

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

Μεταπτυχιακή Εργασία

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ ΚΑΙ  
ΑΝΑΘΕΣΗ ΤΗΣ ΣΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΦΟΡΕΑ**

υπό

**ΧΡΗΣΤΟΥ ΠΙΤΣΙΛΚΑ**

Πτυχιούχου Μηχανικού Αεροσκαφών Σχολής Ικάρων, 1998

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των

απαιτήσεων για την απόκτηση του

Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης

2004

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

Μεταπτυχιακή Εργασία

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ ΚΑΙ  
ΑΝΑΘΕΣΗ ΤΗΣ ΣΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΦΟΡΕΑ**

υπό

**ΧΡΗΣΤΟΥ ΠΙΤΣΙΛΚΑ**

Πτυχιούχου Μηχανικού Αεροσκαφών Σχολής Ικάρων, 1998

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των

απαιτήσεων για την απόκτηση του

Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης

2004



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ**  
**ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 4224/1

Ημερ. Εισ.: 17-12-2004

Δωρεά: Συγγραφέα

Ταξιθετικός Κωδικός: Δ

629.134 6

ΠΙΤ

# ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η Αεροπορική Βιομηχανία αποτελούσε πάντα ένα ιδιαίτερο αναπτυσσόμενο και προηγμένο τεχνολογικά κομμάτι του σύγχρονου κόσμου. Η εξέλιξή της ήταν ραγδαία στον προηγούμενο αιώνα και η βελτιστοποίηση της λειτουργίας της σε κάθε τομέα αυτής αναμφίβολα επιφέρει οικονομικά και κοινωνικά οφέλη.

Ένας πολύ σημαντικός τομέας της Αεροπορικής Βιομηχανίας αποτελεί η συντήρηση των Α/Φ, είτε πρόκειται για την Πολιτική είτε για την Πολεμική Αεροπορία. Το κόστος της συντήρησης και η σημασία της για την αξιοπιστία και ασφάλεια των Α/Φ και κατά συνέπεια των πτήσεων, συνεπάγονται την απαίτηση για ιδιαίτερη προσοχή στον προγραμματισμό και την εκτέλεση αυτής.

Ο προγραμματισμός των πτήσεων μιας αεροπορικής εταιρίας είναι εκείνος που καθορίζει και τον προγραμματισμό της συντήρησης του στόλου των Α/Φ αυτής, λαμβάνοντας υπόψη τις αρχές και την πολιτική συντήρησης που ακολουθείται, και πάντα σε συνάρτηση με τους όρους συνεργασίας με τον φορέα συντήρησης. Έτσι, ο σωστός ή ο καλύτερος δυνατός προγραμματισμός των πτήσεων σε συνδυασμό με την σωστή επιλογή και παρακολούθηση του φορέα συντήρησης συμβάλλουν στην ομαλή και αναπτυσσόμενη λειτουργία της αεροπορικής εταιρίας.

Η πολιτική της μη υποστήριξης από εξωτερικό φορέα σε μια επιχείρηση αποτελούσε συνήθως πρακτική μιας εταιρίας στο παρελθόν, προκειμένου να κερδίσει σημαντικά οφέλη στον ανταγωνισμό της αγοράς. Ωστόσο στο σύγχρονο κόσμο, οι εταιρίες θα πρέπει να ακολουθούν ιδιαίτερη στρατηγική, ώστε να αποκτήσουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα.

Οι επιχειρήσεις στην αεροπορική βιομηχανία θα πρέπει να ανταγωνιστούν σε ένα αρκετά ευρύ φάσμα με στόχο την επιβίωσή τους, την αναγνώριση και την απόκτηση ενός μεριδίου της αγοράς. Έτσι, όσο περισσότερο ανταγωνιστική γίνεται μια επιχείρηση, τόσο περισσότερο αναγκαία γίνεται και η υποστήριξη από κάποιο τρίτο παράγοντα, για λόγους κόστους αλλά και κέρδους σε χρόνο. Οι αυξανόμενες απαιτήσεις στην αεροπορική βιομηχανία έχουν σαν συνέπεια τη δημιουργία μεγαλύτερης πίεσης, η οποία ωθεί τις εταιρίες στην ενασχόλησή τους με τον βασικό πυρήνα των δραστηριοτήτων τους, αναζητώντας υποστήριξη από εξωτερικούς παράγοντες για ένα σημαντικό κομμάτι των εργασιών τους, όπως είναι η συντήρηση, το τμήμα πωλήσεων και το marketing της εταιρίας. Μ' αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η μείωση του κόστους λειτουργίας της εταιρίας, η αύξηση των οικονομικών δυνατοτήτων της, καθώς και όχι άμεσα οικονομικά οφέλη, όπως η μεγαλύτερη ευελιξία και η επικέντρωση στον καθαρά επιχειρησιακό τομέα.

