό.
6	Ηλεκτρολογικά	Ηλεκτρονικοί	Μπαταρίες, Γεννήτριες, Σύστημα Φωτισμού, Καλωδιώσεις
7	Τηλεπικοινωνίες		Ασύρματοι, VHF, UHF

8	Ηλεκτρονικά Συστήματα		Radar, Οθόνη λειτουργιών
9	Πλοήγησης Α/Φ		Αυτόματος Πιλότος, Δεδομένα Πτήσεων/Καταγραφικό Α/Φ

**Πίνακας 2: Συστήματα/Εξαρτήματα που απαρτίζουν τις εξειδικεύσεις που ανήκουν στις Εργασίες  
Συντήρησης Γραμμής**

Επισημαίνεται ότι οι παραπάνω εξειδικεύσεις δεν περιορίζονται στο επίπεδο γραμμής, αλλά έχουν εφαρμογές και εργασίες και στο επίπεδο συντήρησης Βάσης καθώς και στο Εργοστασιακό φορέα.<sup>6</sup> (Γομάτος, 2019).

Ο όγκος εργασιών σχετίζεται όχι μόνο με την αποκατάσταση βλαβών στο επίπεδο Γραμμής, αλλά και σε ημερολογιακές, ήτοι με επιθεωρήσεις εξαρτημάτων που είναι ανεξάρτητες των ωρών πτήσεων, τις αθροιστικές, οι οποίες βασίζονται σε πτήσιμες ώρες του εκάστοτε Α/Φ. Τέλος, αν και σπανιότερα, δεν πρέπει να αμεληθούν πιθανές Τροποποιήσεις ή Έκτακτοι Έλεγχοι επί κάποιου εξαρτήματος, ιδιαίτερα σε περιστατικά ασφάλειας ή ατυχήματα μικρής κλίμακας.

## 1.2. Παρουσίαση Εργασιών επί της Εξυπηρέτησης Πτήσεων Αεροσκαφών

Στα πλαίσια αυτής της ενότητας, θα γίνει ανάλυση των εργασιών Συντήρησης Γραμμής σε μεγαλύτερο βάθος, και ειδικότερα στο πεδίο των επιθεωρήσεων εξυπηρέτησης Πτήσεων Α/Φ. Οι επιθεωρήσεις είναι τριών επιπέδων και αναλύονται ως εξής: (Riley, et al., 2008) (Schmidt, 2017)

1. Προ-πτήσεως επιθεώρηση (Pre-Flight Inspection), που εκτελείται πριν την πρώτη πτήση της ημέρας για το εκάστοτε Α/Φ.
2. Μεταξύ-πτήσεων/Ενδιάμεση επιθεώρηση (Turnaround<sup>7</sup>), επιθεώρηση η οποία λαμβάνει χώρα σε ένα Α/Φ μεταξύ δύο διαδοχικών πτήσεων.

<sup>6</sup> Base Maintenance και Depot Maintenance.

<sup>7</sup> Στα πλαίσια της παρούσης ΔΕ, ο συγγραφέας την ονοματίζει στην διεξαγωγή των πειραματικών σχεδιασμών και ως Intermediate Inspection, για να υποδεικνύεται καλύτερα η χρονική της τοποθέτηση συναρτήσει των υπολοίπων επιθεωρήσεων σε μία πτήσιμη ημέρα.



### 3. Μετά-πτήσεως επιθεώρηση (Post-Flight Inspection), η οποία λαμβάνει χώρα μετά την τελευταία πτήση της ημέρας για το εκάστοτε Α/Φ.

Ο προϊστάμενος του συνεργείου εξυπηρέτησης πτήσεων, μαζί με τους επιτελείς του, ο αριθμός των οποίων δύναται να διαφέρει από μέρα σε μέρα αλλά κυρίως και από Α/Δ σε Α/Δ, από το πέρας των εργασιών της προηγούμενης εργάσιμης ημέρας, γνωρίζει το πρόγραμμα πτήσεων και τις ανάγκες εξυπηρέτησης και επανεξυπηρέτησης τους. Έχοντας γνώση των τεχνικών που θα καθίστανται διαθέσιμοι καθώς και του επιγείου εξοπλισμού που θα είναι σε λειτουργική κατάσταση, καταρτίζουν το σχέδιο επιθεωρήσεων. Σε αυτό το σημείο, η γνώση για τους χρόνους εκτέλεσης των επιθεωρήσεων, της εμπειρίας αλλά και πληροφορίες για τις τοποθεσίες στάθμευσης των Α/Φ καθίστανται ακανθώδους σημασίας για την αποτελεσματικότερη οργάνωση του προσωπικού καθώς και των εργασιών.

Καταληκτικά, αξίζει να σημειωθεί ότι, στα πλαίσια της παρούσης ΔΕ, βάσει των αναφερθέντων στο (Riley, et al., 2008), η Μεταξύ-πτήσεως ταυτίζεται με την Μετά-Πτήσεως αλλά γίνεται ο διαχωρισμός διότι χρονικά, μέσα στο ωράριο της πτήσιμης ημέρας, καθίσταται επιδραστικός παράγοντας η ανάγκη επανεξυπηρέτησης για την επόμενη πτήση στο χρόνο εκτέλεσης της επιθεώρησης, εν αντιθέσει με την Μετά-πτήσεως, κατά την οποία δεν υφίσταται αντίστοιχη πίεση χρόνου λόγω κλεισίματος της «βάρδιας». Επιπλέον, λαμβάνεται υπόψη η παραδοχή της εκτέλεσης των επιθεωρήσεων από έναν τεχνικό τη φορά ανά επιθεώρηση.

#### 1.2.1: Η Προ-Πτήσεως Επιθεώρηση

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή της ενότητας, Προ-Πτήσης επιθεώρηση ορίζεται η επιθεώρηση που εκτελείται από καταρτισμένο, εκπαιδευμένο τεχνικό προσωπικό, προηγούμενη της πρώτης πτήσης της ημέρας (Williams, 1996) (Riley, et al., 2008). Εκτελείται συχνότατα στα πλαίσια της Τεχνικής Υποστήριξης Αεροπορικών Πτήσεων, παρόλα αυτά κρίνεται ουσιαστική για την εκτέλεση ασφαλών πτήσεων και μετακινήσεων. Ουσιαστικά, σχετίζεται με την επιθεώρηση, κυρίως οπτική, όλων των εξαρτημάτων του Α/Φ. Αναλυτικότερα, η Προ-Πτήσεως επιθεώρηση συνίσταται από τα εξής μέρη:

1. Πρωταρχικά, ο τεχνικός στον οποίο έχει ανατεθεί το αντίστοιχο Α/Φ προς επιθεώρηση, μεταβαίνει στο Α/Φ. Πριν ξεκινήσει οποιαδήποτε ενέργεια για την

επιθεώρηση, διενεργεί προετοιμασία της επιθεώρησης και του χώρου που θα εργαστεί. Αυτές οι προπαρασκευαστικές εργασίες αποτελούνται από:

- a. Εξασφάλιση της ασφάλειας του χώρου εργασιών, των ασφαλών περιοχών του Α/Φ και όποιων άλλων επισφαλών σημείων θα παρατηρήσει ο τεχνικός, όπως αναφέρθηκε σε περασμένη ενότητα.
  - b. Ανάπτυξη των εργαλείων που απαιτούνται για την εκτέλεση των επιθεωρήσεων, όπως λόγου χάρη κατσαβίδια, κλειδιά όργανα μέτρησης πίεσης, ειδικά καθαριστικά κ.α. καθώς και εξασφάλιση της λειτουργικής τους κατάστασης (έλεγχος ότι είναι διακριβωμένα, χωρίς φθορές)
  - c. Έλεγχος της καθαριότητας του χώρου και των επιφανειών γύρω από το Α/Φ αλλά και σε απόσταση μακρύτερα από αυτό, ούτως ώστε να εξαλειφθεί ο κίνδυνος εισρόφησης αντικειμένων<sup>8</sup>.
2. Έπειτα, αφότου έχει εξασφαλιστεί η ασφάλεια των μέσων και του χώρου, ο τεχνικός εκτελεί μία αρχική σύντομη αλλά ενδελεχή περιφορά γύρω από το Α/Φ επιθεώρησης<sup>9</sup>, κατά την οποία δεν εμβαθύνει στον οπτικό έλεγχο για κάθε εξάρτημα, παρά μόνο εστιάζει σε πιθανές φθορές ή βλάβες μεγάλης κλίμακας καθώς και σε πιθανές διαρροές μεγάλης έκτασης και σε οποιοδήποτε συμβάν μείζονος σημασίας το οποίο θα παρατηρηθεί εύκολα. Σκοπός αυτής της τακτικής είναι να εξοικονομηθεί κρίσιμος χρόνος για την αποκατάσταση οποιαδήποτε βλάβης ή φθοράς δύναται να προέκυψε από την προηγούμενη ημέρα ή κατά την τελευταία επιθεώρηση και δεν την αντιλήφθηκε κανείς. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, και αρκετά σύνηθες καθίστανται οι φθορές που προκαλούνται από τρωκτικά κατά τη διάρκεια της νύχτας τα οποία βρίσκουν καταφύγιο μέσα στο Α/Φ, μέσω της εισχώρησης μέσα στην άτρακτο. (Riley, et al., 2008) (Williams, 1996)
3. Εφόσον εξασφαλιστεί ότι δεν συντρέχει λόγος που να εναπόκειται στα αναφερθέντα στην προηγούμενη παράγραφο, έπειτα ο τεχνικός προβαίνει σε έλεγχο των πνευματικών<sup>10</sup>, υδραυλικών συστημάτων του Α/Φ αλλά και των τροχών του, για πιθανή πλήρωσή τους σε περιπτώσεις απώλειας πίεσης μικρής ή και μεγαλύτερης έκτασης («Εικόνα 4») (Πολεμική Αεροπορία, χ.χ.). (Ajith, 2023) (Riley, et al., 2008) (Manda, Chaitanya, & Vidhu, 2017) (Yasuda, Cappabiancoa, Martins, & Gripp,

<sup>8</sup> FOD: Foreign Object Damage.

<sup>9</sup> Walk Around στην αγγλική γλώσσα.

<sup>10</sup> Πνευματικά, ορίζονται τα συστήματα τα οποία λειτουργούν με πίεση αέρα/αερίων.

2022). Σε περίπτωση ύπαρξης τέτοιων ενδεχομένων, ο τεχνικός επικοινωνεί για την παροχή επιγείου εξοπλισμού πλήρωσης του πνευματικού ή και του υδραυλικού συστήματος, και προβαίνει στην πλήρωσή τους<sup>11</sup>. Αυτό το σημείο αποτελεί αιτία ύπαρξης μεταβλητότητας για αμφότερα τα πειράματα της ΔΕ, διότι αφενός σε περίπτωση πολλών παράλληλων επιθεωρήσεων, δύναται ο επίγειος εξοπλισμός να μην επαρκεί για όλους τους τεχνικούς προκαλώντας καθυστερήσεις και αφετέρου, ένας πιο έμπειρος τεχνικός δύναται να εκτελέσει τις εργασίες πλήρωσης πολύ γρηγορότερα από έναν λιγότερο έμπειρο ομόλογό του. Παράλληλα, δεν πρέπει να αμεληθεί η ίδια η απόσταση του Α/Φ προς επιθεώρηση από τον επίγειο εξοπλισμό, απαιτώντας εκ των πραγμάτων περισσότερο χρόνο από ένα κοντινότερο Α/Φ.

4. Παράλληλα με την αναμονή του επίγειου εξοπλισμού, ο τεχνικός δύναται να προβεί σε επιθεώρηση της καθαριότητας του Α/Φ, κυρίως του χειριστηρίου των πιλότων<sup>12</sup> και της καλύπτρας ούτως ώστε να διασφαλιστεί η πλήρης λειτουργικότητα και η ορατότητα των πιλότων κατά την πτήση σε περίπτωση ακάθαρτων σημείων. (Manda, Chaitanya, & Vidhu, 2017)
5. Κρισιμότερο μέρος της επιθεώρησης είναι ο οπτικός έλεγχος του/των κινητήρα/κινητήρων του Α/Φ. Αποτελεί κρίσιμο σημείο, λόγω της δριμύτητας των επιπτώσεων σε περιπτώσεις αστοχίας τους κατά την Α/Γ, πτήση και Π/Γ. Η εν λόγω επιθεώρηση, συμφώνως των (Yasuda, Cappabianco, Martins, & Gripp, 2022) (Manda, Chaitanya, & Vidhu, 2017) (Aust, Mitrovic, & Pons, Assessment of the effect of Cleanliness on the Visual Inspection of Aircraft Engine Blades: An Eye Tracking Study, 2021), συνίσταται στο παρόν επίπεδο, κυρίως στον οπτικό έλεγχο των πτερυγίων για στρέβλωση, διάβρωση και γενικότερα για φθορά. («Εικόνα 5») (Πολεμική Αεροπορία, χ.χ.).
6. Επιπροσθέτως, ο τεχνικός προβαίνει σε ενδελεχή οπτικό έλεγχο πλέον των υπολοίπων επιφανειών του Α/Φ, όπως των πτερύγων, του Σ/Π, των επιφανειών πλοήγησης (οριζόντιο και κάθετο σταθερό) καθώς και την ατράκτου για τυχόν φθορές που μπορεί να προκλήθηκαν κατά την πτήση μέσω του χτυπήματος από σμήνος πτηνών για παράδειγμα<sup>13</sup>, για φθορές λόγω γήρανσης, για διαβρώσεις, ιδιαίτερα για

---

<sup>11</sup> Servicing, στην αγγλική γλώσσα.

<sup>12</sup> Cockpit στην αγγλική γλώσσα.

<sup>13</sup> Bird strike στην αγγλική γλώσσα.

περιβάλλοντα επιρρεπή σε διάβρωση καθώς και για πιθανότητα εμφάνισης & ανάπτυξης ρωγμών. («Εικόνα 6») (Dreamstime, 2014).

7. Αφότου τελειώσει και το προηγούμενο στάδιο, και με δεδομένο ότι εκτελέστηκε πλήρωση των συστημάτων που αναφέρθηκαν προηγουμένως, ο τεχνικός προβαίνει σε προετοιμασία του χώρου για την εκκίνηση, τροχοδρόμηση και πτήση. Αυτή η προετοιμασία, αποτελείται από:

- a. Συλλογή των εργαλείων που χρησιμοποίησε κατά την επιθεώρηση.
- b. Αναδίπλωση και μετακίνηση του επιγείου εξοπλισμού έξω από τα όρια των επικίνδυνων περιοχών και εκτός της διαδρομής που θα ακολουθήσει ο χειριστής κατά την τροχοδρόμηση και Α/Γ του Α/Φ.



**Εικόνα 4: Επιθεώρηση τροχού Α/Φ.**





**Εικόνα 5: Επιθεώρηση Πτερυγίων Αεροκινητήρα από Τεχνικό.**



**Εικόνα 6: Προ-Πτήσης Επιθεώρηση σε Επιβατικό Αεροσκάφος.**

Εν κατακλείδι, τα στάδια που αναφέρθηκαν προηγουμένως και σχετίζονται με την Προ-Πτήσης Επιθεώρηση καταγράφονται και στο κάτωθι διάγραμμα Gantt «Πίνακας 3». Οι χρόνοι είναι ενδεικτικοί και στηρίζονται στα (Lange, Sieling, & Parra, 2019), (Volt, Stojic, & Had, 2023) (Riley, et al., 2008)

Προ-Πτήσης Επιθεώρηση									
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45
Προετοιμασία Χώρου									
Αρχική Περιφορά γύρω από το Α/Φ									
Έλεγχος Πνευματικών, Υδραυλικών Συστημάτων & Τροχών									
Πλήρωση Συστημάτων & Τροχών									
Έλεγχος Καθαριότητας Χειριστηρίου & Καλύπτρας									
Οπτική Επιθεώρηση Κινητήρα/Κινητήρων									
Οπτική Επιθεώρηση Επιφανειών & Ατράκτου									
Πέρασ Επιθεώρησης – Έλεγχοι Ασφαλείας									

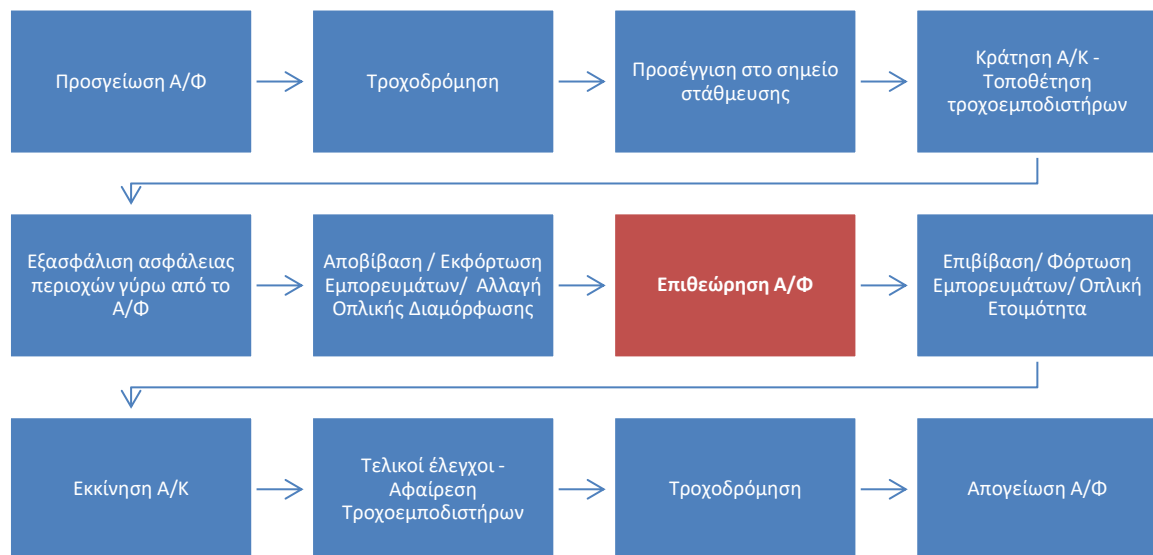
Πίνακας 3: Τα βήματα για την εκτέλεση Προ-Πτήσης Επιθεώρηση.

### 1.2.2: Η Μεταξύ-Πτήσεων/Ενδιάμεση Επιθεώρηση

Σε αυτήν την υποενότητα, καθίσταται απαραίτητες κάποιες διευκρινήσεις σχετικά με την επιθεώρηση. Πρωταρχικά, αξίζει να σημειωθεί ότι η εν λόγω επιθεώρηση αποτελεί μέρος του

λεγόμενου στη Διεθνή Βιβλιογραφία ως «Επανεξυπηρέτηση»<sup>14</sup> (Atici & Senol, 2022) (Chen, Fricke, Okhrin, & Rosenow, 2024) (Malandri, Mantecchini, & Reis, 2019) (Zhang, et al., 2024).

Για την πληρέστερη περιγραφή της επιθεώρησης, αρχικά θα παρουσιαστεί η επανεξυπηρέτηση στο πλήρες της εύρος. Παράλληλα, για λόγους οικουμενικότητας της μελέτης, θα αποσπαστεί η ανάλυση από το είδος του Α/Φ. Ειδικότερα, τα στάδια της επανεξυπηρέτησης είναι τα κάτωθι, όπως επισημαίνεται και στη Βιβλιογραφία (Postorino, Mantecchini, Malandri, & Paganelli, 2020), (Evler, Asadi, Preis, & Fricke, 2021), (Evler, Asadi, & Fricke, Stochastic Control of Turnarounds at HUB-Airports, 2018), (Lange, Sieling, & Parra, 2019), καθώς και στο κάτωθι σχήμα («Σχήμα 1»)



**Σχήμα 1: Βήματα για την επανεξυπηρέτηση αεροσκάφους μεταξύ πτήσεων.**

Συμφώνως των (Postorino, Mantecchini, Malandri, & Paganelli, 2020), (Evler, Asadi, Preis, & Fricke, 2021), (Evler, Asadi, & Fricke, Stochastic Control of Turnarounds at HUB-Airports, 2018), (Lange, Sieling, & Parra, 2019), η επανεξυπηρέτηση του Α/Φ θεωρείται από την τοποθέτηση των τροχοεμποδιστήρων<sup>15</sup> μετά την Π/Γ και την αφαίρεσή τους αμέσως μετά την εκκίνηση του Α/Φ. Τα πειράματα που διεξήχθησαν για τις ανάγκες της ΔΕ αφορούν μόνο

<sup>14</sup> Turn-Around στην αγγλική γλώσσα.

<sup>15</sup> Chock, στην αγγλική γλώσσα.