Η ανάθεση των δραστηριοτήτων συντήρησης σε κάποιο εξωτερικό φορέα αποτελεί ιδιαίτερα ελκυστική περίπτωση, ειδικά για εκείνες τις αεροπορικές εταιρίες που δε διαθέτουν για κάποιο συγκεκριμένο τύπο μεγάλο αριθμό Α/Φ, έτσι ώστε να δικαιολογείται το κόστος απόκτησης εκπαιδευμένου προσωπικού, εγκαταστάσεων, εργαλείων και εξοπλισμού που απαιτούνται για την εφαρμογή των λειτουργιών συντήρησης εσωτερικά.

Στην παρούσα εργασία γίνεται μια προσπάθεια προσέγγισης και ανάλυσης των παραπάνω παραγόντων που έχουν θεμελιώδη σημασία για την οργάνωση και επιβίωση μιας αεροπορικής εταιρίας. Το πρόβλημα του προγραμματισμού των πτήσεων σε συνδυασμό με τις δυνατότητες και την ικανότητα ανταπόκρισης του αρμόδιου φορέα συντήρησης απασχολεί σε υπερθετικό βαθμό τις τάξεις τόσο της Πολιτικής όσο και της Πολεμικής αεροπορίας. Επιπλέον, τα κριτήρια επιλογής του φορέα συντήρησης και η παρακολούθηση και αξιολόγηση αυτού, αποτελούν πεδία τα οποία παραμένουν ασαφή και η βαρύτητα των

οποίων επιβάλλει την ανάπτυξή τους. Έτσι, στην συγκεκριμένη εργασία γίνεται μια προσπάθεια καταγραφής αυτών των παραγόντων και αξιολόγησής τους για τη σημαντικότητά τους στην όλη διαδικασία της συντήρησης Α/Φ.

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία είναι οργανωμένη ως εξής:

Στο *Κεφάλαιο 1* αρχικά γίνεται μια ανάλυση της συντήρησης Α/Φ και της σημαντικότητας αυτής στην οργάνωση και λειτουργία μιας αεροπορικής μονάδας. Στη συνέχεια περιγράφονται οι φιλοσοφίες συντήρησης που διέπουν την αεροπορική βιομηχανία και οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη στην χάραξη αυτών. Παρουσιάζονται οι διαφορές στην οργάνωση της συντήρησης Α/Φ ανάμεσα στην Πολιτική και την Πολεμική Αεροπορία και τέλος γίνεται αναφορά στη βαρύτητα και τις συνέπειες της συντήρησης για το κόστος λειτουργίας μιας μονάδας.

Στο *Κεφάλαιο 2* παρουσιάζονται τα αίτια και οι βασικοί λόγοι που οδηγούν μια αεροπορική εταιρία στην ανάθεση της συντήρησης του στόλου των Α/Φ της σε κάποιο εξωτερικό φορέα. Παρουσιάζονται οι διαδικασίες ανάθεσης της συντήρησης Α/Φ και γίνεται μια προσέγγιση των προβλημάτων που προκύπτουν στην όλη διαδικασία τόσο της ανάθεσης όσο και της εκτέλεσης και αξιολόγησης. Ακολουθεί μια ανάλυση των κριτηρίων επιλογής του εκάστοτε φορέα συντήρησης καθώς και της διασφάλισης της ποιότητας των εκτελούμενων εργασιών και θέματα πιστοποίησης με εμπλοκή των αρμοδίων οργανισμών ( Federal Aviation Administration). Τέλος, επισημαίνεται ο ρόλος του τεχνικού προσωπικού και οι παράμετροι που επηρεάζουν το επίπεδο της απόδοσής του στη διαδικασία της συντήρησης.

Στο *Κεφάλαιο 3* αναπτύσσονται δείκτες αποδοτικότητας και αξιολόγησης της συντήρησης Α/Φ. Έτσι, παρουσιάζονται δείκτες που αφορούν τις δυνατότητες του φορέα

συντήρησης και δείκτες γύρω από την αποδοτικότητα αυτού στην ποιότητα εκτέλεσης των εργασιών. Τέλος γίνεται αναφορά στους δείκτες που περιγράφουν την ικανότητα σε θέματα διαχείρισης του φορέα συντήρησης. Σε όλους τους προαναφερθέντες δείκτες γίνεται παραβολή του αντίστοιχου κανονισμού που προκύπτει από τους διεθνείς κανόνες πιστοποίησης και εκτέλεσης των εργασιών.