το στάδιο της επιθεώρησης (το κόκκινο πλαίσιο), το οποίο συνίσταται από τα παρακάτω στάδια:

1. Πολύ πριν προσεγγίσει το Α/Φ, ο τεχνικός οφείλει να έχει εκ νέου να προετοιμάσει, όπως και στην Προ-Πτήσης επιθεώρηση, το χώρο στάθμευσης, να διασφαλίσει την ασφάλειά του και να αναπτύξει το σύνολο των εργαλείων που θα χρησιμοποιήσει.
2. Στη συνέχεια, επιτελείται, όπως και στην υποενότητα 1.2.1, μία σύντομη περιφορά του τεχνικού γύρω από το Α/Φ, με παρόμοια ζητούμενα. Αξίζει να σημειωθεί, λόγω της χρονικής πίεσης για την απόδοση του Α/Φ προς πτήση η οποία εντείνεται σε αυτήν την περίπτωση διότι δεν έχει την ευχέρεια ο τεχνικός σε λόγου χάρη πρότερη έναρξη διότι αναμένει το Α/Φ να προσγειωθεί.
3. Έπεται ο έλεγχος, όπως και στην Προ-Πτήσης επιθεώρηση, των πνευματικών, υδραυλικών συστημάτων, αλλά, και αυτή είναι η πρώτη κύρια διαφοροποίηση, γίνεται και έλεγχος των ελαίων του Α/Κ (Manda, Chaitanya, & Vidhu, 2017) για πιθανή ανάγκη συμπλήρωσης. Η διαθεσιμότητα του επιγείου εξοπλισμού, συνάμα με την απόσταση από το συνεργείο και την πείρα του τεχνικού καθίσταται εκ νέου καταλυτικός παράγοντας για την χρονική διάρκεια της επιθεώρησης. Σε αυτό το σημείο, κρίνεται όσο πιο ποτέ σημαντική η διαρκής επαγρύπνηση του προϊσταμένου του συνεργείου με τους επιτελείς του για την αποτελεσματικότερη διαχείριση του έμψυχου και άψυχου δυναμικού.
4. Επιπλέον, η δεύτερη σημαντική διαφοροποίηση κρίνεται η ανάγκη για ανεφοδιασμό σε καύσιμο του Α/Φ. Ειδικότερα, αποτελεί επίσης ένα σημαντικό παράγοντα μεταβλητότητας του χρόνου εκτέλεσης των επιθεωρήσεων, λόγω των αρκετών μέτρων ασφαλείας που απαιτούνται από τους συντελεστές της Τεχνικής Υποστήριξης (Μετεωρολόγοι, Πυροσβεστική Υπηρεσία, Τεχνικοί, Διαχειριστές εξοπλισμού Βυτιοφόρων).
5. Αμέσως μετά τον ανεφοδιασμό του Α/Φ με αεροπορικό καύσιμο, ο τεχνικός προβαίνει σε έλεγχο καθαριότητας χειριστηρίου και καλύπτρας, του/των Α/Κ, των επιφανειών πλοήγησης, της ατράκτου και των Σ/Π, ακριβώς όπως και στην Προ-Πτήσης επιθεώρηση.
6. Καταληκτικά, ο τεχνικός πριν αποδώσει το Α/Φ για πτήση, προβαίνει σε αναδίπλωση του εξοπλισμού και των εργαλείων και σε έλεγχο ασφαλείας του χώρου για τυχόν



ξεχασμένα αντικείμενα τα οποία θα παρεμβληθούν στη διαδρομή μεταξύ του διαδρόμου Α/Γ και του χώρου στάθμευσης.

Στις παρακάτω εικόνες, παρουσιάζεται η περίπτωση της προσέγγισης του Α/Φ έπειτα από πτήση προς επιθεώρηση, («Εικόνα 7») σε πολιτικό Α/Δ, καθώς και η εκτέλεση οπτικής επιθεώρησης καλής κατάστασης του Σ/Π σε Α/Φ της ελληνικής Πολεμικής Αεροπορίας. («Εικόνα 8»).



**Εικόνα 7: Προσέγγιση Αεροσκάφους έπειτα από Πτήση.**



**Εικόνα 8: Επιθεώρηση Συστήματος Προσγείωσης.**

Καταληκτικά, όπως και στην προηγούμενη υποενότητα, παρουσιάζονται τα διαδοχικά στάδια της Ενδιάμεσης/Μεταξύ-Πτήσεων επιθεώρησης σε διάγραμμα Gantt («Πίνακας 4»)

<b>Ενδιάμεση/Μεταξύ-Πτήσεων Επιθεώρηση</b>										
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50
Προετοιμασία Χώρου										
Αρχική Περιφορά γύρω από το Α/Φ										
Έλεγχος Πνευματικών, Υδραυλικών Συστημάτων & Στάθμης Ελαίου Α/Κ										
Πλήρωση Πνευματικών, Υδραυλικών Συστημάτων & Ελαίου Α/Κ										

Ανεφοδιασμός Α/Φ με Κάυσιμο										
Έλεγχος Καθαριότητας Χειριστηρίου & Καλύπτρας										
Οπτική Επιθεώρηση Κινητήρα/Κινητήρων										
Οπτική Επιθεώρηση Επιφανειών & Ατράκτου										
Πέρασ Επιθεώρησης – Έλεγχοι Ασφαλείας										

**Πίνακας 4: Βήματα της Ενδιάμεσης/Μεταξύ-Πτήσεων Επιθεώρηση.**

### 1.2.3: Η Μετά-Πτήσεως Επιθεώρηση

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η εν λόγω επιθεώρηση ταυτίζεται σχεδόν πλήρως με την Ενδιάμεση/Μεταξύ-Πτήσεων Επιθεώρηση. (Riley, et al., 2008) Διαφοροποιείται κυρίως στο ότι, δεν υφίσταται μεν έντονη πίεση χρόνου λόγω του τέλους της πτήσιμης ημέρας βάσει προγράμματος πτήσεων, υφίστανται όμως επιπλέον εργασίες δε, οι οποίες αποτελούνται από την πλήρη αναδίπλωση του συνεργείου και του εξοπλισμού του (εργασίες όμως που δεν αθροίζονται στο χρόνο εκτέλεσης της επιθεώρησης αλλά επηρεάζουν το προγραμματισμό εκτέλεσης εργασιών) καθώς και προετοιμασία του Α/Φ για διανυκτέρευσή του, μέσω της ρυμούλκησης<sup>16</sup> του σε ασφαλές σημείο, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις δυσμενών καιρικών συνθηκών. Από την άλλη πλευρά, αξίζει να σημειωθεί η έτερη διαφοροποίηση, κατά την οποία, δεν διεξάγεται έλεγχος για πλήρωση των Πνευματικών και Υδραυλικών Συστημάτων, παρά μόνο για τη στάθμη του ελαίου του Α/Κ. (Manda, Chaitanya, & Vidhu, 2017).

Στην παρακάτω εικόνα, («Εικόνα 9»), απεικονίζεται η επιθεώρηση του Α/Κ, όπως αναλύθηκε και στις προηγούμενες υποενότητες τεχνικού της USAF σε Μετά-Πτήσεως επιθεώρηση (Spessa & Leone, 2016).

<sup>16</sup> Towing στην αγγλική γλώσσα.



Εικόνα 9: Οπτικός Έλεγχος Αεροκινητήρα στην Μετά-Πτήσεως Επιθεώρηση

Καταληκτικά, το κεφάλαιο κλείνει μέσω της παράθεσης των σταδίων της Μετά-Πτήσεων επιθεώρησης εκ νέου σε διάγραμμα Gantt («Πίνακας 5»).

Μετά-Πτήσης Επιθεώρηση										
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50
Προετοιμασία Χώρου										
Αρχική Περιφορά γύρω από το Α/Φ										
Έλεγχος & Πλήρωση Στάθμης Ελαίου Α/Κ										
Ανεφοδιασμός Α/Φ με Καύσιμο										

Έλεγχος Καθαριότητας Χειριστηρίου & Καλύπτρας										
Οπτική Επιθεώρηση Κινητήρα/Κινητήρων										
Οπτική Επιθεώρηση Επιφανειών & Ατράκτου										
Ρυμούλκηση Α/Φ σε Υ/Γ										
Πέρασ Επιθεώρησης – Έλεγχοι Ασφαλείας										

**Πίνακας 5: Βήματα της Μετά-Πτήσεως Επιθεώρησης.**



## 2.Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Το εν λόγω κεφάλαιο χωρίζεται σε δύο μέρη, ούτως ώστε να επιτευχθεί αποτελεσματικότερα η ανασκόπηση των πειραματικών σχεδιασμών που σχεδιάστηκαν για την εκπόνηση της ΔΕ (Διπλωματικής Εργασίας). Ειδικότερα, έπειτα από συστηματική μελέτη σε επιστημονικά άρθρα της Διεθνούς Βιβλιογραφίας, υπογραμμίζεται αρχικά η επιστημονική και πειραματική πρόοδος που υφίσταται υπό το πρίσμα του κορεσμού των Α/Δ (Αεροδρομίων) καθώς και των αποστάσεων που καλείται να μετακινηθεί το τεχνικό προσωπικό και ο επίγειος εξοπλισμός για την εκτέλεση των επιθεωρήσεων εξυπηρέτησης Α/Φ (Αεροσκαφών). Στο δεύτερο μέρος του κεφαλαίου αναπτύσσεται εκτενώς το ολοένα και σημαντικότερο πεδίο της εμπειρίας των τεχνικών επί του αεροπορικού αντικειμένου εν γένει συνάμα με το επίπεδο εκπαίδευσης. Αξίζει να σημειωθεί η προσπάθεια του συγγραφέα να ανασκοπηθούν επιστημονικά άρθρα που δεν χρονολογούνται πάνω από δεκαετία, ούτως ώστε να υφίσταται σύγκλιση με τις νεότερες επιστημονικές κατευθύνσεις.

### 2.1.Ο Φόρτος Πτήσεων & η απασχόληση του Αεροδρομίου στην Επίδραση της Εξυπηρέτησης Πτήσεων

Αναμφίβολα, λαμβάνοντας υπόψη το ολοένα και αυξανόμενο φόρτο εργασίας που αντιμετωπίζουν τα μεγάλα Α/Δ με το πέρασμα των ετών (Postorino, Mantecchini, Malandri, & Paganelli, 2020), η αφθονία επιστημονικών πηγών και μελετών φαντάζει αναμενόμενη. Για την διεξαγωγή του εν λόγω πειραματικού σχεδιασμού, αναζητήθηκαν και μελετήθηκαν οχτώ άρθρα εν συνόλω. Στο σύνολο των άρθρων που ανασκοπήθηκαν αναλώθηκαν κυρίως στην επανεξυπηρέτηση (Turnaround) παρά στις Προ-πτήσεως και Μετά-Πτήσεως επιθεωρήσεις.

Πρωταρχικά, η περιήγηση κρίνεται θεμιτό να ξεκινήσει από τα άρθρα (Lange, Sieling, & Parra, 2019) (Postorino, Mantecchini, Malandri, & Paganelli, 2020), τα οποία επικεντρώνονται στις διεργασίες που απαιτούν επίγειο εξοπλισμό. Πιο συγκεκριμένα, το άρθρο (Postorino, Mantecchini, Malandri, & Paganelli, 2020) αποτελεί μία μελέτη περίπτωσης για Α/Δ της κεντρικής Ιταλίας. Οι συγγραφείς καταπιάνονται με την

διαθεσιμότητα επιγείου εξοπλισμού και εργαζομένων και μέσα από ένα μικρό δείγμα πτήσεων μιας καλοκαιρινής ημέρας μελετούν την επίδραση της διακύμανσης των παραγόντων στο χρόνο εκτέλεσης T/A (Turn-Around). Συνάμα, λαμβάνουν υπόψη, αν και όχι σαν παράγοντα, τον κορεσμό του A/Δ από A/Φ. Η μελέτη περίπτωσης καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η έλλειψη επιγείου εξοπλισμού και προσωπικού, ειδικά τις ώρες με εναέρια κυκλοφορία στο ζενίθ, έχει αυξητικές επιδράσεις στο χρόνο επανεξυπηρέτησης A/Φ. Παράλληλα, στον πειραματικό σχεδιασμό (Lange, Sieling, & Parra, 2019) μελετάται διεξοδικά κάθε στάδιο του T/A. Σε αυτήν την περίπτωση όμως οι μελετητές χρησιμοποιούν ως παράγοντα κυρίως αλλογενείς παράγοντες, όπως την Αεροπορική Εταιρία και τη νοοτροπία εκτέλεσης επιθεωρήσεων καθώς και την επίδραση των καιρικών συνθηκών στην του κορεσμού του A/Δ. Το δείγμα προσέγγιζε τον ικανοποιητικό αριθμό των τριάντα χιλιάδων πτήσεων και τα αποτελέσματα απεικονίστηκαν μέσω μαθηματικού μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης.

Στη συνέχεια, άξια αναφοράς και μελέτης κρίνονται οι μελέτες περιπτώσεων που παρουσιάστηκαν στα άρθρα (Sánchez & Eroles, 2017) & (Evler, Asadi, Preis, & Fricke, 2021). Αναλυτικότερα, σε αμφότερες τις μελέτες διεξήχθη ανάλυση ευαισθησίας ούτως ώστε να παραμετροποιήσουν τις καθυστερήσεις απόδοσης A/Φ για πτήση έπειτα από επανεξυπηρέτηση και για τη βελτιστοποίησή τους ώστε να επιτευχθεί αναπλήρωση των καθυστερήσεων (Evler, Asadi, Preis, & Fricke, 2021). Στο ίδιο άρθρο, γίνεται εκτενής αναφορά στους περιορισμούς που υφίστανται για ένα μεγάλο A/Δ, όπως το προς μελέτη, για τη μεταφορά του επιγείου εξοπλισμού από το ένα A/Φ στο άλλο. Από την άλλη πλευρά, στο (Sánchez & Eroles, 2017) μελετάται για κάθε στάδιο της επανεξυπηρέτησης πόσο δύναται να συντελέσει συσσωρευτικά στις καθυστερήσεις.

Επίσης, άξια αναφοράς είναι τα άρθρα (Wan, et al., 2019), (Volt, Stojic, & Had, 2023) & (Scardaoni, Magnacca, Massai, & Cipolla, 2021), στα οποία οι συντελεστές καταπιάνονται με την κατασκευή προβλεπτικών μαθηματικών μοντέλων και την εφαρμογή της προσέγγισής τους σε μελέτες περίπτωσης. Ειδικότερα, το άρθρο (Wan, et al., 2019) αφορά A/Δ της Κίνας κατά το οποίο προτείνεται μη γραμμικό προβλεπτικό μαθηματικό μοντέλο των χρόνων εκτέλεσης επανεξυπηρέτησης A/Φ μεταξύ δύο πτήσεων. Η ειδοποιός διαφορά του συγκεκριμένου μοντέλου αποτελεί ότι προβλέπει μεταβλητή και την ύπαρξη στρατιωτικών ασκήσεων στα A/Δ, πέραν της επίδρασης των καιρικών συνθηκών και του κορεσμού. Διαφοροποίηση αρκετά χρήσιμη, δεδομένης της ύπαρξης πολλών A/Δ στην ελληνική

επικράτεια που αποτελούν και Βάσεις της Πολεμικής Αεροπορίας. Παράλληλα, οι (Volt, Stojic, & Had, 2023) διεξήγαγαν μελέτη περίπτωσης στο Α/Δ της Πράγας, κατά το οποίο ελέγχεται κατά πόσο προσεγγίζει το προβλεπτικό μαθηματικό μοντέλο μέσω μηχανικής μάθησης που καταρτίστηκε για την αποτίμηση των καθυστερήσεων στις επανεξυπηρετήσεις Α/Φ. Επίσης, στο άρθρο των (Scardaoni, Magnacca, Massai, & Cipolla, 2021) δίνεται μία τελείως διαφορετική διάσταση του αντικειμένου, κατά την οποία οι επιθεωρήσεις του Α/Φ και δη η επανεξυπηρέτηση, είναι απαραίτητο να μελετώνται από τη φάση του σχεδιασμού του Α/Φ, ώστε να βελτιστοποιηθούν οι διαδικασίες για την επίτευξη καλύτερων χρόνων. Προς αυτήν την κατεύθυνση, οι συγγραφείς κατάρτισαν μοντέλο πρόβλεψης χρόνων.

Τέλος, δεν δύναται να αμεληθεί η μελέτη των (Evler, Asadi, & Fricke, Stochastic Control of Turnarounds at HUB-Airports, 2018), κατά το οποίο μελετάται με στοχαστικά μοντέλα το αντικείμενο των καθυστερήσεων των επανεξυπηρετήσεων στα μεγάλα Α/Δ. Σκοπός των συγγραφέων κατέστη η ελαχιστοποίηση των καθυστερήσεων σε παράλληλες εκτελέσεις T/A, υπό το πρίσμα του κόστους.

Στοιχεία για τις προαναφερθείσες επιστημονικές μελέτες απεικονίζονται επιγραμματικά στον κάτωθι πίνακα («Πίνακας 6»).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ 1 <sup>ου</sup> ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ				
A/A	ΑΝΑΦΟΡΑ	ΕΤΟΣ	ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
1	(Postorino, Mantecchini, Malandri, & Paganelli, 2020)	2020	Element by Element approach	Μελέτη περίπτωσης, Ανάλυση επίδρασης παραγόντων στους χρόνους T/A
2	(Lange, Sieling, & Parra, 2019)	2019	Ανάλυση Γραμμικής Παλινδρόμησης.	Πείραμα, Επίδραση παραγόντων στους χρόνους T/A
3	(Wan, et al., 2019)	2019	Προβλεπτικό μοντέλο, Support Vector Machine Regression	Πείραμα, Χρόνοι εκτέλεσης T/A
4	(Volt, Stojic, & Had, 2023)	2023	Προβλεπτικό μοντέλο, Μηχανική μάθηση	Μελέτη περίπτωσης, χρόνοι καθυστερήσεων κατά την εκτέλεση T/A



5	(Evler, Asadi, & Fricke, Stochastic Control of Turnarounds at HUB-Airports, 2018)	2018	Προβλεπτικό μοντέλο, Στοχαστική ανάλυση	Χρόνοι καθυστερήσεων κατά την εκτέλεση T/A
6	(Sánchez & Eroles, 2017)	2017	Πρόβλημα Γραμμικού προγραμματισμού	Μελέτη περίπτωσης, Ανάλυση ευαισθησίας,
7	(Evler, Asadi, Preis, & Fricke, 2021)	2021	Πρόβλημα Γραμμικού προγραμματισμού	Μελέτη περίπτωσης, Ανάλυση ευαισθησίας,
8	(Scardaoni, Magnacca, Massai, & Cipolla, 2021)	2021	Προβλεπτικό μοντέλο	Φάση σχεδίασης Α/Φ, Μελέτη περίπτωσης

**Πίνακας 6: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση Πρώτου Πειραματικού Σχεδιασμού.**

## 2.2.Η Επίδραση των Δημογραφικών Στοιχείων των Τεχνικών στην Αεροπορική Βιομηχανία

Η τεχνολογική επάρκεια του τεχνικού και μη προσωπικού μέσω της εκπαίδευσής τους βάσει των νεότερων προτύπων Ποιότητας και η εμπειρία που αυτοί αποκομίζουν μέσα από την διαρκή απασχόλησή τους αποτελεί κινητήριο μοχλό και σημείο κλειδί για την προάσπιση της ασφάλειας πτήσεων και αεροπορικών αποστολών εν γένει. Αναμφίβολα, ένας άπειρος τεχνικός Α/Φ, στις πρώτες επιθεωρήσεις θα χάνει πολύτιμο χρόνο στην εκτέλεση του έργου απομνημονεύοντας τα βήματα, μαθαίνοντας τα εργαλεία που συντελούν στην ολοκλήρωση καθώς και άλλων ύποπτων σημείων που δύναται να προκαλέσουν καθυστερήσεις (Atici & Senol, 2022). Στα πλαίσια του δεύτερου πειραματικού σχεδιασμού, έγινε συστηματική σταχυολόγηση έξι επιστημονικών άρθρων διεθνούς και εγχώριας εμβέλειας εν συνόλω. Οι κυριότερες πληροφορίες παρουσιάζονται παρακάτω.

Πρωταρχικά, αρκετά ενδιαφέρουσες είναι οι διασταυρούμενες μελέτες (Aust, Mitrovic, & Pons, Assessment of the effect of Cleanliness on the Visual Inspection of Aircraft Engine Blades: An Eye Tracking Study, 2021) (Aust, Pons, & Mitrovic, Evaluation of Influence Factors on the Visual Inspection Performance of Aircraft Engine Blades, 2021), αναφορικά με την επιθεώρηση πτερυγίων Α/Κ. Πιο συγκεκριμένα, αναφορικά με τους χρόνους

εκτέλεσης επιθεωρήσεων υπεδείχθη μέσω του πειραματικού σχεδιασμού η ανάγκη περισσότερου χρόνου για την εκτέλεσή τους από τους λιγότερο έμπειρους τεχνικούς (Aust, Mitrovic, & Pons, Assessment of the effect of Cleanliness on the Visual Inspection of Aircraft Engine Blades: An Eye Tracking Study, 2021). Παράλληλα, διεξήχθησαν σε αυτήν την περίπτωση πειραματικοί σχεδιασμοί που μελετούσαν την επίδραση παραγόντων, όπως δημογραφικής φύσεως (επίπεδο εκπαίδευσης, ικανότητα όρασης) αλλά και τεχνικής φύσεως όπως τα είδη των ελαττωμάτων στην ακρίβεια των επιθεωρήσεων (Aust, Pons, & Mitrovic, Evaluation of Influence Factors on the Visual Inspection Performance of Aircraft Engine Blades, 2021). Συνάμα, μελετήθηκε η επίδραση του καθαρισμού των δειγμάτων προς πειραματισμό ώστε να διαφανεί η επίδραση στην αποτελεσματικότητα. Αμφότερες οι αναφερθείσες μελέτες αποσκοπούσαν στην εισαγωγή νεωτερισμών στις τεχνικές επιθεώρησης ούτως ώστε αφενός να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα ανίχνευσης ευρημάτων (Aust, Pons, & Mitrovic, Evaluation of Influence Factors on the Visual Inspection Performance of Aircraft Engine Blades, 2021) και αφετέρου της μείωσης του χρόνου εκτέλεσης, παρόλο που δεν απεδείχθη συσχέτιση μεταξύ της αποτελεσματικότητας και του χρόνου εκτέλεσης (Aust, Mitrovic, & Pons, Assessment of the effect of Cleanliness on the Visual Inspection of Aircraft Engine Blades: An Eye Tracking Study, 2021).

Στη συνέχεια, πάλι στο φάσμα της Πολιτικής Αεροπορίας, οι μελέτες (Atici & Senol, 2022), (Hrymak & Codd, 2021) συνεισφέρουν στην απόκτηση γνώσης. Ειδικότερα, αμφότερες οι μελέτες επικεντρώθηκαν κυρίως στο τομέα της συντήρησης βάσης των Α/Φ, παρά στις επιθεωρήσεις εξυπηρέτησης πτήσεων ή γενικότερα στις επιθεωρήσεις συντήρησης γραμμής.<sup>17</sup> Κατά την πρώτη από τις δύο μελέτες, (Atici & Senol, 2022) σε διάστημα πέραν των πέντε ετών μελετήθηκε η επίδραση της αποκόμισης εμπειρίας των τεχνικών που συμμετείχαν αθροιστικά σε περίπλοκες εργασίες συντήρησης Α/Φ στους χρόνους εκτέλεσής τους. Έγινε σύγκριση μεταξύ καταρτισμένων προβλεπτικών μαθηματικών μοντέλων και των πραγματικών χρόνων εκτέλεσης των εργασιών. Παράλληλα, εισήχθη και αναλύθηκε εκτενώς η έννοια της καμπύλης μάθησης. Απεδείχθη περίτρανα ότι, μέσω της επανάληψης των εργασιών από την ίδια ομάδα τεχνικών, ήτοι αποκτώντας εμπειρία στο πεδίο, έχει θετική επίδραση<sup>18</sup> στους χρόνους εκτέλεσης των εργασιών συντήρησης. (Atici & Senol, 2022)

<sup>17</sup> Οι όροι αναλύθηκαν και επεξηγήθηκαν στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο της περιγραφής των εργασιών.

<sup>18</sup> Ο συγγραφέας σαν θετική επίδραση εννοεί την μείωση των χρόνων εκτέλεσης.

Παράλληλα, οι (Hrymak & Codd, 2021), στο επιστημονικό τους πόνημα, μέσω πειραματικού σχεδιασμού, αποτιμάται η ακρίβεια σε Προ-πτήσης επιθεώρηση. Ειδικότερα, για διάφορους τύπους Α/Φ, οι οποίοι δεν αποτελούν παράγοντες προς μελέτη, γίνεται αποτίμηση της συμβολής της εμπειρίας των τεχνικών, αν είναι μαθητευόμενοι ή πλήρως εκπαιδευμένοι στο αντικείμενό τους. Συνάμα, γίνεται σύγκριση μεταξύ των εργαζομένων που συμμετέχουν στο πείραμα με αυτούς οι οποίοι απέχουν υπό το πρίσμα και πάλι της ακρίβειας. Από το δείγμα, απεδείχθη ότι η νέα μέθοδος οπτικής επιθεώρησης βελτίωσε τον αριθμό των ευρημάτων μεν αλλά δίχως να ευνοείται κάποια κατηγορία εκ των μαθητευόμενων ή των πλήρως εκπαιδευμένων τεχνικών (Hrymak & Codd, 2021).

Επιπρόσθετα, ανασκοπήθηκαν και διπλωματικές εργασίες που αφορούν στον στρατιωτικό τομέα, αλλοδαπών κρατών, ούτως ώστε να καταδειχθεί το πολύπλευρο ενδιαφέρον του συγκεκριμένου επιστημονικού πεδίου. Αναλυτικότερα, (Plass, 2020) (Hatzung & Welborn, 2020), στις εν λόγω ΔΕ μελετήθηκε εκτενώς το ζήτημα της εργασιακής εμπειρίας και γενικότερα της εκπαίδευσης μέσω νέων μεθόδων έχοντας ως στόχο την αύξηση της ετοιμότητας των Α/Φ. Στην (Plass, 2020) με την χρήση ερωτηματολογίου έπειτα από την εφαρμογή νέας εκπαιδευτικής μεθόδου, αποτιμάται στατιστικά η επίδρασή του στην αυτοπεποίθηση των τεχνικών μέσω των απαντήσεων. Παράλληλα, προς τον ίδιο σκοπό κατευθύνθηκε και το άρθρο των (Hatzung & Welborn, 2020), το οποίο όμως επικεντρώθηκε στην συντήρηση των Α/Φ. Ο συγγραφέας προσπάθησε να συνδέσει τις δύο αυτές έννοιες μέσω στατιστικού πειράματος. Τέλος, αποτίμησε την επίδραση της εμπειρίας στη μείωση των αστοχιών κατά τις εργασίες συντήρησης.

Επιγραμματικά στοιχεία για τις προαναφερθείσες επιστημονικές μελέτες απεικονίζονται επιγραμματικά στον κάτωθι πίνακα («Πίνακας 7»).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ 2 <sup>ου</sup> ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ				
A/A	ΑΝΑΦΟΡΑ	ΕΤΟΣ	ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ MONTELO	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
1	(Atici & Senol, 2022)	2022	Καμπύλη μάθησης, Προβλεπτικά μοντέλα	Πολιτική Αεροπορία, Σύγκριση πραγματικού χρόνου με προβλεπόμενου, Εργασίες Συντήρησης
2	(Aust, Mitrovic, & Pons, Assessment of the effect of Cleanliness on the Visual	2021	Στατιστική ανάλυση ANOVA	Οπτική επιθεώρηση, Ακρίβεια επιθεώρησης, χρόνος εκτέλεσης, Δημογραφικές

	Inspection of Aircraft Engine Blades: An Eye Tracking Study, 2021)			μεταβλητές, Είδη ευρημάτων, Καθαρισμός υλικών.
3	(Aust, Pons, & Mitrovic, Evaluation of Influence Factors on the Visual Inspection Performance of Aircraft Engine Blades, 2021)	2021	Στατιστική ανάλυση ANOVA	Οπτική επιθεώρηση, Ακρίβεια επιθεώρησης Α/Κ, Χρόνοι εκτέλεσης, Δημογραφικές Μεταβλητές, Είδη ευρημάτων.
4	(Hrymak & Codd, 2021)	2021	Πειραματικός σχεδιασμός	Προ πτήσης επιθεώρηση, Αριθμός ευρημάτων, Επίπεδο εμπειρίας, Οπτική επιθεώρηση
5	(Plass, 2020)	2020	Στατιστική Ανάλυση απαντήσεων ερωτηματολογίου	Μοίρα Πολεμικών Αεροσκαφών, ΔΕ, Ερωτηματολόγιο, Μελέτη υποθέσεων,
6	(Hatzung & Welborn, 2020)	2020	Ανάλυση Απλής και Πολλάπλης Γραμμικής Παλινδρόμησης	ΔΕ, Πολεμικά Α/Φ, Εργασιακή εμπειρία, Διαθεσιμότητα Α/Φ <sup>19</sup>

**Πίνακας 7: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση Δεύτερου Πειραματικού Σχεδιασμού.**

Εν κατακλείδι, παρόλη την δαψίλεια επιστημονικών άρθρων και μελετών, πλήρης πειραματικός σχεδιασμός για τις επιθεωρήσεις εξυπηρετήσεων πτήσεων συναρτήσει δημογραφικών μεταβλητών απουσιάζει. Αυτό το κενό καλείται να συμπληρωθεί κατά το δυνατόν από την παρούσα ΔΕ, σε συνάθροιση και με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Α/Δ, ούτως ώστε να αποτιμηθούν πλήρως οι παράγοντες και η σημαντικότητά τους.

<sup>19</sup> Readiness στο κείμενο, κατά γράμμα σημαίνει η ετοιμότητα αλλά η χρήση της λέξης διαθεσιμότητα ευνοεί καλύτερα τη σημασιολογία της ΔΕ.

### 3.Μεθοδολογικό Πλαίσιο Διερεύνησης

Το παρόν κεφάλαιο, αποτελεί ένα προπαρασκευαστικό στάδιο για τη διεξαγωγή των πειραματικών σχεδιασμών, τα οποία παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο. Ειδικότερα, πρωταρχικά υπογραμμίζονται οι μεταβλητές που επιλέχθηκαν. Επεξηγούνται οι λόγοι της επιλογής τους, τα επίπεδά τους καθώς και το είδος τους (μεταβλητές απόκρισης, μεταβλητές πλαισίου κ. α.). Στη συνέχεια, τονίζονται οι μέθοδοι για τη συλλογή των δεδομένων, ο αριθμός τους, ο τρόπος η περίοδος. Καταληκτικά, στο βωμό της επιστημονικής επάρκειας, παρουσιάζεται εκτενώς το θεωρητικό υπόβαθρο που διέπει τα πειράματα αυτής της φύσεως, βάσει της βιβλιογραφίας του προγράμματος (Κουτρουβέλης, 2002) (Ιωάννης, 2000) αλλά και ανεξάρτητης, διεθνούς (Montgomery, 2012) ή ελληνικής. (Καραγρηγορίου & Καλλιγέρης, 2023)

#### 3.1.Επιλογή Μεταβλητών

Για τις ανάγκες της παρούσης ΔΕ (Διπλωματικής Εργασίας), σχεδιάστηκαν και διεξήχθησαν δύο πειραματικοί σχεδιασμοί. Ο χρόνος εξυπηρέτησης πτήσεων αποτελεί σε αμφοτέρω τα πειράματα την μεταβλητή απόκρισης. Παράλληλα, υφίσταται κοινή μεταβλητή πλαισίου στο 1<sup>ο</sup> αλλά και στο 2<sup>ο</sup> πειραματικό σχεδιασμό, το είδος της επιθεώρησης, για την οποία, όπως επισημάνθηκε και στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο (Ajith, 2023), (Williams, 1996), (Riley, et al., 2008) είναι ευρέως γνωστό ότι διαφέρουν μεταξύ τους. Συνεπώς, η μελέτη επίδρασης στο χρόνο εξυπηρέτησης δεν είναι στα ενδιαφέροντα του συγγραφέα. Για κάθε πειραματικό σχεδιασμό τέθηκαν προς μελέτη δύο παράγοντες εκατέρωθεν. Τα στοιχεία του πρώτου πειραματικού σχεδιασμού παρουσιάζονται στον «Πίνακα 8».

ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ 1 <sup>ΟΥ</sup> ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ			
A/A	Μεταβλητή Απόκρισης	Μεταβλητή Πλαισίου	Παράγοντες
1	Χρόνος εξυπηρέτησης πτήσεων	Είδος επιθεώρησης	Εμπειρία εργαζόμενου
2			Προέλευση εκπαίδευσης

Πίνακας 8: Μεταβλητές Πρώτου Πειραματικού Σχεδιασμού.

Τα στοιχεία του δευτέρου πειραματικού σχεδιασμού παρουσιάζονται στον «Πίνακα 9» αντιστοίχως.

ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ 2 <sup>ΟΥ</sup> ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ			
A/A	Μεταβλητή Απόκρισης	Μεταβλητή Πλαισίου	Παράγοντες
1	Χρόνος εξυπηρέτησης πτήσεων	Είδος επιθεώρησης	Απασχόληση Α/Δ
2			Απόσταση Α/Φ από το συνεργείο

**Πίνακας 9: Μεταβλητές Δεύτερου Πειραματικού Σχεδιασμού.**

Εν συνεχεία, στον «Πίνακα 10», καταγράφονται τα επίπεδα και ο αριθμός των μεταβλητών που συμμετέχουν στα πειράματα:

ΕΠΙΠΕΔΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ			
A/A	Τίτλος Μεταβλητής	Επίπεδα	Αριθμός
1	Χρόνος εξυπηρέτησης πτήσεων	-	1
2	Είδος επιθεώρησης	Pre-Flight, Intermediate, Post Flight	3
3	Εμπειρία εργαζόμενου	Inexperienced, Experienced	2
4	Προέλευση εκπαίδευσης	Technician, Mechanic	2
5	Απασχόληση Α/Δ	Busy, Not Busy	2
6	Απόσταση Α/Φ από το συνεργείο	Far, Near	2

**Πίνακας 10: Επίπεδα Μεταβλητών Πειραματικών Σχεδιασμών.**

Η επιλογή των μεταβλητών έγινε υπό το πρίσμα των επιστημονικών ενδιαφερόντων του γράφοντα τη ΔΕ, σε συνάθροιση με τις επιταγές της Διεθνούς Βιβλιογραφίας. Ειδικότερα, οι τομείς αφενός της τεχνικής επάρκειας των εργαζομένων καθώς και ο κορεσμός ενός Α/Δ (Αεροδρομίου), ερευνώνται κατά κόρον σε πλειάδα επιστημονικών άρθρων, αποτυπώνοντας τη σημασία τους στον προγραμματισμό της εξυπηρέτησης των πτήσεων. Παράλληλα, αξίζει να σημειωθεί ότι για τα υπόψη πειράματα καταλυτικός παράγοντας κατέστη η δαψίλεια πρωτογενών δεδομένων που διατέθηκαν. Επίσης, καθίστανται παράγοντες προς μελέτη οι οποίοι θεωρούνται δυναμικοί ως προς το χρόνο.

Ο αριθμός των θεραπειών για κάθε πειραματικό σχεδιασμό υπολογίζεται ως εξής:

- 1<sup>ος</sup> Πειραματικός Σχεδιασμός: Θεραπείες (Treatments)<sup>20</sup> =  $3 \cdot 2 \cdot 2 = 12$
- 2<sup>ος</sup> Πειραματικός Σχεδιασμός: Θεραπείες =  $3 \cdot 2 \cdot 2 = 12$

Στις επόμενες υποενότητες, παρουσιάζονται διεξοδικότερα οι μεταβλητές που συμμετέχουν στα πειράματα, πλην της απόκρισης και της πλαισίου.

### 3.1.1: «Απασχόληση Αεροδρομίου».

Όπως αναφέρεται και στον «Πίνακα 5», ο εν λόγω παράγοντας έχει δύο επίπεδα, το απασχολημένο («Busy») και το μη απασχολημένο («Not Busy»). Παραλλαγές της έχει επισημανθεί σε διάφορα άρθρα που παρουσιάστηκαν ειδικά στην ενότητα 2.1. (Lange, Sieling, & Parra, 2019) (Postorino, Mantecchini, Malandri, & Paganelli, 2020) (Wan, et al., 2019). Αναντίρρητα, μέσα στην ημέρα, ο όγκος των πτήσεων που αφικνούνται δεν είναι σταθερός, υφίστανται διακυμάνσεις. Για τη συγκεκριμένη περίπτωση του πειράματος, και έχοντας επίγνωση των επιγείων μέσων υποστήριξης, επιλέχθηκε ως όριο για να ταξινομηθεί απασχολημένο το Α/Δ η ανάγκη επιθεώρησης 5 ή και περισσότερων Α/Φ (Αεροσκαφών) σε χρονικό διάστημα μικρότερο των είκοσι λεπτών. Ο συγγραφέας θεωρεί ότι η επίδραση είναι άκρως σημαντική και επιθυμεί να μελετήσει στατιστικά τη δυναμική αυτής.

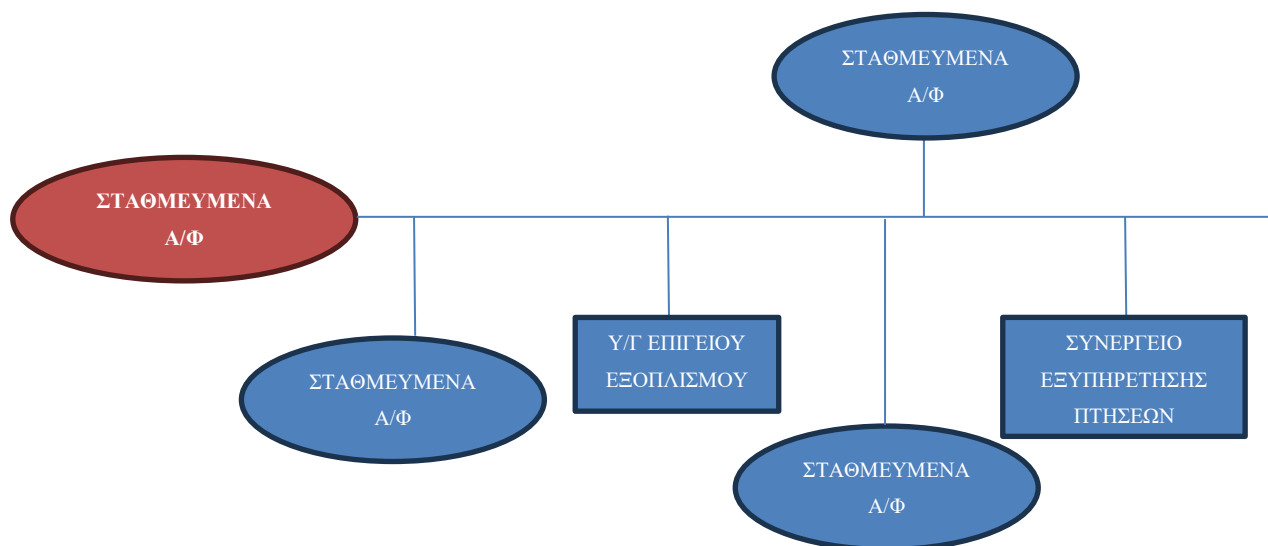
### 3.1.2: «Απόσταση Αεροσκάφους από το Συνεργείο Εξυπηρέτησης Πτήσεων».

Ο επίγειος εξοπλισμός και τα αποθέματα σε έμψυχο δυναμικό σε οποιαδήποτε συνεργείο οποιασδήποτε φύσεως είναι πεπερασμένα. Το Α/Δ όπου διεξήχθησαν οι πειραματικοί σχεδιασμοί δεν αποτελεί εξαίρεση. Όπως αναφέρεται στο (Evler, Asadi, Preis, & Fricke, 2021), η μετακίνηση του επίγειου εξοπλισμού οριοθετεί τους χρόνους εκτέλεσης T/A (Turn-Around), ειδικά σε μεγάλες αποστάσεις. Από τα γραφόμενα του «Πίνακα 5», ο εν λόγω παράγοντας έχει δύο επίπεδα, την κοντινή απόσταση και τη μακρινή. Ως κοντινή απόσταση κρίνεται όταν το σταθμευμένο προς επιθεώρηση Α/Φ βρίσκεται σε περιοχή παρακείμενη είτε του συνεργείου Εξυπηρέτησης Πτήσεων είτε του Υ/Γ (Υπόστεγου) όπου φυλάσσεται ο επίγειος εξοπλισμός. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις, η απόσταση του Α/Φ κρίνεται μακρινή.

<sup>20</sup> Στην Διεθνή Βιβλιογραφία. (Montgomery, 2012)



Ο συγγραφέας, έχει την πεποίθηση ότι η απόσταση επιδρά ουσιαστικά στο χρόνο εκτέλεσης επιθεωρήσεων διότι τα μακρινά σταθμευμένα Α/Φ είθισται να μην αποτελούν προτεραιότητα των διαχειριστών προσωπικού και επιγείου εξοπλισμού. Στο παρακάτω σκαρίφημα, απεικονίζεται ένα παράδειγμα μακρινής απόστασης Α/Φ («Σχήμα 2»)

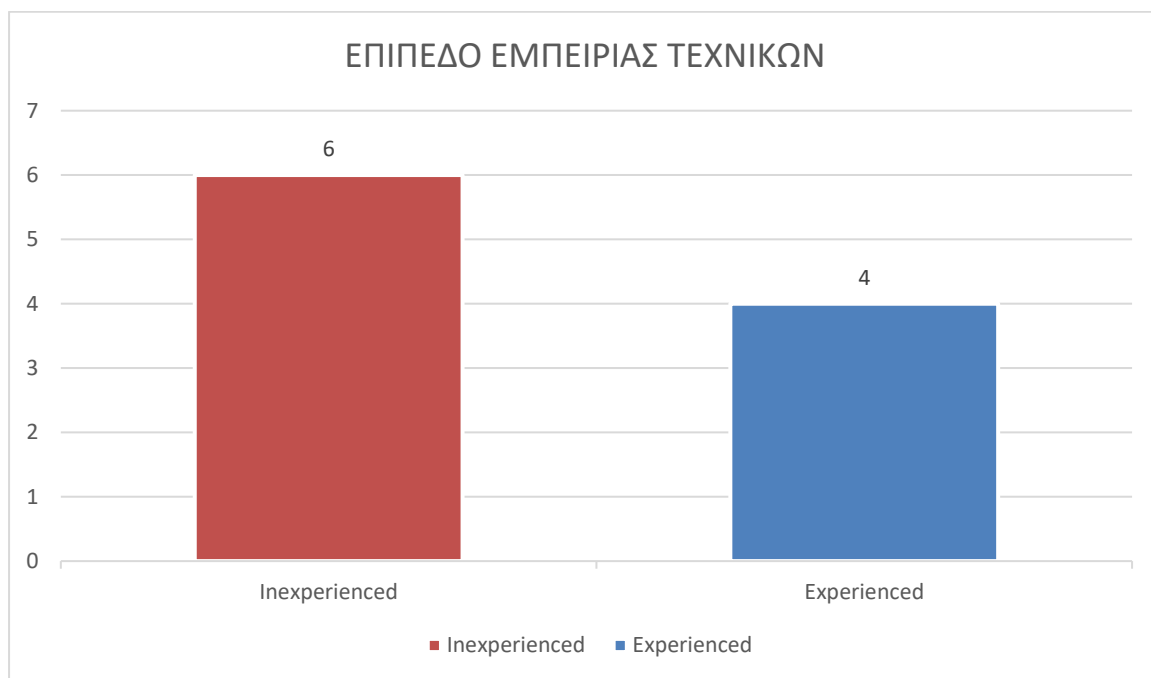


Σχήμα 2: Παράδειγμα Στάθμευσης Αεροσκαφών σε απόσταση από το Συνεργείο Εξυπηρέτησης Πτήσεων.

### 3.1.3: «Εμπειρία Τεχνικού Προσωπικού».

Από τη συστηματική ανασκόπηση βιβλιογραφίας που εκπονήθηκε στην ενότητα 2.2, και ειδικότερα στα άρθρα και τις διατριβές των (Atici & Senol, 2022), (Plass, 2020) & (Aust, Pons, & Mitrovic, Evaluation of Influence Factors on the Visual Inspection Performance of Aircraft Engine Blades, 2021) αναδεικνύεται ξεκάθαρα η σημαντικότητα της ύπαρξης εμπειρών τεχνικών ανάμεσα στους εργαζόμενους ποικιλοτρόπως. Αντλώντας στοιχεία από τον «Πίνακα 9», ο εν λόγω παράγοντας αποτελείται από 2 επίπεδα, τους άπειρους («Inexperienced»), και τους έμπειρους («Experienced»). Ο τεχνικός που εκτελεί τις επιθεωρήσεις κρίνεται ως άπειρος αν εργάζεται στον τύπο του Α/Φ για λιγότερο από 3 έτη, ενώ, από την άλλη πλευρά, έμπειροι θεωρούνται οι τεχνικοί οι οποίοι έχουν εργασιακή εμπειρία πέραν των 3 ετών, σε ένα συγκεκριμένο τύπο Α/Φ. Στα πλαίσια του εν λόγω πειράματος που αφορά την εκπόνηση της ΔΕ, ο συγγραφέας ουσιαστικά θέλει να υποστηρίξει και στατιστικά τη δυναμική που αποπνέει ένας έμπειρος τεχνικός ως προς την περάτωση της επιθεώρησης. Κατά την έναρξη του πειράματος, η κατανομή των τεχνικών στα παραπάνω επίπεδα απεικονίζονται στο «Σχήμα 3».



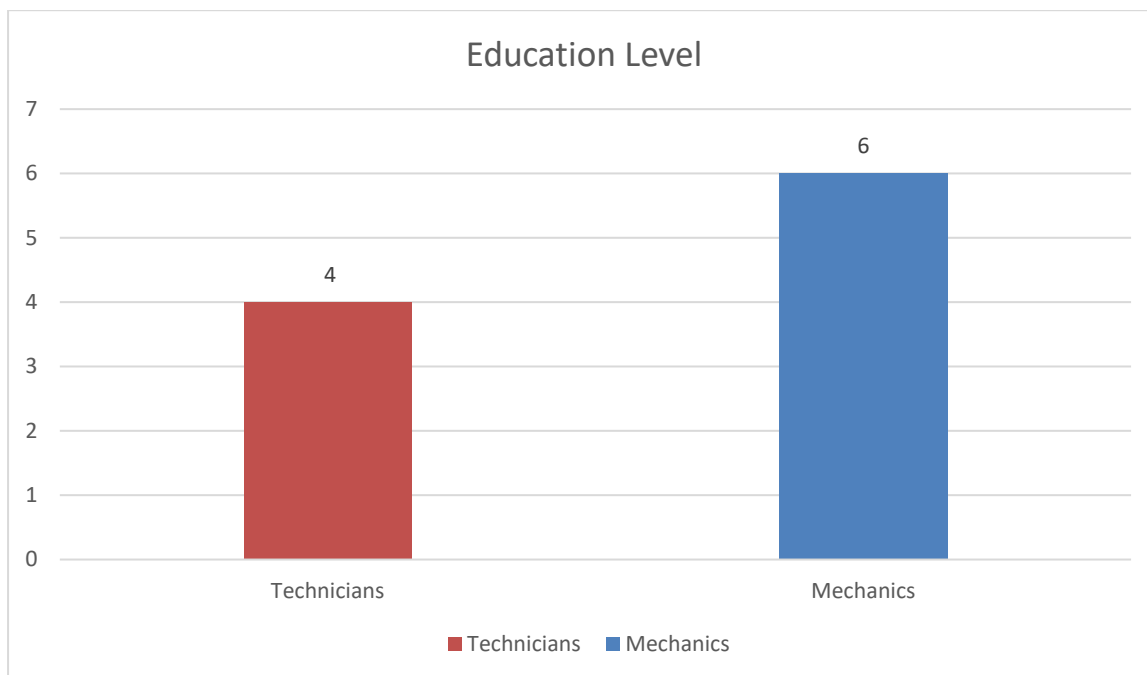


**Σχήμα 3: Στατιστικά Στοιχεία Εμπειρίας Τεχνικών Πειράματος.**

#### **3.1.4.: «Επίπεδο Εκπαίδευσης Προσωπικού»**

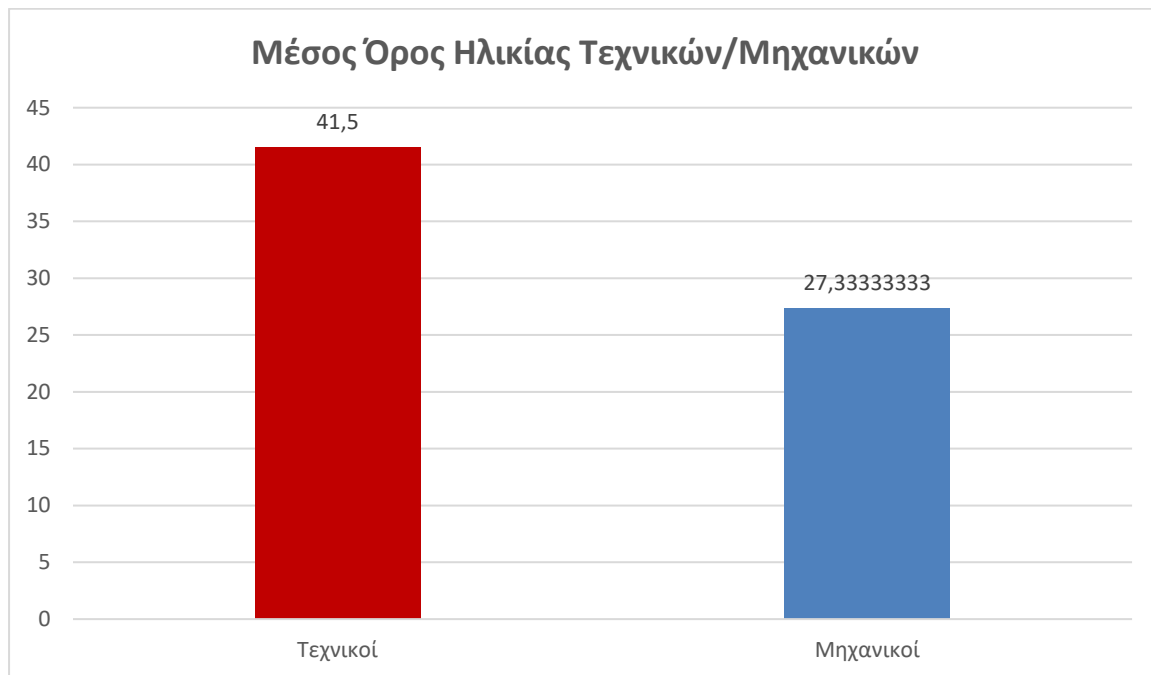
Αυτός ο παράγοντας έχει δύο επίπεδα, τον εκπαιδευμένο από σχολή τεχνικών και τον αντίστοιχο από σχολή μηχανικών («Πίνακας 9»). Στο Α/Δ που διεξάγεται το δεύτερο πείραμα, επικρατούν οι δύο αυτές ειδικότητες για την στελέχωση του συνεργείου εξυπηρέτησης πτήσεων. Η διαφορά έγκειται ότι οι Τεχνικοί («Technician»), εκπαιδεύονται εξ αρχής για αυτού του είδους τις εργασίες επί των Α/Φ, ακόμα και κατά τη φοίτησή τους στις σχολές. Η σταδιοδρομία τους προβλέπει περιορισμένη ανέλιξη, διότι χαρακτηρίζονται ως «τεχνικοί πεδίου». Από την άλλη πλευρά, οι εργαζόμενοι που αποφοιτούν από σχολές μηχανικών («Mechanic»), αρχικά μεν ξεκινούν τη σταδιοδρομία τους από πόστα τεχνικής φύσεως, αλλά, με την πάροδο των ετών, μετακινούνται σε θέσεις όπου συνάδουν με τη θεωρητική εκπαίδευσή που έχουν λάβει στις σχολές φοίτησής τους, σε πόστα ευθύνης. Η ειδοποιός διαφορά επομένως μεταξύ των δύο κύριων κατηγοριών έγκειται στο γεγονός ότι, από τη φύση της εκπαίδευσής τους, οι τεχνικοί είναι πιο εξοικειωμένοι στο να βρίσκονται γύρω από ένα Α/Φ, σε αντίθεση με τους μηχανικούς οι οποίοι έχουν πρώτη επαφή με Α/Φ, εργαλεία και εξοπλισμό εν γένει όταν τοποθετηθούν στο συνεργείο. Αυτή τη διαφορά, γίνεται προσπάθεια μέσα από την εν λόγω ΔΕ, να παραμετροποιηθεί ως προς την επίδραση που

έχει στο χρόνο εξυπηρέτησης πτήσεων. Στο παρακάτω «Σχήμα 4», απεικονίζεται η κατανομή των τεχνικών & των μηχανικών του συνεργείου.



**Σχήμα 4: Επίπεδο Εκπαίδευσης Προσωπικού του Συνεργείου Εξυπηρέτησης Πτήσεων.**

Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι, βάσει δημογραφικών χαρακτηριστικών, οι εκπαιδευμένοι από Τεχνικές Σχολές εργαζόμενοι, στο παρόν πείραμα, είναι συγκριτικά αρκετά μεγαλύτεροι σε ηλικία, γεγονός το οποίο υπό προϋποθέσεις, δύναται να τους κάνει εν τέλει πιο αργούς στην εκτέλεση των επιθεωρήσεων. Στο «Σχήμα 5», παρουσιάζονται οι Μέσοι Όροι Ηλικιών κατά την έναρξη του πειράματος.



**Σχήμα 5: Μέσες Ηλικίες των Εργαζομένων.**

### 3.2.Συλλογή Δεδομένων

Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από Α/Δ της Ελληνικής επικράτειας το οποίο χαρακτηρίζεται, βάσει διεθνούς βιβλιογραφίας, ως Α/Δ το οποίο διαχειρίζεται μικρό όγκο πτήσεων (λιγότερες από 100.000 πτήσεις ετησίως) (Lange, Sieling, & Parra, 2019) και αφορούν ένα συγκεκριμένο τύπο Α/Φ, ούτως ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα αναπαραγωγιμότητας αφενός και αφετέρου της σύγχυσης σχετικά με τα επίπεδα εμπειρίας των τεχνικών οι οποίοι κατέχουν εμπειρία σε διαφορετικούς τύπους. Η περίοδος που αφορούν είναι από το Μάρτιο του 2019 έως τον Μάρτιο του 2022, καλύπτοντας και διαστήματα με περιορισμούς μετακινήσεων ελέω της πανδημίας του Covid-19. Το συνολικό μέγεθος δείγματος για τους πειραματικούς σχεδιασμούς αφορά 2400 επιθεωρήσεις εξυπηρέτησης πτήσεων, από τις οποίες 1200 συλλέχθηκαν για το πρώτο πείραμα και οι υπόλοιπες για το δεύτερο. Αντλήθηκαν από πλήρως τυχαιοποιημένους πειραματικούς σχεδιασμούς. (Κουτρουβέλης, 2002) Από τα γραφόμενα στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο της ΔΕ, εύλογα συνάγεται το συμπέρασμα ότι το εν λόγω δείγμα αντιστοιχεί σε 1600 πτήσεις Α/Φ στην ίδια περίοδο, δεδομένου ότι μία Προ-Πτήσεως μαζί με μία Μεταξύ-Πτήσεων και Μετά-Πτήσης επιθεώρηση αντιστοιχεί σε 2 πτήσεις. (Riley, et al.,

2008). Δεδομένα για τους τύπους των Α/Φ ή περαιτέρω στοιχεία για την τοποθεσία και τη φύση των εργασιών του Α/Δ δεν επισημαίνονται λόγω εμπιστευτικότητας.

### 3.3.Θεωρητικό Υπόβαθρο

Για την εκπόνηση αυτής της ενότητας, ο συγγραφέας στηρίχθηκε κυρίως στο σύγγραμμα που παρασχέθηκε από το ΕΑΠ (Κουτρουβέλης, 2002) καθώς και στα επιστημονικά βιβλία των (Montgomery, 2012) (Καραγρηγορίου & Καλλιγέρης, 2023). Τα δύο πειράματα που διεξήχθησαν παρουσιάζουν ομοιότητες ως προς τα θεωρητικά τους χαρακτηριστικά. Ειδικότερα, για τους πειραματικούς σχεδιασμούς ισχύουν τα παρακάτω:

- Είναι πειράματα μίας Μεταβλητής Πλαισίου και δύο παραγόντων.
- Αποτελούν πειράματα σταθερών επιδράσεων, διότι όλα τα επίπεδα και οι συνδυασμοί των παραγόντων ερευνώνται. (Ιωάννης, 2000)
- Οι πειραματισμοί είναι ισορροπημένοι, τουτέστιν για κάθε συνδυασμό παραγόντων (θεραπεία) συλλέχθηκε ίδιο μέγεθος δείγματος (100 εξυπηρετήσεις). (Ιωάννης, 2000)
- Τα πειράματα εκτελέστηκαν σε  $\alpha = 0,05$  επίπεδο σημαντικότητας.
- $a=3$ , για τη μεταβλητή πλαίσιο.
- $b=2$ , για τον παράγοντα της απασχόλησης για το 1<sup>ο</sup> πείραμα και για τον παράγοντα της εμπειρίας για το 2<sup>ο</sup> αντίστοιχα.
- $c=2$ , για τον παράγοντα της απόστασης για το 1<sup>ο</sup> πείραμα και, αντιστοίχως, για τον παράγοντα του επιπέδου εκπαίδευσης.
- $n=100$ , για κάθε θεραπεία οποιουδήποτε πειράματος.

Πρωταρχικά, συμφώνως των (Κουτρουβέλης, 2002) (Καραγρηγορίου & Καλλιγέρης, 2023), θα δοθεί ο ορισμός των Μεταβλητών Πλαισίου. Ειδικότερα:

*«Μεταβλητή πλαίσιο είναι μια μεταβλητή που μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στην απόκριση. [...] Έτσι μια μεταβλητή πλαίσιο δεν είναι ενδιαφέρουσα, για να ερευνηθεί ως παράγοντας, αλλά πρέπει να τεθεί υπό έλεγχο κατά κάποιο τρόπο, για να μην θολώνει η ανάλυση.»<sup>21</sup>*

---

<sup>21</sup> Ιωάννης Κουτρουβέλης, Σχεδιασμός και Ανάλυση Πειραμάτων, Τόμος Β', σελίδα 16.

«Στις περιπτώσεις αυτές η μεταβλητή που υπεισέρχεται στη διεργασία, χωρίς να είναι του άμεσου ενδιαφέροντος του Ερευντή (όπως ο τύπος του αυτοκινήτου), ονομάζεται μεταβλητή πλαισίου ή εξωγενής παράγοντας ή ομάδα ή block.»<sup>22</sup>

Στη συνέχεια, θα παρουσιαστεί το Κεντρικό Οριακό Θεώρημα, βάσει του οποίου, όπως υπογραμμίζεται στην Ενότητα 4.1, υποστηρίζεται η προσέγγιση της Κανονικής Κατανομής.

Ειδικότερα, συμφώνως του συγγράμματος (Ιωάννης, 2000), το Κεντρικό Οριακό Θεώρημα ορίζεται:

«Αν  $X_1, X_2, \dots, X_n$  είναι τυχαίο δείγμα από πληθυσμό με μέση τιμή και διασπορά  $\sigma^2$ , η κατανομή της τυποποιημένης τ.μ.

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}} \quad (3.1)$$

τείνει στην τυπική κανονική κατανομή, καθώς  $n \rightarrow \infty$ »<sup>23</sup>

Επόμενο σκέλος του προπαρασκευαστικού ελέγχου, καθίσταται ο έλεγχος ανεξαρτησίας των δεδομένων. Δυστυχώς, η παρούσα ΔΕ περιορίζεται αναφορικά με την καταγραφή της ιστορικής συνέχειας των δεδομένων, λόγω εμπιστευτικότητας. Επομένως, επειδή απουσιάζει η χρονική σειρά καταγραφής των δεδομένων, ο έλεγχος ανεξαρτησίας θα εκτελεστεί βάσει σειράς καταχώρισης των δεδομένων στα φύλλα εργασίας<sup>24</sup>. (Καραγρηγορίου & Καλλιγέρης, 2023) Απώτερος στόχος θεωρείται, αναφορικά με τη διαγραμματική ανάλυση η «τοποθέτηση» των μετρήσεων μέσα σε νοητό πλαίσιο, απαίτηση η οποία αναμένεται να ικανοποιηθεί σε όλες τις περιπτώσεις, λόγω μεγάλου μεγέθους δείγματος. Αναφορικά με τη στατιστική μέθοδο, ουσιαστικά πρέπει από τις παρακάτω υποθέσεις (Καραγρηγορίου & Καλλιγέρης, 2023):

- Μηδενική,  $H_0$ : **Η σειρά καταχώρισης των μετρήσεων είναι τυχαία.**

<sup>22</sup> Αλέξανδρος Καραγρηγορίου, Εμμανουήλ Νεκτάριος Καλλιγέρης, Γραμμικά Μοντέλα και Σχεδιασμός & Ανάλυση Πειραμάτων.

<sup>23</sup> Ιωάννης Κουτρουβέλης, σελίδα 6, Θεώρημα 6.1.

<sup>24</sup> Αλέξανδρος Καραγρηγορίου, Εμμανουήλ Νεκτάριος Καλλιγέρης, Γραμμικά Μοντέλα και Σχεδιασμός & Ανάλυση Πειραμάτων, σελίδα 148.

- Εναλλακτική,  $H_A$ : **Η σειρά καταχώρισης των μετρήσεων δεν είναι τυχαία.**

Τρίτο και τελευταίο σκέλος των προπαρασκευαστικών ελέγχων για τα πειράματα αποτελεί η διερεύνηση της ομοσκεδαστικότητας των δεδομένων. Σύμφωνα με το (Καραγρηγορίου & Καλλιγέρης, 2023), είναι απαραίτητο η διασπορά ανά επίπεδο να μην παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές. Δεδομένου του γεγονότος ότι, λόγω μεγάλου μεγέθους δειγμάτων, η κανονικότητα των δεδομένων επαληθεύεται εύκολα, ενδεδειγμένος στατιστικός έλεγχος καθίσταται ο έλεγχος Bartlett.<sup>25</sup> (Καραγρηγορίου & Καλλιγέρης, 2023)

Σε αυτό το σημείο, αξίζει να σημειωθεί ότι, βάσει των διαλαμβανόμενων από (Κουτροβέλης, 2002), δεν υφίστανται εκ των προτέρων ξεκάθαρα δεδομένα για αλληλεπίδραση της Μεταβλητής Πλαισίου με τους υπόλοιπους παράγοντες που αναφέρονται στα σύνορα της παρούσης ΔΕ. Επομένως, στην αρχική μελέτη, θα ληφθούν υπόψη όλες οι αλληλεπιδράσεις 1<sup>ου</sup> βαθμού αλλά όχι την αλληλεπίδραση 2<sup>ου</sup> βαθμού.<sup>26</sup> Εφόσον αποδειχθεί απουσία αλληλεπίδρασης, θα χρησιμοποιηθούν στη θέση των σφαλμάτων<sup>27</sup> (Κουτροβέλης, 2002).

Έπειτα από την παράθεση των θεωρητικών στοιχείων για την προετοιμασία των πειραματικών σχεδιασμών, ακολουθεί η παράθεση των μαθηματικών σχέσεων που διέπουν το πρότυπο των πειραματικών σχεδιασμών. Σημαντική ήταν η αρωγή των (Κουτροβέλης, 2002) (Καραγρηγορίου & Καλλιγέρης, 2023), αλλά η θεωρητική τεκμηρίωση στηρίχτηκε στο σύγγραμμα του Montgomery (Montgomery, 2012).

Πιο συγκεκριμένα, το μαθηματικό πρότυπο είναι το εξής:

$$y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \epsilon_{ijkl} \quad (3.2)$$

---

<sup>26</sup> Ιωάννης Κουτροβέλης, Σχεδιασμός και Ανάλυση Πειραμάτων, σελίδα 142.

<sup>27</sup> Ιωάννης Κουτροβέλης, Σχεδιασμός και Ανάλυση Πειραμάτων, σελίδα 141.

Όπου:

- $i = 1, 2, 3$  αντιστοιχεί στα επίπεδα της μεταβλητής πλαισίου,  $a$ .
- $j = 1, 2$  αντιστοιχεί στα επίπεδα του πρώτου παράγοντα,  $b$ .
- $k = 1, 2$  αντιστοιχεί στα επίπεδα του δεύτερου παράγοντα,  $c$ .
- $l = 1, 2, 3, \dots, 100$  αντιστοιχεί στον αριθμό των επαναλήψεων,  $n$ .

Στη συνέχεια, θα παρουσιαστούν οι μαθηματικές εξισώσεις μέσω των οποίων υπολογίζονται τα αθροίσματα των τετραγώνων. Πιο συγκεκριμένα, για το συνολικό άθροισμα:

Για τα αθροίσματα των κύριων επιδράσεων: (Montgomery, 2012)

$$SS_A = \frac{1}{400} * \sum_{i=1}^3 y_{i..}^2 - \frac{y_{...}^2}{1200} \quad (3.4)$$

$$SS_B = \frac{1}{600} * \sum_{j=1}^2 y_{j..}^2 - \frac{y_{...}^2}{1200} \quad (3.5)$$

$$SS_C = \frac{1}{600} * \sum_{k=1}^2 y_{..k}^2 - \frac{y_{...}^2}{1200} \quad (3.6)$$

Για τα αθροίσματα αλληλεπιδράσεων πρώτης τάξης: (Montgomery, 2012)

$$SS_{AB} = \frac{1}{200} * \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^2 y_{ij..}^2 - \frac{y_{...}^2}{1200} - SS_A - SS_B = SS_{Subtotals(AB)} - SS_A - SS_B \quad (3.7)$$

$$SS_{AC} = \frac{1}{200} * \sum_{i=1}^3 \sum_{k=1}^2 y_{i.k.}^2 - \frac{y_{...}^2}{1200} - SS_A - SS_C = SS_{Subtotals(AC)} - SS_A - SS_C \quad (3.8)$$

$$SS_{BC} = \frac{1}{300} * \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 y_{j.k.}^2 - \frac{y_{...}^2}{1200} - SS_B - SS_C = SS_{Subtotals(BC)} - SS_B - SS_C \quad (3.9)$$

Επίσης, η αλληλεπίδραση δεύτερης τάξεως, αν και δεν θα αξιοποιηθεί σε αυτήν την ΔΕ, υπολογίζεται ως εξής: (Montgomery, 2012)

$$SS_{ABC} = \frac{1}{100} * \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 y_{ijk.}^2 - \frac{y_{...}^2}{1200} - SS_A - SS_B - SS_C - SS_{AB} - SS_{AC} - SS_{BC} = \\ SS_{Subtotals(ABC)} - SS_A - SS_B - SS_C - SS_{AB} - SS_{AC} - SS_{BC} \quad (3.10)$$

Τέλος, το άθροισμα τετραγώνων για τα σφάλματα ορίζεται ως εξής: (Montgomery, 2012)

$$SS_E = SS_T - SS_{Subtotals(ABC)} \quad (3.11)$$

Στον παρακάτω «Πίνακα 11», γίνεται συγκεντρωτική παρουσίαση των στοιχείων που είναι απαραίτητα για την στατιστική ανάλυση: (Montgomery, 2012)



Παράγοντας Μεταβλητότητας	Άθροισμα Τετραγώνων	Βαθμοί Ελευθερίας	Μέσο Άθροισμα Τετραγώνων	$F_0$
A	$SS_A$	2	$MS_A = SS_A/2$	$MS_A/MS_E$
B	$SS_B$	1	$MS_B = SS_B$	$MS_B/MS_E$
C	$SS_C$	1	$MS_C = SS_C$	$MS_C/MS_E$
AB	$SS_{AB}$	2	$MS_{AB} = SS_{AB}/2$	$MS_{AB}/MS_E$
AC	$SS_{AC}$	2	$MS_{AC} = SS_{AC}/2$	$MS_{AC}/MS_E$
BC	$SS_{BC}$	1	$MS_{BC} = SS_{BC}$	$MS_{BC}/MS_E$
ABC	$SS_{ABC}$	2	$MS_{ABC} = SS_{ABC}/2$	$MS_{ABC}/MS_E$
Σφάλμα	$SS_E$	1188	$MS_E = SS_E/1188$	-
Σύνολο	$SS_T$	1199	-	-

**Πίνακας 11: Ανάλυση Μεταβλητότητας Πειραματικών Σχεδιασμών Τριών Παραγόντων.**

Από τα στοιχεία που παρατέθηκαν στον «Πίνακα 11», η τελευταία στήλη απομένει να επεξηγηθεί και, αποτελεί το σημαντικότερο κομμάτι της στατιστικής ανάλυσης μεταβλητότητας. Μέσω της τιμής των αριθμών  $F_0$ , θα είναι εφικτή η αποδοχή των μηδενικών υποθέσεων ή των εναλλακτικών, όπως θα παρουσιαστούν παρακάτω με τις κρίσιμες περιοχές τους. Ειδικότερα, για  $a=3$ ,  $b=c=2$ ,  $n=100$  &  $\alpha=0,05$ : (Καραγρηγορίου & Καλλιγέρης, 2023)

Για τις κύριες επιδράσεις:

- $H_0: a_i=0$  vs  $H_1$ : Όχι όλα τα  $a_i$ ,  $i=1,2,3$  ίσα με 0,  
ο με χωρίο απόρριψης της  $H_0$ :  $F > F_{2,1199;0.05}$
- $H_0: b_j=0$  vs  $H_1$ : Όχι όλα τα  $b_j$ ,  $j=1,2$  ίσα με 0,  
ο με χωρίο απόρριψης της  $H_0$ :  $F > F_{1,1199;0.05}$
- $H_0: c_k=0$  vs  $H_1$ : Όχι όλα τα  $c_k$ ,  $k=1,2$  ίσα με 0,  
ο με χωρίο απόρριψης της  $H_0$ :  $F > F_{1,1199;0.05}$

Για τις αλληλεπιδράσεις πρώτης τάξης:

- $H_0: (ab)_{ij}=0$  vs  $H_1$ : Όχι όλα τα  $ab_{ij}$ ,  $i=1,2,3$  &  $j=1,2$  ίσα με 0,  
ο με χωρίο απόρριψης της  $H_0$ :  $F > F_{2,1199;0.05}$
- $H_0: (ac)_{ik}=0$  vs  $H_1$ : Όχι όλα τα  $ac_{ik}$ ,  $i=1,2,3$  &  $k=1,2$  ίσα με 0,  
ο με χωρίο απόρριψης της  $H_0$ :  $F > F_{2,1199;0.05}$
- $H_0: (bc)_{jk}=0$  vs  $H_1$ : Όχι όλα τα  $bc_{jk}$ ,  $j=1,2$  &  $k=1,2$  ίσα με 0,

- με χωρίο απόρριψης της  $H_0: F > F_{1,1199;0.05}$

Καταληκτικά, για την αλληλεπίδραση δεύτερης τάξης:

- $H_0: (abc)_{ijk}=0$  vs  $H_1: \text{Όχι όλα τα } abc_{ijk}, i=1,2,3, j=1,2 \text{ \& } k=1,2 \text{ ίσα με } 0,$ 
  - με χωρίο απόρριψης της  $H_0: F > F_{2,1199;0.05}$

Τέλος, παρουσιάζεται μαθηματικά η ανάλυση που διέπει τις συγκρίσεις επιπέδων Tukey. Ειδικότερα, βάσει των (Κουτρουβέλης, 2002), (Καραγρηγορίου & Καλλιγέρης, 2023) & (Montgomery, 2012) η Μέθοδος του Tukey βασίζεται στην κατανομή της στατιστικής συνάρτησης<sup>28</sup>:

$$q = \frac{\bar{y}_{max} - \bar{y}_{min}}{s_p / \sqrt{n}} \quad (3.12)$$

Όπου:

- $y_{max}$  &  $y_{min}$  είναι ο μέγιστος και ο ελάχιστος δειγματικός μέσος μεταξύ των μέσων  $k$  δειγμάτων.
- $n$ , είναι το μέγεθος του δείγματος.
- $s_p^2$  είναι η σταθμισμένη δειγματική διασπορά.

Δεδομένου ότι οι πειραματικοί σχεδιασμοί είναι ισορροπημένοι, έπεται ότι όλα τα δείγματα συγκρίσεων έχουν κοινό μέγεθος,  $n_j=n$ , οπότε, τα διαστήματα εμπιστοσύνης στο 95% είναι τα εξής:

$$\bar{y}_j - \bar{y}_{j'} \pm q_\alpha(k, v) * s_p * \sqrt{\frac{1}{n}} \quad (3.13)$$

Όπου,  $\alpha=0,05$  το επίπεδο σημαντικότητας και  $q_\alpha(k, v)$  η τιμή που βρέθηκε και με τη συμβολή της εξίσωσης (3.12).

<sup>28</sup> Ιωάννης Κουτρουβέλης, Σχεδιασμός και Ανάλυση Πειραμάτων, σελ. 62-63.

## 4. Αποτελέσματα

### 4.1. Έλεγχος Επάρκειας Προτύπων Πειραματικών Σχεδιασμών

Για αμφότερα τα πειράματα, το δείγμα αναμφίβολα κρίνεται επαρκώς μεγάλο. Συνεπώς, λόγω του Κεντρικού Οριακού Θεωρήματος, η προσέγγιση της κανονικής κατανομής είναι αποδεκτή. (Κουτροβέλης, 2002)

Απεικόνιση της προσέγγισης της κανονικής κατανομής, της ανεξαρτησίας και της ομοσκεδαστικότητας των μετρήσεων καθώς μπορεί να επιτευχθεί και μέσω του MINITAB. Οι διαδρομές εντολών είναι οι εξής:

1. Κανονικότητα: **Stat** → **Basic Statistics** → **Normality Test**.
2. Ανεξαρτησία: **Stat** → **Nonparametrics** → **Runs Test**.
3. Ομοσκεδαστικότητα: **Stat** → **ANOVA** → **Test for Equal Variances**.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, του ελέγχου της υπόθεσης Ομοσκεδαστικότητας για αμφότερα τα πειράματα, προηγείται η παραδοχή κατά την οποία θα αγνοηθεί η Μεταβλητή Πλαισίου από τον έλεγχο Bartlett, διότι αναμένεται εξ' ορισμού να υπάρξει μεταβολή στη διασπορά για τα διάφορα επίπεδα της μεταβλητής πλαισίου.

Αναντίρρητα, για τις δύο κατανομές των πειραματικών σχεδιασμών εκατέρωθεν, σχηματικά υποδεικνύεται η καλή προσέγγιση της Κανονικής, λόγω του μεγάλου μεγέθους δειγμάτων, μέσω του Κεντρικού Οριακού Θεωρήματος, όπως παρουσιάστηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο. Συνεπώς, η προϋπόθεση του προτύπου, για κανονικότητα των δεδομένων, ικανοποιείται.

Στη συνέχεια, αναφορικά με την ανεξαρτησία των μετρήσεων, για αμφότερους τους πειραματικούς σχεδιασμούς, εκπονήθηκαν οι έλεγχοι για ικανοποίηση της προϋπόθεσης του προτύπου έπειτα από τη στατιστική ανάλυση, έχουν ως απότοκο τιμές P-Value μεγαλύτερες από 0,05 που είναι το επίπεδο σημαντικότητας, τεκμηριώνοντας την μηδενική υπόθεση, κατά την οποία η σειρά των μετρήσεων πάρθηκε τυχαία.

Τέλος, για αμφότερους τους σχεδιασμούς, εκτελέστηκε ο έλεγχος της ομοσκεδαστικότητας των δεδομένων. Αξίζει να σημειωθεί ότι, λόγω κανονικότητας των μετρήσεων, είναι επιστημονικά τεκμηριωμένος από (Καραγρηγορίου & Καλλιγέρης, 2023), ο έλεγχος Bartlett. Εκτελέστηκε ο εν λόγω έλεγχος για την τρίτη προϋπόθεση του προτύπου. Η στατιστική ανάλυση έδωσε τιμές P-Value, αμφότερα και στους δύο πειραματικούς σχεδιασμούς, μεγαλύτερες του 0,05. Συνεπώς, υποστηρίζεται η μηδενική υπόθεση για τις διασπορές των δειγμάτων, οπότε τεκμηριώνεται πλήρως η ομοσκεδαστικότητα των Προτύπων.

## 4.2.Διεξαγωγή Πειραματικών Σχεδιασμών

Σε αυτήν την ενότητα, θα παρουσιαστούν τα πρώτα αποτελέσματα των πειραματικών σχεδιασμών κυρίως σε μορφή γραφημάτων. Παράλληλα, θα διενεργηθεί μία πρότερη ερμηνεία των κάτωθι παρουσιασμένων σχημάτων. Αυτά είναι (Καραγρηγορίου & Καλλιγέρης, 2023):

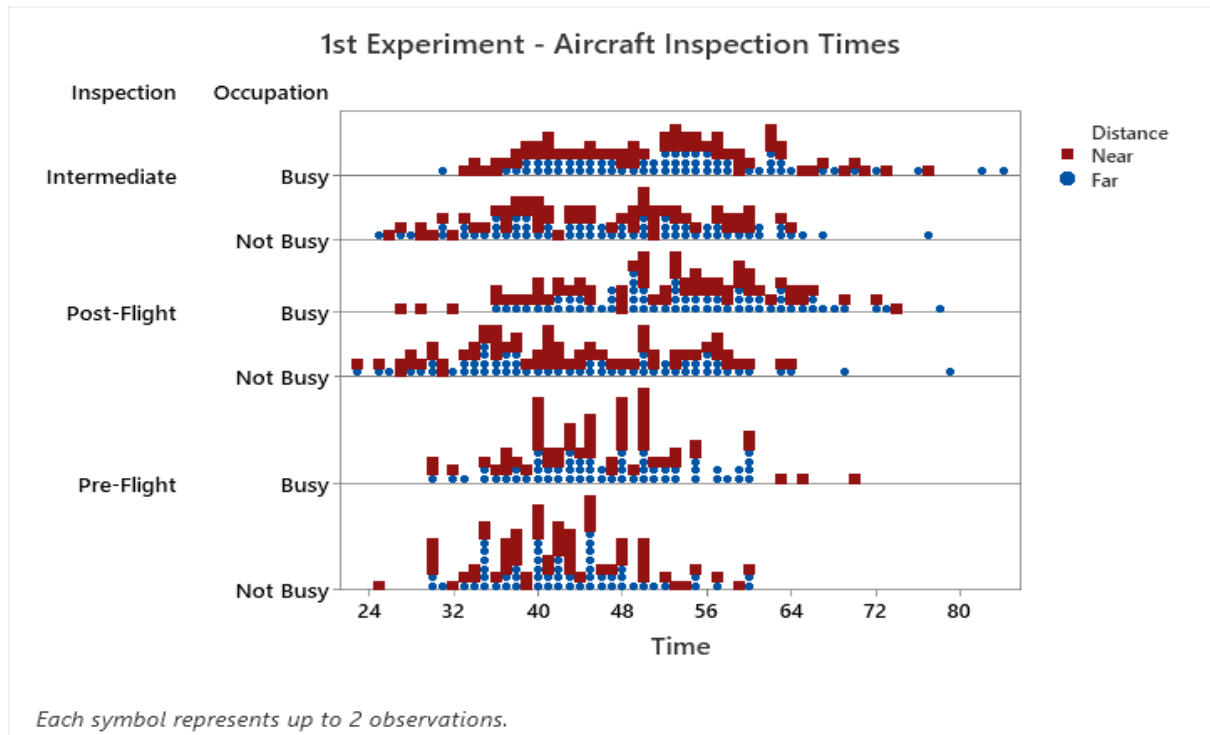
1. Διαγράμματα Κουκκίδων (Dot plot).
2. Διαγράμματα Ατομικών Τιμών (Individual Value Plot).
3. Διαγράμματα κύριων επιδράσεων (Main Effects Plot).
4. Διαγράμματα αλληλεπιδράσεων (Interaction Plot).

Οι εντολές του MINITAB είναι αντιστοίχως οι εξής:

1. **Graph** → **Dotplot** → **Stack Groups**
2. **Graph** → **Individual Value Plot** → **With Groups**
3. **Stat** → **ANOVA** → **Main Effects Plot**
4. **Stat** → **ANOVA** → **Interaction Plot**

### 4.2.1.Πρώτος Πειραματικός Σχεδιασμός

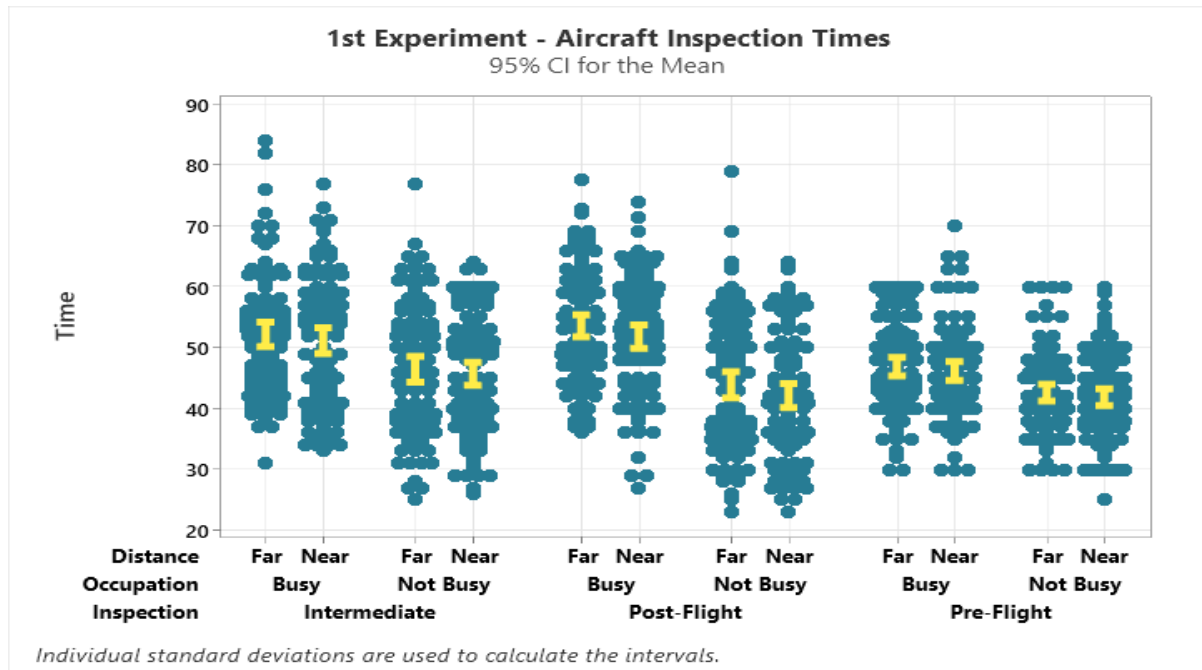
Για τον πρώτο πειραματικό σχεδιασμό, το Διάγραμμα Κουκκίδων που προκύπτει βάσει των δεδομένων που συλλέχθηκαν είναι το παρακάτω, όπως φαίνεται στο «Σχήμα 6».



**Σχήμα 6: Διάγραμμα Κουκκίδων Πρώτου Πειραματικού Σχεδιασμού.**

Όπου το διαφορετικό σύμβολο μέσα στα διαγράμματα απεικονίζει τα επίπεδα της μεταβλητής της απόστασης. Στο εν λόγω σχήμα, («Σχήμα 6») αντιπαραβάλλονται οι χρονικές εκτελέσεις επιθεωρήσεων για όλες τις θεραπείες. Φαίνεται ότι, η απόσταση δεν επηρεάζει σημαντικά το χρόνο εκτέλεσης επιθεωρήσεων. Επιπλέον, το είδος επιθεώρησης διαφέρει ως προς το χρόνο της εκτέλεσης γεγονός αναμενόμενο, συμφώνως και των τονισμένων στα πρώτα κεφάλαια. Επιπροσθέτως, διαφαίνεται ότι ο κορεσμός του Α/Δ (Αεροδρομίου) επιδρά σημαντικά και αυξητικά στο χρόνο επιθεώρησης.

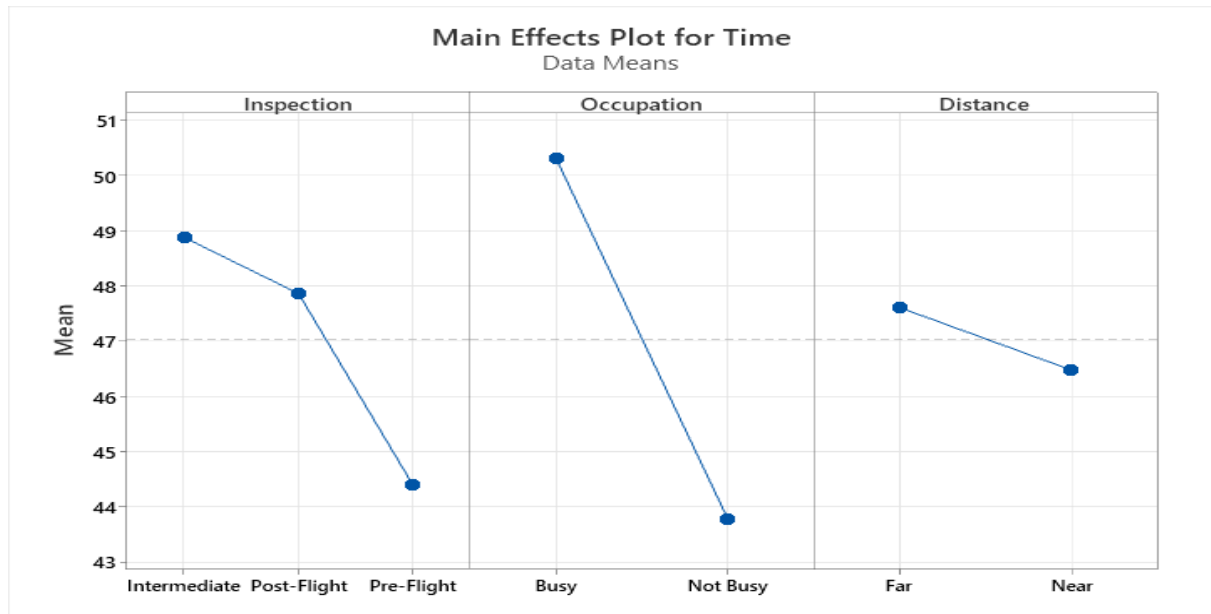
Στη συνέχεια, παρουσιάζεται το διάγραμμα ατομικών τιμών μέσω του «Σχήματος 7». Με κίτρινο χρώμα, απεικονίζονται οι τυπικές αποκλίσεις για κάθε θεραπεία του πειραματισμού.



Σχήμα 7: Διάγραμμα Ατομικών Τιμών Πρώτου Πειραματικού Σχεδιασμού.

Από το εν λόγω σχήμα, («Σχήμα 7»), φαίνεται να υφίστανται μικρότερη διασπορά στις Μετά-Πτήσεως επιθεωρήσεις, καθώς και σταθερή ανά είδος επιθεώρησης. Η επίδραση μεταξύ των επιθεωρήσεων είναι αναμενόμενη από πριν και δεν αποτελεί σημείο ενδιαφέροντος για αυτή τη ΔΕ (Διπλωματική Εργασία). Αναφορικά με τις μέσες μετρήσεις, διαφαίνονται εκ νέου τα ίδια με τα αποτελέσματα του «Σχήματος 7», δηλαδή ότι η απόσταση δεν φαίνεται να έχει σημαντική επίδραση, το είδος της επιθεώρησης αναμενόμενα μεταβάλλει το χρόνο εξυπηρέτησης και, τέλος, ότι όσο πιο απασχολημένο με πτήσεις είναι ένα Α/Δ, αυξάνεται και ο χρόνος επιθεωρήσεων Α/Φ (Αεροσκαφών).

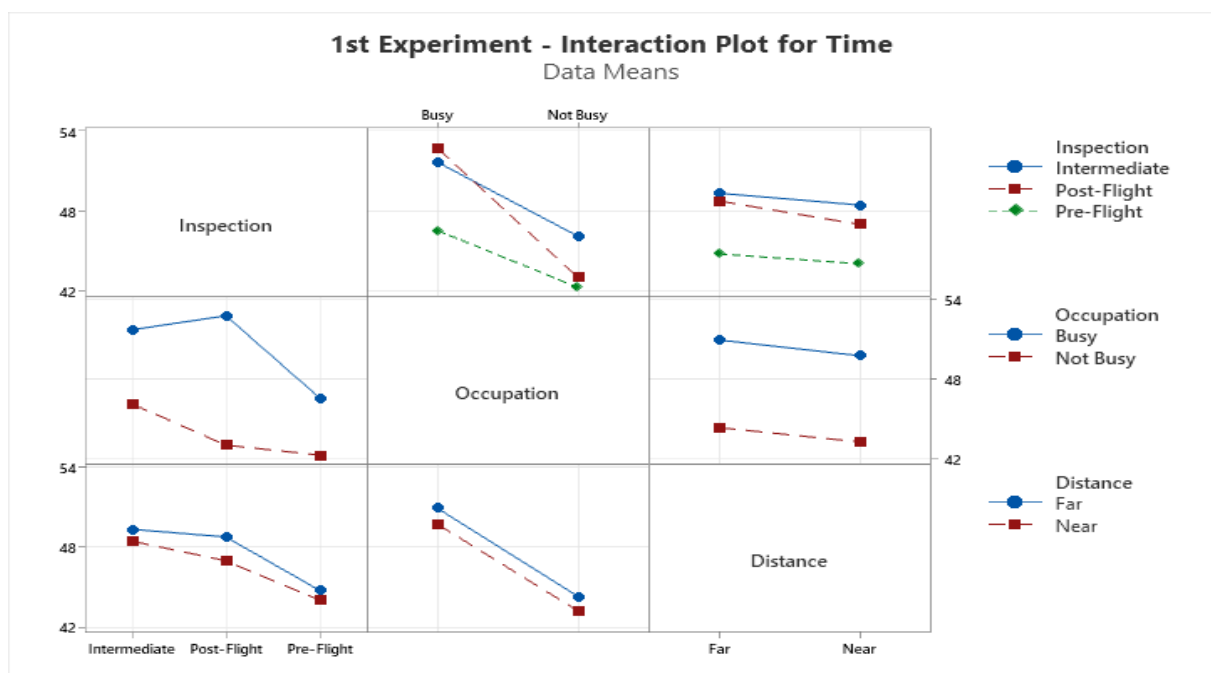
Οι κύριες επιδράσεις παρουσιάζονται σχηματικά και με το Διάγραμμα Κύριων Επιδράσεων («Σχήμα 8»).



Σχήμα 8: Κύριες Επιδράσεις Παραγόντων Πρώτου Πειραματικού Σχεδιασμού.

Από το παραπάνω σχήμα, υποστηρίζονται τα συμπεράσματα από προηγουμένως, ότι η απόσταση του Α/Δ δεν έχει σημαντική επίδραση, το πολυάσχολο Α/Δ έχει αυξητική επίδραση στο χρόνο εξυπηρέτησης πτήσεων και, τέλος, ότι αναμενόμενα, οι επιθεωρήσεις διαφέρουν χρονικά μεταξύ τους ως προς την εκτέλεση.

Επιπλέον, απομένει η διαγραμματική απεικόνιση των αλληλεπιδράσεων 1<sup>ης</sup> τάξης για τον πρώτο πειραματικό σχεδιασμό, μέσω του διαγράμματος αλληλεπιδράσεων. Αναλυτικότερα:



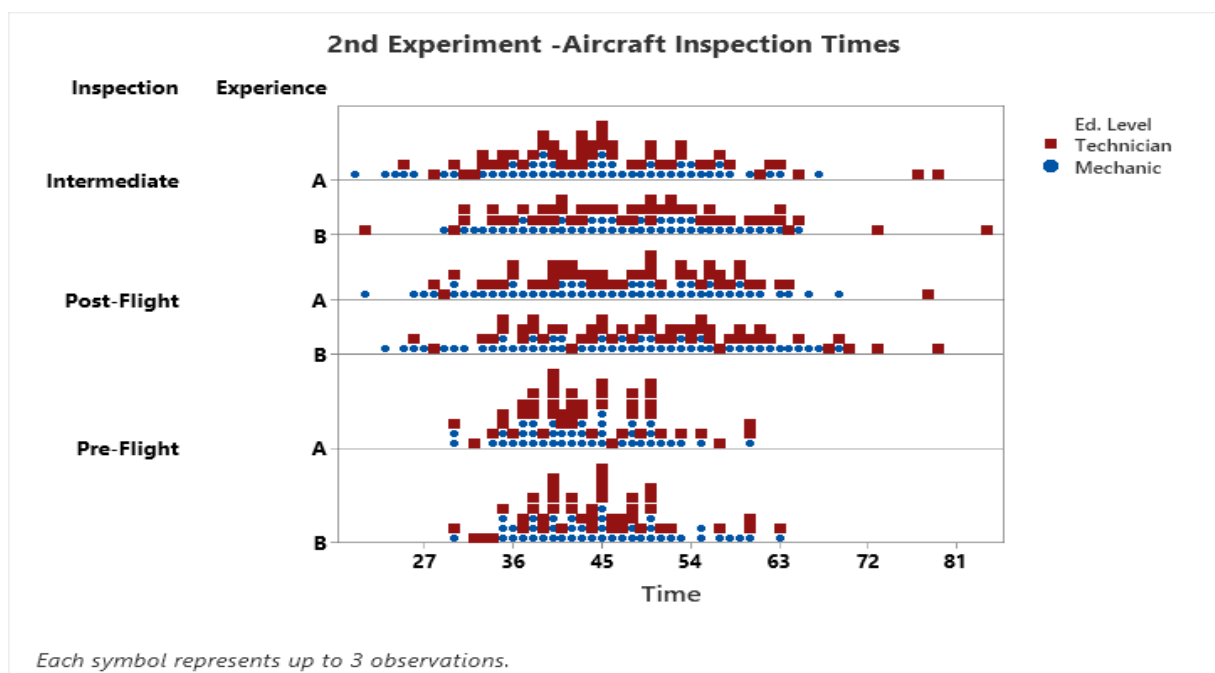
Σχήμα 9: Διάγραμμα Αλληλεπιδράσεων Πρώτου Πειραματικού Σχεδιασμού.



Από το παραπάνω «Σχήμα 9», απορρέουν ενδιαφέροντα πρώτα στοιχεία. Φαίνεται ότι, δεν υφίσταται αλληλεπίδραση μεταξύ των μεταβλητών της απόστασης και της απασχόλησης του Α/Δ. Επιπλέον, διαφαίνεται σχετικά μικρή, έως μηδαμινή αλληλεπίδραση μεταξύ του είδους επιθεώρησης και της απόστασης. Από την άλλη πλευρά, απεικονίζεται σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ της απασχόλησης του Α/Δ και του είδους επιθεώρησης.

#### 4.2.2. Δεύτερος Πειραματικός Σχεδιασμός

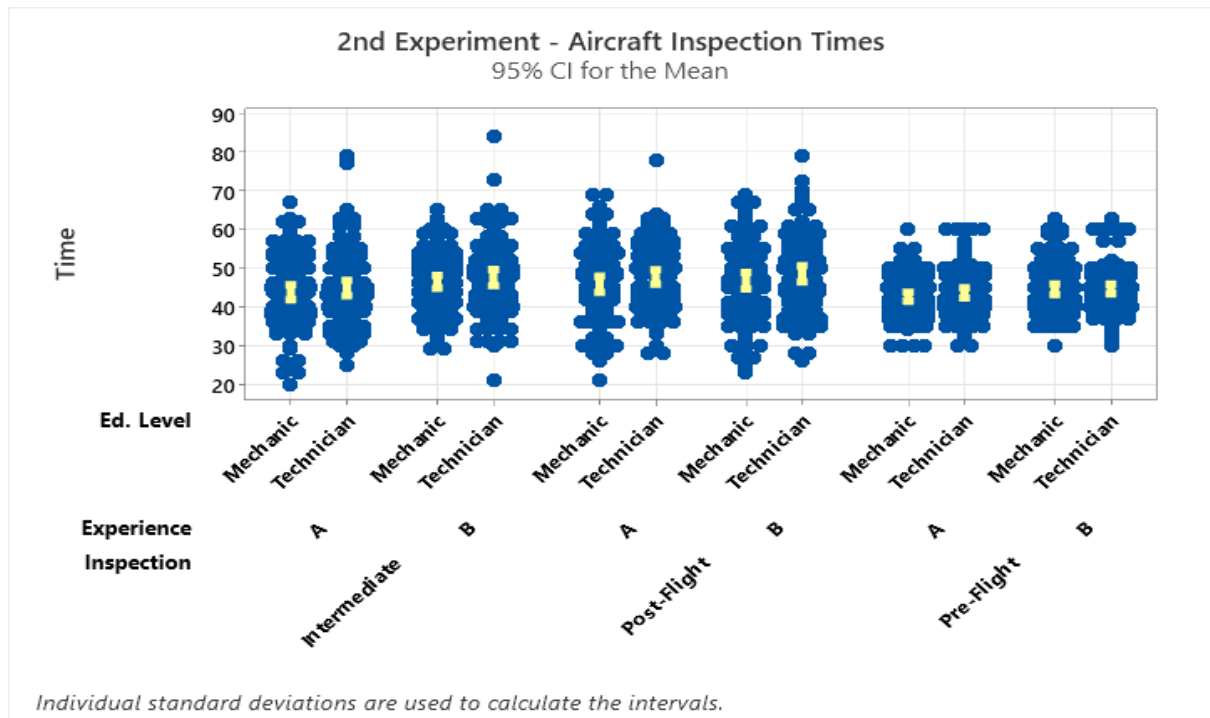
Παρόμοια συλλογιστική πορεία ακολουθείται και για το δεύτερο πειραματικό σχεδιασμό. Πρωταρχικά, το πρώτο διάγραμμα που παρουσιάζεται είναι το Διάγραμμα Κουκκίδων. («Σχήμα 10»). Υπενθυμίζεται ότι, Α καταχωρίστηκαν οι έμπειροι τεχνικοί και, ως Β καταχωρίστηκαν οι λιγότερο έμπειροι/άπειροι τεχνικοί.



Σχήμα 10: Διάγραμμα Κουκκίδων Δεύτερου Πειραματικού Σχεδιασμού.

Από το παραπάνω «Σχήμα 10», δεν μπορούν να εξαχθούν τελεσίδικα συμπεράσματα για το δεύτερο πειραματισμό. Φαίνεται σημαντικό προβάδισμα των έμπειρων τεχνικών έναντι των άπειρων μέσω συντομότερης εκτέλεσης επιθεωρήσεων Α/Φ. Παράλληλα, διαφαίνεται η αναμενόμενη, συμφώνως των πρώτων κεφαλαίων αλλά και του πρώτου πειραματικού σχεδιασμού, επίδραση του είδους επιθεώρησης στους χρόνους. Από την άλλη πλευρά, δεν διαφαίνεται από το εν λόγω σχήμα σημαντική επίδραση του επιπέδου εκπαίδευσης στη μεταβλητή απόκρισης.

Έπειτα, η μελέτη συνεχίζεται στην παρουσίαση του Διαγράμματος Ατομικών Τιμών («Σχήμα 11»).



Σχήμα 11: Διάγραμμα Ατομικών Τιμών Δεύτερου Πειραματικού Σχεδιασμού.

Σε αυτό το διάγραμμα, δεν μπορούν να προκύψουν σημαντικά πορίσματα για την επίδραση του επιπέδου εκπαίδευσης στη μεταβλητή απόκρισης. Από την άλλη πλευρά, για τις άλλες δύο μεταβλητές, το είδος επιθεώρησης και το επίπεδο εμπειρίας διαφαίνεται σημαντική επίδραση στη μεταβλητή απόκρισης.

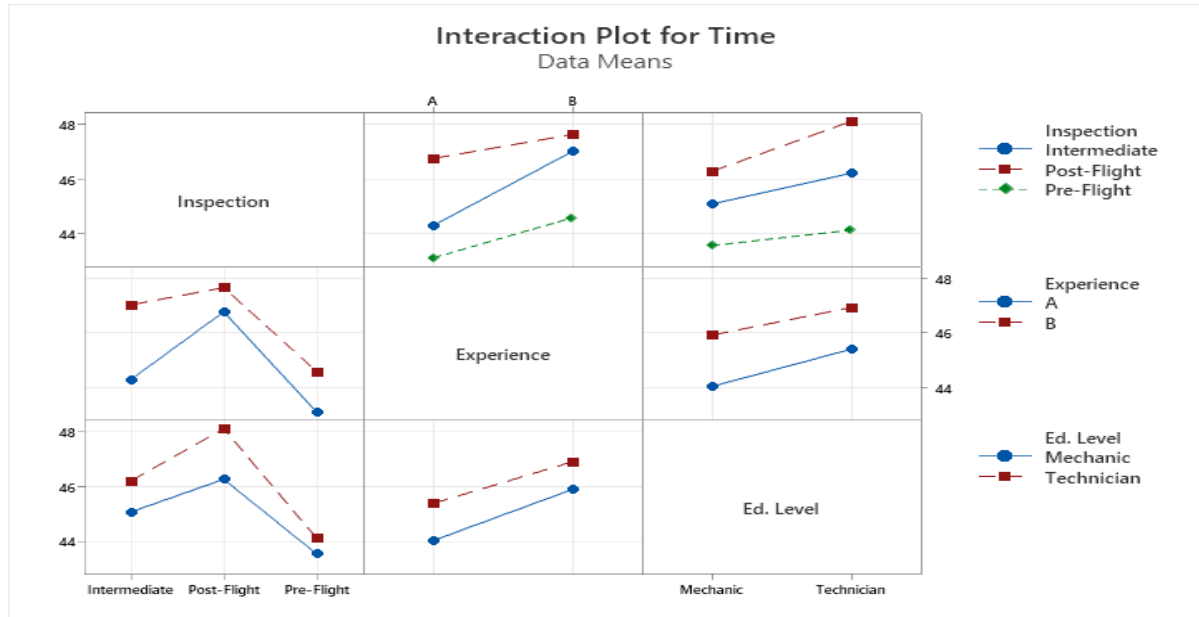
Στο επόμενο «Σχήμα 12», παρουσιάζονται σχηματικά οι κύριες επιδράσεις των παραγόντων, ως εξής:



**Σχήμα 12: Διάγραμμα Κύριων Επιδράσεων Δεύτερου Πειραματικού Σχεδιασμού.**

Από το παραπάνω σχήμα, μεταβάλλονται τα πορίσματα που προέκυψαν από τα προηγούμενα διαγράμματα. Ειδικότερα, φαίνονται ότι έχουν σημαντική επίδραση όλοι οι παράγοντες στη μεταβλητή απόκρισης, με το πλεονέκτημα στους έμπειρους τεχνικούς και στους εκπαιδευμένους σε σχολή Μηχανικών. Σημαντική επίδραση υποδεικνύεται και στο είδος επιθεώρησης, τα αποτελέσματα του οποίου, φαίνονται παρόμοια με αυτά του πρώτου πειραματικού σχεδιασμού.

Η διαγραμματική ανάλυση ολοκληρώνεται μέσω του Διαγράμματος Αλληλεπιδράσεων. Πιο συγκεκριμένα, στο «Σχήμα 13», φαίνεται σημαντική η αλληλεπίδραση μεταξύ του είδους της επιθεώρησης και της εμπειρίας των εργαζομένων στη μεταβλητή απόκρισης. Επίσης, διαφαίνεται η αλληλεπίδραση της επιθεώρησης με το επίπεδο εκπαίδευσης σημαντική στη μεταβλητότητα του χρόνου εξυπηρέτησης πτήσεων, αν και όχι στο ίδιο βαθμό. Από την άλλη πλευρά, φαίνεται ότι δεν είναι σημαντική η αλληλεπίδραση της εμπειρίας και του επιπέδου εκπαίδευσης στη μεταβλητή απόκρισης.



Σχήμα 13: Διάγραμμα Αλληλεπιδράσεων Δεύτερου Πειραματικού Σχεδιασμού.

### 4.3.Ανάλυση Αποτελεσμάτων

Στα πλαίσια αυτής της ενότητας, για αμφοτέρους τους πειραματικούς σχεδιασμούς, θα εκπονηθούν στατιστικές αναλύσεις των δεδομένων που συλλέχθηκαν. Παράλληλα, με τη μέθοδο του Tukey, θα συγκριθούν υπό στατιστικό πρίσμα τα επίπεδα των διαφόρων παραγόντων (Καραγρηγορίου & Καλλιγέρης, 2023) (Κουτρουβέλης, 2002) (Montgomery, 2012).

Οι εντολές του MINITAB είναι αντιστοίχως οι εξής:

1. Για την ανάλυση ANOVA: **Stat** → **ANOVA** → **General Linear Model** → **Fit General Linear Model**.
2. Για τις συγκρίσεις επιπέδων: **Stat** → **ANOVA** → **General Linear Model** → **Comparisons**.

Υπενθυμίζεται ότι, το είδος της επιθεώρησης καθίσταται μεταβλητή πλαισίου, οπότε οποιαδήποτε επίδραση ή αλληλεπίδραση είναι στατιστικώς μη σημαντική, θα τοποθετείται στα σφάλματα και θα επανεκτελείται η ανάλυση του πειραματικού σχεδιασμού, όπως τονίστηκε και σε προηγούμενα κεφάλαια.

#### 4.3.1.Πρώτος Πειραματικός Σχεδιασμός

Από την πρωταρχική ανάλυση ANOVA, προκύπτει ο παρακάτω «Πίνακας 12».

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Inspection	2	4414	2207,2	25,72	0,000
Occupation	1	12739	12738,6	148,42	0,000
Distance	1	384	383,7	4,47	0,035
Inspection*Occupation	2	1606	802,9	9,36	0,000
Inspection*Distance	2	61	30,7	0,36	0,699
Occupation*Distance	1	1	0,8	0,01	0,922
Error	1190	102134	85,8		
Lack-of-Fit	2	1	0,7	0,01	0,991
Pure Error	1188	102133	86,0		
Total	1199	121339			

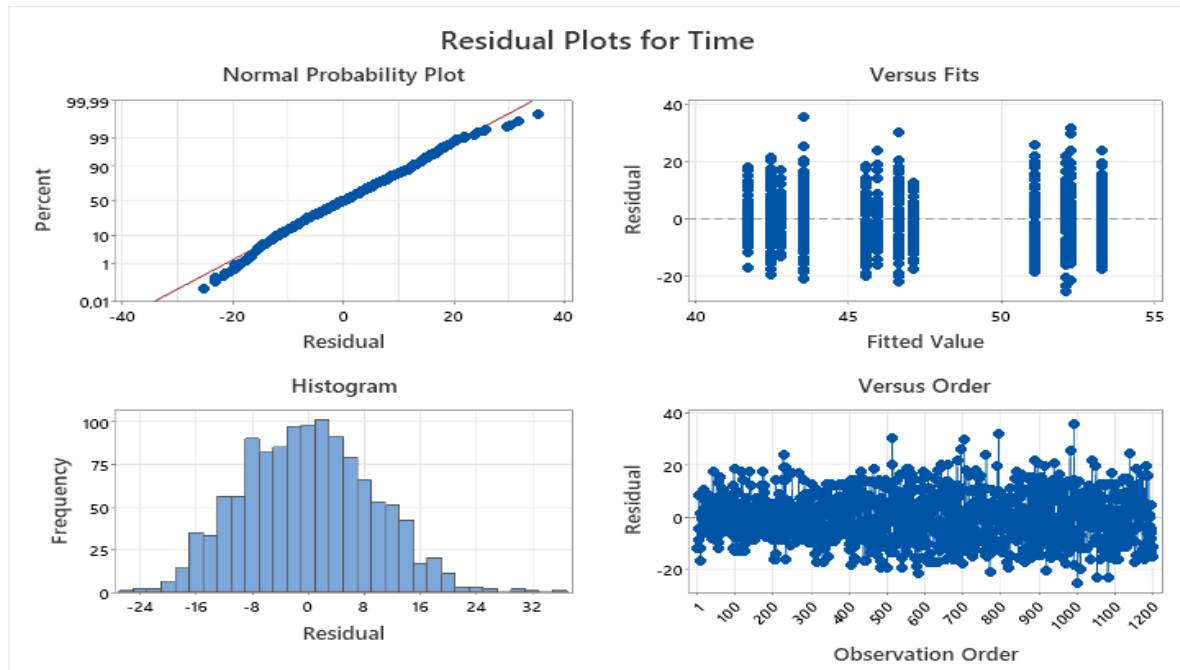
**Πίνακας 12: Πρωταρχική Ανάλυση ANOVA για τον Πρώτο Πειραματικό Σχεδιασμό.**

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, παρατηρείται ότι, η αλληλεπίδραση της απόστασης με την επιθεώρηση δεν είναι στατιστικώς σημαντική. Συνεπώς, μεταφέρεται στα σφάλματα και γίνεται εκ νέου ανάλυση ως εξής.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Inspection	2	4414	2207,2	25,74	0,000
Occupation	1	12739	12738,6	148,58	0,000
Distance	1	384	383,7	4,48	0,035
Inspection*Occupation	2	1606	802,9	9,37	0,000
Occupation*Distance	1	1	0,8	0,01	0,922
Error	1192	102196	85,7		
Lack-of-Fit	4	63	15,7	0,18	0,947
Pure Error	1188	102133	86,0		
Total	1199	121339			

**Πίνακας 13: Ανάλυση ANOVA Πρώτου Πειραματικού Σχεδιασμού.**

Από τον παραπάνω πίνακα, («Πίνακας 13»), από τα κελιά με έντονο κόκκινο χρώμα, διαφαίνεται στατιστικώς σημαντική επίδραση όλων των παραγόντων στη μεταβλητή απόκρισης, καθώς και της αλληλεπίδρασης της επιθεώρησης και της απασχόλησης του Α/Δ, εξ' ου και ο λόγος που δεν μεταφέρθηκε στα σφάλματα. Επισημαίνεται η επαλήθευση των απόψεων που τεκμηριώθηκαν από τις διαγραμματικές τεχνικές. Παράλληλα, είναι αποδεκτή και η τακτική της τοποθέτησης των αλληλεπιδράσεων που δεν ήταν στατιστικά σημαντικές συμφώνως του «Πίνακα 12», λόγω του αρκετά υψηλού αριθμού της P-Value του κελιού Lack of Fits.



**Σχήμα 14:** Διαγράμματα ελέγχου Κανονικότητας, Ομοσκεδαστικότητας & Ανεξαρτησίας δεδομένων  
Πρώτου Πειραματικού Σχεδιασμού.

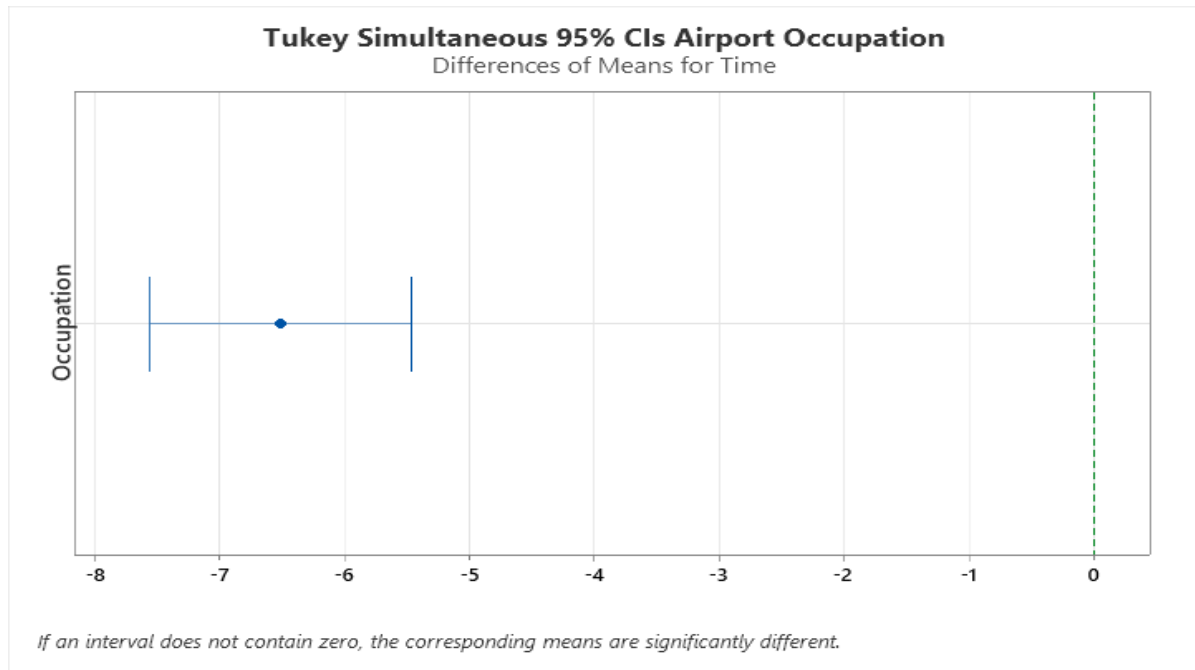
Από το «Σχήμα 14», επαληθεύονται και διαγραμματικά οι προϋποθέσεις της Κανονικότητας, Ομοσκεδαστικότητας και Ανεξαρτησίας των δεδομένων.

Επιπροσθέτως, τελευταίο αλλά εξίσου σημαντικό στάδιο του σχεδιασμού, καθιστούν οι συγκρίσεις των διαφόρων επιπέδων των παραγόντων. Ειδικότερα, για τον παράγοντα της απασχόλησης, για 95% διάστημα εμπιστοσύνης.

Difference of Occupation Levels	Difference of Means	SE of Difference	Simultaneous 95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
Not Busy - Busy	-6,516	0,535	<b>(-7,565; -5,467)</b>	-12,19	<b>0,000</b>

**Πίνακας 14:** Στατιστική Σύγκριση Επιπέδων Παράγοντα Αεροδρομίου.

Παράλληλα, έπειτα από εκπόνηση αντίστοιχης ανάλυσης Tukey, όπως παρουσιάζεται και στο «Σχήμα 15» προέκυψαν αποτελέσματα και σε σχηματική μορφή.



**Σχήμα 15: Διαγραμματική Σύγκριση Επιπέδων Απασχόλησης Αεροδρομίου.**

Από τα παραπάνω, («Πίνακας 14» & «Σχήμα 15»), εύλογα συνάγεται το συμπέρασμα ότι υφίστανται σοβαρές ενδείξεις, σχηματικά αλλά κυρίως από στατιστική ανάλυση, ότι τα δύο επίπεδα του παράγοντα της απασχόλησης του Α/Δ, διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους, με σαφώς μικρότερο χρόνο εκτέλεσης για την περίπτωση που το Α/Δ δεν έχει να διαχειριστεί μεγάλο όγκο πτήσεων.

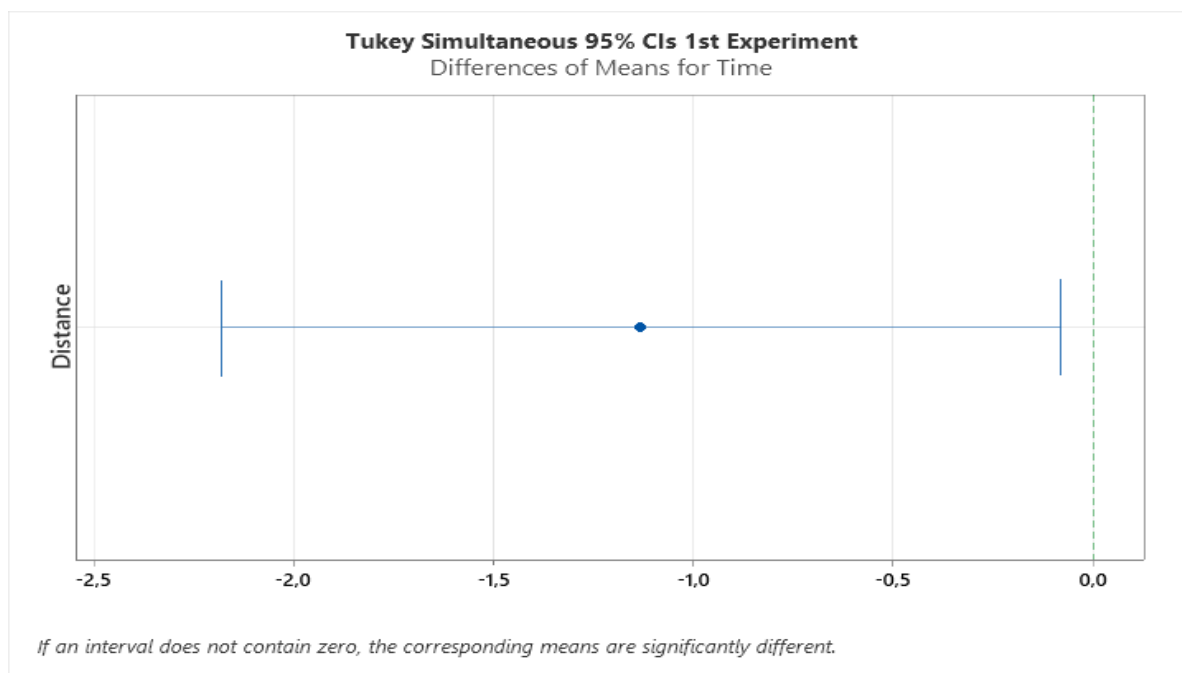
Επιπρόσθετα, για τον παράγοντα της απόστασης, προέκυψε έπειτα από πανομοιότυπη ανάλυση, ο κάτωθι Πίνακας στο 95% διάστημα εμπιστοσύνης.

Difference of Distance Levels	Difference of Means	SE of Difference	Simultaneous 95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
Near – Far	-1,131	0,535	<b>(-2,180; -0,082)</b>	-2,12	<b>0,034</b>

**Πίνακας 15: Στατιστική Σύγκριση Επιπέδων Παράγοντα Απόστασης.**

Ταυτόχρονα, έπειτα από εκπόνηση αντίστοιχης ανάλυσης Tukey, όπως παρουσιάζεται και στο «Σχήμα 16» προέκυψαν αποτελέσματα και σε σχηματική μορφή, με αντίστοιχη συλλογιστική πορεία με τον έτερο παράγοντα.





Σχήμα 16: Διαγραμματική Σύγκριση Επιπέδων Απασχόλησης Αεροδρομίου.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα, («Πίνακας 15» & «Σχήμα 16»), διαπιστώνεται ότι στα διαστήματα εμπιστοσύνης δεν εμπεριέχεται η τιμή μηδέν. Συνεπώς, λαμβάνοντας υπόψη και την τιμή του κελιού P-Value, εύλογα εξάγεται το συμπέρασμα ότι και τα επίπεδα της απόστασης του Α/Φ απέχουν σημαντικά ως προς τη μεταβλητή απόκρισης, με πλεονέκτημα στα Α/Φ που σταθμεύουν κοντύτερα. Βέβαια, αξίζει να σημειωθεί ότι, τα επίπεδα του παράγοντα της απασχόλησης του Α διαφέρουν ξεκάθαρα περισσότερο μεταξύ τους σε σχέση με αυτά της απόστασης.

#### 4.3.2. Δεύτερος Πειραματικός Σχεδιασμός

Αντίστοιχα, για τον έτερο πειραματικό σχεδιασμό, η συλλογιστική πορεία παραμένει ίδια. Ξεκινάει με την ανάλυση ANOVA για όλους τους παράγοντες (και τη μεταβλητή πλαισίου) και όλες τις κύριες αλληλεπιδράσεις τους. Ειδικότερα:

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Inspection	2	2266,0	1133,01	14,11	0,000
Experience	1	864,0	863,98	10,76	0,001
Ed. Level	1	420,1	420,06	5,23	0,022
Inspection*Experience	2	177,2	88,60	1,10	<b>0,332</b>
Inspection*Ed. Level	2	81,1	40,54	0,50	<b>0,604</b>
Experience*Ed. Level	1	9,3	9,28	0,12	0,734
Error	1190	95573,5	80,31		

Lack-of-Fit	2	12,4	6,20	0,08	0,926
Pure Error	1188	95561,1	80,44		
Total	1199	99391,1			

**Πίνακας 16: Πρωταρχική Ανάλυση ANOVA Δεύτερου Πειραματικού Σχεδιασμού.**

Από τον «Πίνακα 16», πλέον, λόγω των μεγάλων τιμών P-Value, οι οποίες απεικονίζονται με μωβ χρώμα, είναι εφικτή η μετακίνηση των αλληλεπιδράσεων «Inspection\*Experience» & «Inspection\*Ed. Level» στα σφάλματα, όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 3.

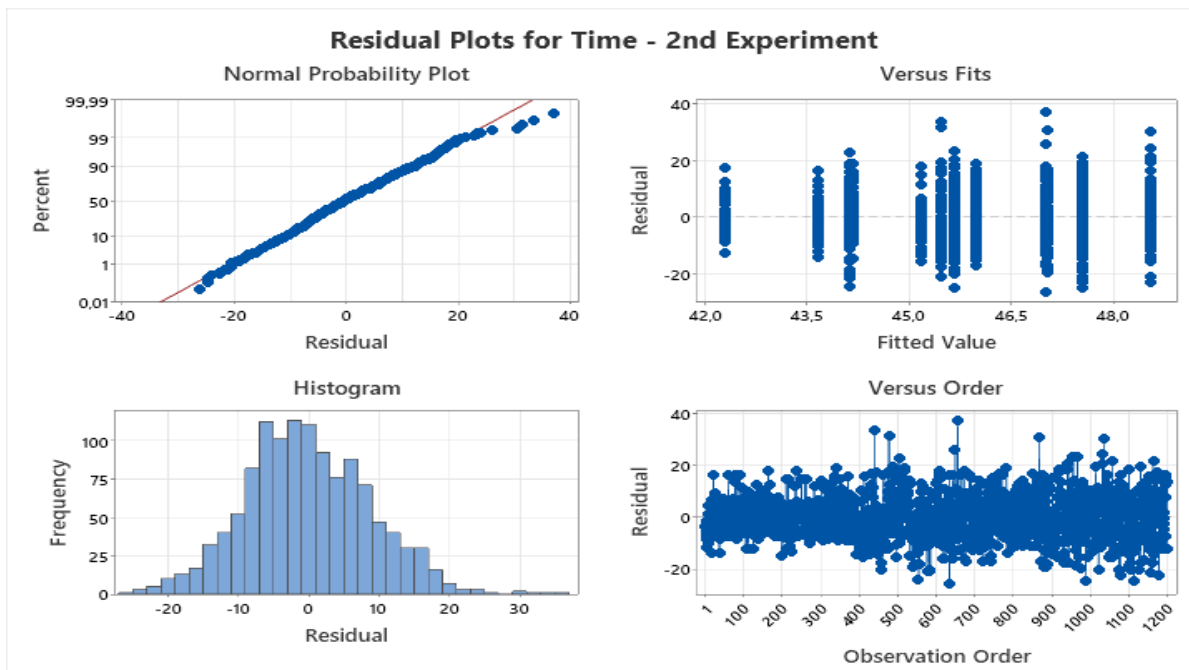
Πλέον, η ανάλυση μεταβλητότητας καθίσταται η εξής, όπως τονίζεται στον «Πίνακα 17».

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Inspection	2	2266,0	1133,01	14,12	<b>0,000</b>
Experience	1	864,0	863,98	10,76	<b>0,001</b>
Ed. Level	1	420,1	420,06	5,23	<b>0,022</b>
Experience*Ed. Level	1	9,3	9,28	0,12	0,734
Error	1194	95831,8	80,26		
Lack-of-Fit	6	270,7	45,11	0,56	<b>0,762</b>
Pure Error	1188	95561,1	80,44		
Total	1199	99391,1			

**Πίνακας 17: Ανάλυση ANOVA Δεύτερου Πειραματικού Σχεδιασμού.**

Η τιμή P-Value για τα σφάλματα είναι ικανοποιητικά μεγάλη, πέραν του 0,05 επιπέδου σημαντικότητας, υποδεικνύοντας σωστή την μετακίνηση των αλληλεπιδράσεων πρώτης τάξης σε αυτά. Επιπρόσθετα, αποδεικνύεται ότι, όλοι οι κύριοι παράγοντες, και η μεταβλητή πλαισίου, έχουν τιμή P-Value μικρότερη του 0,05, συνεπώς, υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις ότι δεν ισχύουν οι μηδενικές υποθέσεις,  $H_0$ , επομένως ότι έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση στη μεταβλητή απόκρισης. Τα αποτελέσματα που αντλήθηκαν από τη στατιστική ανάλυση μεταβλητότητας συνηγορούν και επαληθεύουν τις τεκμηριώσεις των διαγραμματικών τεχνικών που εκτελέστηκαν στην υποενότητα «4.2.2», πλην του επιπέδου εκπαίδευσης, για το οποίο δεν ήταν εφικτό να προκύψει συμπέρασμα.

Στη συνέχεια, στο «Σχήμα 17», παρουσιάζονται τα διαγράμματα για την τεκμηρίωση της Κανονικότητας, Ανεξαρτησίας & Ομοσκεδαστικότητας των μετρήσεων. Οι διαγραμματικές τεχνικές επικουρούν στην αρχική στατιστική ανάλυση που εκπονήθηκε στην υποενότητα «4.1.2».



Σχήμα 17: Διαγράμματα ελέγχου Κανονικότητας, Ομοσκεδαστικότητας & Ανεξαρτησίας Δεδομένων  
Δεύτερου Πειραματικού Σχεδιασμού.

Τέλος, ακολουθούν οι συγκρίσεις των επιπέδων για τους διάφορους παράγοντες. Επισημαίνεται εκ νέου ότι δεν θα εκπονηθεί, παρόλη την επίδρασή της στη μεταβλητή απόκρισης, σύγκριση επιπέδων για το είδος των επιθεωρήσεων, διότι ήταν γνωστά και αναμενόμενα εκ των προτέρων και ως εκ τούτου δεν αποτελούν σημείο ενδιαφέροντος για τα πλαίσια της παρούσης ΔΕ.

Αρχικά, για τον παράγοντα της εμπειρίας, για το 95% διάστημα εμπιστοσύνης, διαγραμματικά και στατιστικά, προέκυψε ο κάτωθι Πίνακας.

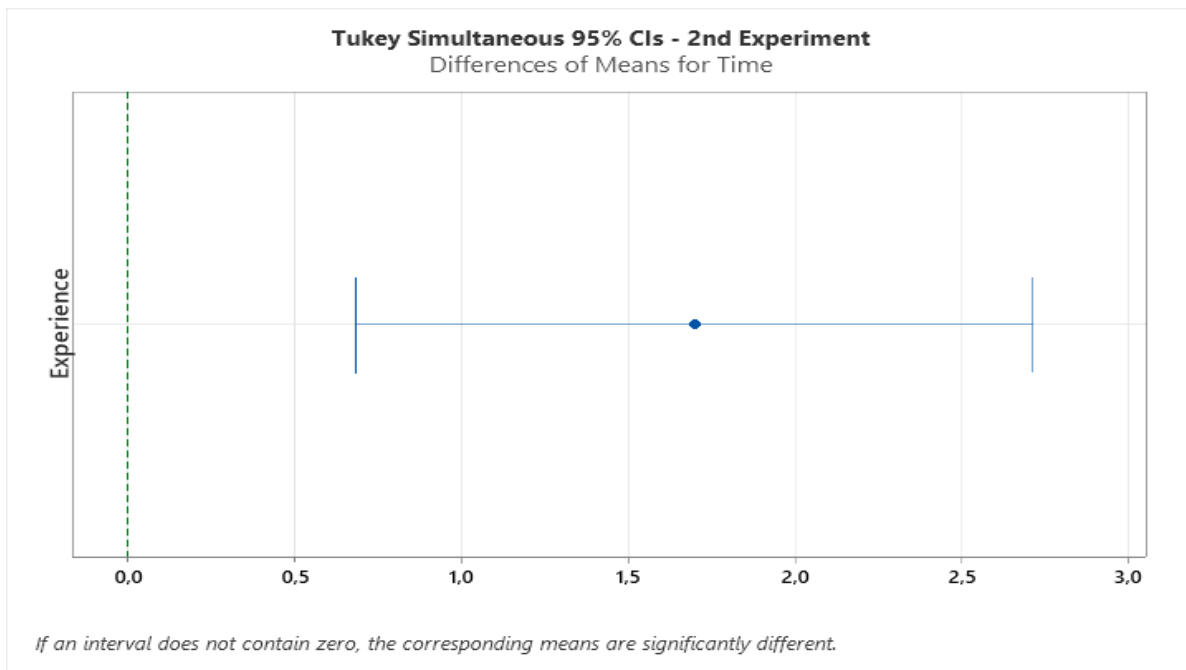
Difference of Experience Levels	Difference of Means	SE of Difference	Simultaneous 95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
B – A	-1,697	0,517	(0,620; 2,712)	3,28	0,001

Πίνακας 18: Στατιστική Σύγκριση Επιπέδων Παράγοντα Εμπειρίας.

Από τον «Πίνακα 18», προέκυψε σημαντική διαφορά μεταξύ των επιπέδων (στο διάστημα εμπιστοσύνης δεν ανήκει η τιμή μηδέν), με πρόδηλο πλεονέκτημα υπέρ των έμπειρων εργαζομένων<sup>29</sup>, οι οποίοι εξυπηρετούν τα Α/Φ γρηγορότερα από τους λιγότερο έμπειρους.

Παρόμοια συμπεράσματα προκύπτουν και από την ανάγνωση του «Σχήματος 18», διότι το διάστημα εμπιστοσύνης δεν εμπεριέχει την τιμή μηδέν.

<sup>29</sup> Υπενθυμίζεται ότι τέθηκε Α για τους έμπειρους & Β για τους λιγότερο έμπειρους.



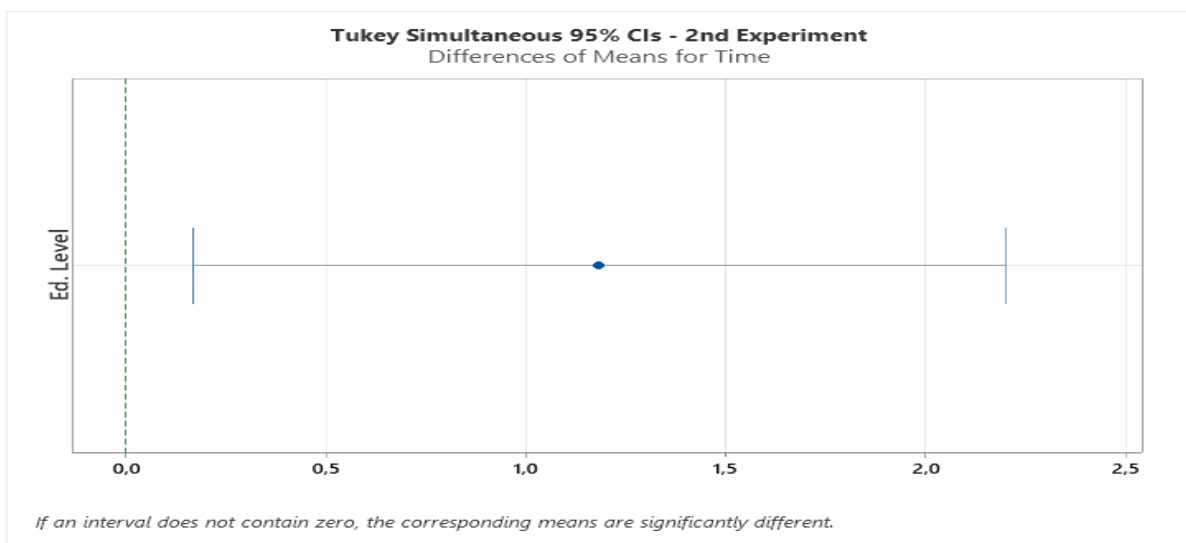
**Σχήμα 18: Διαγραμματική Σύγκριση Επιπέδων Παράγοντα Εμπειρίας.**

Για τον επόμενο παράγοντα ενδιαφέροντος, ακολουθείται αντίστοιχη συλλογιστική πορεία. Ειδικότερα, συμφώνως του «Πίνακα 19», στο 95% διάστημα εμπιστοσύνης:

Difference of Ed. Level Levels	Difference of Means	SE of Difference	Simultaneous 95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
Technician – Mechanic	-1,183	0,517	<b>(0,168; 2,198)</b>	2,29	<b>0,022</b>

**Πίνακας 19: Στατιστική Σύγκριση Επιπέδων Παράγοντα Επιπέδου Εκπαίδευσης.**

Παράλληλα, όπως παρουσιάζεται και στη σχηματική σύγκριση επιπέδων μέσω της μεθόδου Tukey, στο «Σχήμα 19».



**Σχήμα 19: Διαγραμματική Σύγκριση Επιπέδων Παράγοντα Επιπέδου Εκπαίδευσης.**

Μέσω της στατιστικής αλλά και της διαγραμματικής σύγκρισης των επιπέδων, διαφαίνεται ότι το μηδέν δεν ανήκει στο διάστημα εμπιστοσύνης για 0,05 επίπεδο σημαντικότητας. Αναλυτικότερα, η άποψη αυτή τεκμηριώνεται περαιτέρω μέσω της μικρής τιμής P-Value, ξεκάθαρα χαμηλότερη του 0,05. Από το «Σχήμα 19» & τον «Πίνακα 19», τεκμηριώνεται περαιτέρω ότι οι εκπαιδευμένοι από σχολές μηχανικών έχουν μικρό αλλά ξεκάθαρο πλεονέκτημα έναντι των εκπαιδευμένων από σχολές τεχνικών.

## 5. Συμπεράσματα

### 5.1. Ανάλυση Συμπερασμάτων

Συνοψίζοντας, μέσα από τους δύο πειραματικούς σχεδιασμούς, αρκετά ενδιαφέροντα συμπεράσματα συνάχθηκαν προς όφελος της επιστημονικής και αεροπορικής κοινότητας. Πρωταρχικά, για αμφοτέρους τους σχεδιασμούς, εδραιώθηκε η εκ των προτέρων, και κοινώς αποδεκτή, αντίληψη ότι το είδος επιθεώρησης έχει σημαντική επίδραση στο χρόνο εξυπηρέτησης Α/Φ (Αεροσκαφών), το οποίο όντας γνωστό δεν άνηκε και στα ερευνητικά ενδιαφέροντα της παρούσης ΔΕ (Διπλωματικής Εργασίας).

Αναφορικά με τον πρώτο πειραματικό σχεδιασμό, τεκμηριώνεται, από τις διαγραμματικές απεικονίσεις αλλά κυρίως από τη στατιστική ανάλυση, ότι υφίσταται σημαντική επίδραση της απασχόλησης του Α/Δ (Αεροδρομίου) στο χρόνο εκτέλεσης επιθεωρήσεων Α/Φ. Μάλιστα, αποδεικνύεται ότι ένα Α/Δ κορεσμένο από πτήσεις ή στη φάση της ημέρας όπου πιάνει το ζενίθ της παραγωγικότητάς του προκαλεί χρονικές διολισθήσεις. Μία πρόταση για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος καθίσταται, είτε η απόκτηση νέου επίγειου εξοπλισμού για να μην υφίστανται καθυστερήσεις είτε, καλύτερος προγραμματισμός των εργασιών από τους ιθύνοντες. Παράλληλα, η απόσταση του Α/Φ από το συνεργείο καθίσταται επίσης σημαντικός παράγοντας μεταβλητότητας της χρονικής εκτέλεσης εξυπηρετήσεων, αν και σε μικρότερο βαθμό. Ενδιαφέρουσα σύσταση, κατά τη γνώμη του γράφοντα, θα αποτελούσε η διαρκής επικοινωνία και συνεννόηση του Πύργου Ελέγχου του Α/Δ με το συνεργείο για την αποτελεσματικότερη κατανομή των Α/Φ με την προσγείωσή τους ή παράλληλα, της αύξησης των συνεργείων εξυπηρέτησης πτήσεων σε διάφορα σημεία του Α/Δ για τη μείωση των μέγιστων αποστάσεων που καλούνται να διανύουν.

Σχετικά με το δεύτερο πειραματικό σχεδιασμό, που σχετίζεται με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του εργαζόμενου προσωπικού που απαρτίζουν το συνεργείο εξυπηρέτησης πτήσεων, εξίσου ενδιαφέροντα στοιχεία προέκυψαν εκ νέου. Πιο συγκεκριμένα, απεδείχθη και διαγραμματικά αλλά κυρίως μέσω στατιστικής ανάλυσης η δυναμική που διέπει την εμπειρία των εργαζομένων έναντι των εργασιακά «νεόκοπων», στη μείωση των χρόνων

εξυπηρέτησης πτήσεων Α/Φ. Βέβαια, ακόμα πιο αποκαλυπτική θα ήτανε μια παράλληλη μελέτη του βαθμού επιτυχίας ανεύρεσης ελαττωμάτων στις επιθεωρήσεις ούτως ώστε να τεκμηριωθεί η αξία της πείρας μέσα από δύο μεταβλητές απόκρισης. Ταυτόχρονα, αναφορικά με τον παράγοντα του επιπέδου εκπαίδευσης, προέκυψε αντίστοιχα σημαντική επίδραση του επιπέδου ως προς τη μείωση της μεταβλητής απόκρισης. Από στατιστική ανάλυση, φαίνεται να κατέχουν το πλεονέκτημα οι εκπαιδευμένοι από σχολές μηχανικών έναντι αυτών που εκπαιδεύτηκαν σε σχολές τεχνικών. Βέβαια, αξίζει να σημειωθεί το μεγάλο χάσμα ηλικίας μεταξύ των εργαζομένων μεταξύ των δύο επιπέδων του παράγοντα, το οποίο πιθανολογείται από τον συγγραφέα ότι επίδρασε αυξητικά στους χρόνους εκτέλεσης πτήσεων στους τεχνικούς. Βέβαια, η ηλικιακή διαφορά σε αρκετούς αεροπορικούς οργανισμούς κρίνεται λογική και αναμενόμενη, λόγω βραδύτερης εξέλιξης των τελευταίων έναντι των μηχανικών. Ενδιαφέρουσα θα ήταν η εκπόνηση μελέτης για την επένδυση των οργανισμών σε μηχανικούς, παρόλο τις μεγαλύτερες απολαβές τους, έχοντας ως αντίβαρο αφενός την εξοικονόμηση χρόνου στις εξυπηρετήσεις Α/Φ και αφετέρου την εργασιακή τους εξέλιξη προς όφελος του οργανισμού στο μεσοπρόθεσμο & μακροπρόθεσμο μέλλον.

Καταληκτικά, αξίζει να σημειωθεί ότι, ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της ΔΕ, καθίσταται η διασύνδεση των πειραμάτων μεταξύ τους. Ο αεροπορικός οργανισμός που θα μελετήσει και θα αποδεχθεί τα συμπεράσματα των εν λόγω πειραματικών σχεδιασμών, μπορεί, λόγου χάρη, να αντιμετωπίσει τις περιόδους μεγάλου όγκου πτήσεων του Α/Δ που είναι υπεύθυνος μέσω της διάθεσης του έμπειρου προσωπικού στις «δύσκολες» βάρδιες και του λιγότερο έμπειρου στις πιο χαλαρές, να εκμεταλλευθεί τα αποτελέσματα του ετέρου πειράματος.

## 5.2. Προτάσεις Μελλοντικής Έρευνας

Σε συνέχεια της παρούσας ΔΕ, αλλά και βάσει της υφιστάμενης διεθνούς αλληλογραφίας, αρκετά ενδιαφέρουσα δύναται να θεωρηθεί η επέκταση του πειραματισμού, όχι μόνο στο τεχνικό κομμάτι της εξυπηρέτησης αλλά ολιστικά. Ειδικότερα, σε ένα πολιτικό αεροδρόμιο το οποίο διαχειρίζεται μεγάλο αριθμό πτήσεων ετησίως, όπως το αεροδρόμιο «Μακεδονία»



στη Θεσσαλονίκη ή το «Ελευθέριος Βενιζέλος» στην Αθήνα, να εκτελεστούν πειράματα σημαντικότητας παραγόντων επίδρασης στο χρόνο εκτέλεσης Turn-Around στα εξής στάδια:

- Την τροχοδρόμηση του Α/Φ έπειτα από την Π/Γ.
- Την αποβίβαση των επιβατών έπειτα από την κράτηση του Αεροκινητήρα.
- Της εκφόρτωσης των αποσκευών των επιβατών από την άτρακτο του Α/Φ.
- Των τεχνικών εργασιών εξυπηρέτησης (Walk-around, Refueling, Servicing).
- Των εργασιών προετοιμασίας της καμπίνας των επιβατών (ανεφοδιασμός από τρόφιμα & καθαρισμός).
- Της φόρτωσης των αποσκευών των επιβατών της επόμενης πτήσης.
- Της επιβίβασης των επιβατών στο Α/Φ.
- Της εκκίνησης και τροχοδρόμησης του Α/Φ προς τον διάδρομο απογείωσης.

Ο ολιστικός πειραματικός σχεδιασμός, επιμέρους ή μη, θα προσδώσει τη δυνατότητα της συνολικής κατανόησης των παραγόντων που επηρεάζουν τους χρόνους εξυπηρέτησης πτήσεων στα συγκεκριμένα αεροδρόμια καθιστώντας μία χρήσιμη βάση δεδομένων για τη βελτιστοποίηση τους μετέπειτα.

Από την άλλη πλευρά, σε επίπεδο συντήρησης υψηλότερης εξειδίκευσης, ενδιαφέρουσα κρίνεται η μελέτη της αποτελεσματικότητας συγκεκριμένων επιθεωρήσεων, που δύναται να ποσοτικοποιηθούν, μέσω ενός πειραματικού σχεδιασμού που θα έχει ως παράγοντες επίδρασης την εμπειρία των τεχνικών, το επίπεδο εκπαίδευσης και τη μέθοδο συντήρησης.

## Αναφορές

(2014, April 10). Retrieved May 11, 2024, from Dreamstime:

<https://www.dreamstime.com/royalty-free-stock-photos-pre-flight-inspection-auckland-nz-apr-crewman-performing-aircraft-airport-to-diagnose-where-possible-rectify-image40426398>

*A Guide to Airport Ramp Layout – Science Behind Ground Markings on Aircraft Stands.*

(2022, July 9). (Aviation Learnings) Retrieved May 8, 2024, from Airport Ramp Safety: <https://aviationlearnings.com/a-guide-to-ramp-layout-science-behind-ground-markings-on-aircraft-stands/>

*Aeroclass.* (2022, November 14). Retrieved April 28, 2024, from Line Maintenance Procedures in Aviation: <https://www.aeroclass.org/aircraft-line-maintenance-procedures/>

Ajith, R. (2023). Aircraft Maintenance Engineering - Digital Notes. India. Retrieved Apr 3, 2024

Atici, U., & Senol, M. B. (2022, March 1). Determining aircraft maintenance times in civil aviation under the learning effect. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 94(8), pp. 1366-1378. doi:10.1108/AEAT-05-2021-0153

Aust, J., Mitrovic, A., & Pons, D. (2021, September 13). Assessment of the effect of Cleanliness on the Visual Inspection of Aircraft Engine Blades: An Eye Tracking Study. *Sensors*, 21(6135), pp. 1-40. doi:<https://doi.org/10.3390/s21186135>

Aust, J., Pons, D., & Mitrovic, A. (2021, December 29). Evaluation of Influence Factors on the Visual Inspection Performance of Aircraft Engine Blades. (D. Ossmann, Ed.) *Aerospace*, 9(18), pp. 1-40. doi:<https://doi.org/10.3390/aerospace9010018>

Chen, G., Fricke, H., Okhrin, O., & Rosenow, J. (2024, October 25). Flight delay propagation inference in air transport networks using the multilayer perceptron. *Flight delay propagation inference in air transport networks using the*, 114(102510), pp. 1-18. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2023.102510>

- Evler, J., Asadi, E., & Fricke, H. (2018). Stochastic Control of Turnarounds at HUB-Airports. *Eighth SESAR Innovation Days, 3rd – 7th December 2018* (pp. 1-9). Dresden: Research Gate.
- Evler, J., Asadi, E., Preis, H., & Fricke, H. (2021, January 14). Airline ground operations: Optimal schedule recovery with uncertain arrival times. *Journal of Air Transport Management*, 91(102021), pp. 1-13.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2021.102021>
- Future Travel Experience*. (2022, September). Retrieved May 08, 2024, from Torino Airport launches zero-emission aircraft turnaround powered by electric fleet:  
<https://www.futuretravelexperience.com/2022/09/torino-airport-launches-zero-emission-aircraft-turnaround-powered-by-electric-fleet/>
- Galarraga, I., Abadie, L. M., Standfuss, T., Ruiz-Gauna, I., & Goicoechea, N. (2024, February 19). An approximation of flights, delays and costs for different forecast scenarios: A backcasting exercise. *Heliyon*, 10, pp. 1-17.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26480>
- Hatzung, S. A., & Welborn, D. B. (2020). *Leveraging Maintainer Experience to Increase Aviation Readiness*. (C. W. Seagren, & W. D. Hatch, Eds.) Monterey, California, United States of America: Naval Post-Graduate School.
- Hrymak, V., & Codd, P. (2021). Improving Visual Inspection Reliability in Aircraft Maintenance. *Proceedings of the 31th European Safety and Reliability Conference* (pp. 1-9). Angers: Technical University of Dublin. doi:10.3850/981-973-0000-00-0esrel2021-paper
- Lange, A., Sieling, J., & Parra, G. G. (2019, March 28). Convergence in airline operations: The case of ground times. *Journal of Air Transport Management*, 77, pp. 39-45.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2019.03.001>
- Malandri, C., Mantecchini, L., & Reis, V. (2019, May 6). Aircraft turnaround and industrial actions: How ground handlers' strikes affect airport airside operational efficiency. *Journal of Air Transport Management*, 79, pp. 23-32.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2019.04.007>

- Manda, V., Chaitanya, & Vidhu. (2017, May 5). AIRCRAFT SERVICING, MAINTENANCE, REPAIR & OVERHAUL – THE CHANGED SCENARIOS THROUGH OUTSOURCING. *International Journal of Research in Engineering and Applied Sciences (IJREAS)*, 7(5), p. 2017. Retrieved March 15, 2024, from <http://www.euroasiapub.org>
- Montgomery, D. C. (2012). *Design and Analysis of Experiments* (8th ed.). Tempe, Arizona State, United States of America: John Wiley & Sons Inc. Retrieved December 23, 2023
- Plass, C. E. (2020). *Simulating Experience in Aviation Maintainers*. (P. L. McDowell, & R. P. Darken, Eds.) Monterey: Naval Post-Graduate School.
- Postorino, M., Mantecchini, L., Malandri, C., & Paganelli, F. (2020, April 1). A methodological framework to evaluate the impact of disruptions on airport turnaround operations: A case study. (M. Postorino, Ed.) *Case Studies on Transport Policy*, 8, pp. 429-439. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cstp.2020.03.007>
- Riley, A., Aardema, B., Vosbury, P., Eiff, M., Frautschy, H., Serkenburg, R., . . . Michmerhuizen, T. (2008). *Aviation Maintenance Technician Handbook*. Washington, United States of America: U.S. Department of Transportation. Retrieved February 14, 2024, from <http://bookstore.gpo.gov>
- Sánchez, J., & Eroles, M. P. (2017, May 12). Causal analysis of aircraft turnaround time for process reliability evaluation and disruptions' identification. *Transportmetrica B: Transport Dynamics*, 6(2), pp. 115-128. doi:<https://doi.org/10.1080/21680566.2017.1325784>
- Scardaoni, M., Magnacca, F., Massai, A., & Cipolla, V. (2021, July 20). Aircraft turnaround time estimation in early design phases: Simulation tools development and application to the case of box-wing architecture. *Journal of Air Transport Management*, 96(102122), pp. 1-14. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2021.102122>

- Schmidt, M. (2017, May 23). A review of aircraft turnaround operations and simulations. *Progress in Aerospace Sciences*(92), pp. 25-38.  
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.paerosci.2017.05.002>
- Spessa, K., & Leone, D. (2016, November 29). *The Aviation Geek Club*. Retrieved May 11, 2024, from Cool photo shows U.S. Air Force crew chief performing a post-flight inspection on an F-16 Fighting Falcon: <https://theaviationgeekclub.com/cool-photo-shows-u-s-air-force-crew-chief-performing-a-post-flight-inspection-on-an-f-16-fighting-falcon/>
- Volt, J., Stojic, S., & Had, P. (2023). Possibilities of quantification of factors influencing the aircraft ground handling process and TOBT prediction. *Transportation Research Procedia*, 75, pp. 68-76. doi:10.1016/j.trpro.2023.12.009
- Wan, C., Zhaoxin, C., Yuxian, D., Yang, L., Ye, P., & Tao, H. (2019). Dynamic Prediction about Turn Around Time of Flight Based on Support Vector Machine Regression. pp. 109-113. Retrieved March 14, 2024
- Williams, W. (1996, May 22). United States Standard Flight Inspection Manual. Washington, United States of America: The Federal Aviation Administration. Retrieved December 28, 2023
- Yasuda, Y. D., Cappabiancoa, F. A., Martins, L. E., & Gripp, J. A. (2022, May 21). Aircraft visual inspection: A systematic literature review. *Computers in Industry*, 141(103695), pp. 1-14. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103695>
- Zhang, S., Li, X., Yuan, X., Liu, J., Peng, J., & Li, D. (2024). Optimising the flight turnaround schedules: An improved sliding time windows approach based on MILP and CP models. *Computers and Operations Research*, 161(106433). doi:<https://doi.org/10.1016/j.cor.2023.106433>
- Γομάτος, Τ. (2019). *Προγραμματισμός Συντήρησης Αεροσκαφών*. (Ν. Ανδρέας, Επιμ.) Πάτρα, Ελλάδα: Πανεπιστήμιο Πατρών. Ανάκτηση Απρίλιος 2, 2024
- Ιωάννης, Κ. (2000). *Βασικά Εργαλεία και Μέθοδοι για τον Έλεγχο της Ποιότητας* (ΔΠΠ 50/2 εκδ., Τόμ. Β'). (Κ. Δημήτρης, Επιμ.) Πάτρα, Ελλάδα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο. Ανάκτηση Απρίλιος 15, 2024

- Καραγρηγορίου, Α., & Καλλιγέρης, Ε. Ν. (2023). *Γραμμικά Μοντέλα και Σχεδιασμός & Ανάλυση Πειραμάτων με εφαρμογές σε R και Minitab*. Ελλάδα: Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. doi:[http:// dx.doi.org / 10.57713/kallipos-70](http://dx.doi.org/10.57713/kallipos-70)
- Καρλέτσος, Γ. (χ.χ.). *Κέντρο Ασφάλειας Πτήσεων και Εδάφους*. Ανάκτηση Απρίλιος 28, 2024, από Πολεμική Αεροπορία: <https://www.haf.gr/staff/flight-ground-safety/publications/>
- Κουτρουβέλης, Ι. (2002). *Προηγμένα Εργαλεία και Μέθοδοι για τον Έλεγχο της Ποιότητας - Σχεδιασμός και Ανάλυση Πειραμάτων* (Τόμ. Β'). (Ι. Κουτρουβέλης, Επιμ.) Πάτρα, Ελλάδα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο. Ανάκτηση Οκτώβριος 5, 2021
- Πολεμική Αεροπορία* . (χ.χ.). (Γενικό Επιτελείο Αεροπορίας) Ανάκτηση Απρίλιος 30, 2024, από Κέντρο Ασφάλειας Πτήσεων και Εδάφους (ΚΕΑΠΕ): <https://www.haf.gr/staff/flight-ground-safety/>

---

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ:

---

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.