Στο *Κεφάλαιο 4* γίνεται αναφορά στον προγραμματισμό των πτήσεων των Α/Φ σε συνδυασμό με τους παράγοντες που επηρεάζουν την εκτέλεση του έργου του φορέα συντήρησης. Επισημαίνονται οι περιορισμοί στον προγραμματισμό τη συντήρησης Α/Φ και γίνεται η παρουσίαση ενός θεωρητικού μοντέλου ανάπτυξης προγραμματισμού συντήρησης Α/Φ, όπως αυτό αναπτύχθηκε στην Καναδική αεροπορία, καθώς και οι διάφορες παράμετροι αυτού. Επισημαίνεται η χρήση της προσομοίωσης στην όλη διαδικασία και κάποιων ευρηστικών (heuristics) παραδοχών.

Στο *Κεφάλαιο 5* αναπτύσσεται ένα μοντέλο προγραμματισμού πτήσεων και συντήρησης των Α/Φ μιας Αεροπορικής Μονάδας. Αναλύεται η θεωρητική βάση του μοντέλου και οι παραδοχές που αποτέλεσαν τη βάση του. Με τη χρήση εξισώσεων στα πρότυπα ενός προβλήματος Γραμμικού Προγραμματισμού και την επίλυσή του μέσα από τη γλώσσα μαθηματικού προγραμματισμού (A Modeling Language for Mathematical Programming or AMPL) γίνεται μια απόπειρα επίλυσης του πραγματικά δυναμικού και πολυσύνθετου προβλήματος του προγραμματισμού πτήσεων και συντήρησης Α/Φ.

Κλείνοντας, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά όλους του διδάσκοντες του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και ειδικά τους Δρ. Αθ. Ζηλιασκόπουλο, Δρ. Γ. Σταμπουλή και Δρ. Ι. Μπακούρο οι οποίοι με τις γνώσεις και την εμπειρία τους μου προσέφεραν πολύτιμα εφόδια.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Γ. Λυμπερόπουλο, επιβλέποντα καθηγητή της μεταπτυχιακής εργασίας, καθώς και τον επιστημονικό συνεργάτη του Τμήματος Δρ. Γ. Κοζανίδη οι οποίοι με την πολύτιμη βοήθεια και την αμέριστη υποστήριξή τους, συνέβαλαν σημαντικά στην ολοκλήρωσή της.

*Βόλος, Οκτώβρης 2004*

*Χρήστος Ν. Πιτσιλκάς*



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

### ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ

1.0 Γενικά.....	2
1.1 Φιλοσοφίες συντήρησης Α/Φ.....	3
1.2 Πολιτική συντήρησης Πολιτικής – Πολεμικής Αεροπορίας.....	5
1.3 Συνέπειες της συντήρησης Α/Φ στην λειτουργική τους κατάσταση και το κόστος της Αεροπορικής Εταιρίας.....	8
1.4 Κόστος συντήρησης Α/Φ.....	10
1.5 Συμπεράσματα κεφαλαίου.....	11

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### ΑΝΑΘΕΣΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ Α/Φ ΣΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΦΟΡΕΑ

2.0 Γενικά.....	13
2.1 Βασικά αίτια – λόγοι ανάθεσης συντήρησης Α/Φ σε εξωτερικό φορέα.....	13
2.2 Τάσεις στην ανάθεση συντήρησης σε εξωτερικό φορέα.....	16
2.3 Διαδικασία ανάθεσης συντήρησης Α/Φ σε εξωτερικό φορέα.....	18

2.4 Στάδια απεικόνισης της διαδικασίας ανάθεσης της συντήρησης Α/Φ σε εξωτερικό φορέα.....	21
2.5 Ανάλυση ρόλου Αεροπορικής εταιρίας στην ανάθεση συντήρησης Α/Φ σε εξωτερικό φορέα.....	23
2.6 Κριτήρια επιλογής φορέα ανάθεσης συντήρησης Α/Φ.....	26
2.7 Παρακολούθηση και αξιολόγηση του φορέα παροχής συντήρησης.....	29
2.8 Επίβλεψη από άλλους φορείς.....	31
2.9 Ανάλυση ρόλου επισκευαστικών κέντρων στην ανάθεση συντήρησης Α/Φ σε εξωτερικό φορέα – Διαχείριση του έμψυχου δυναμικού.....	31
2.10 Εκπαίδευση και ικανότητες τεχνικού προσωπικού.....	34
2.11 Χρήση υπεργολαβιών.....	38
2.12 Θέματα διασφάλισης της ποιότητας των εργασιών.....	38
2.13 Συμπεράσματα Κεφαλαίου.....	39

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

#### ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

##### Α/Φ

3.0 Γενικά.....	42
3.1 Δυνατότητες φορέα συντήρησης.....	42
3.2 Αποδοτικότητα λειτουργίας φορέα συντήρησης.....	46
3.3 Αποδοτικότητα διαχείρισης φορέα συντήρησης.....	48

3.4 Κριτήρια αποδοτικότητας αεροπορικών εταιριών με μεγάλο μέγεθος συνεργασίες με φορείς συντήρησης.....	50
3.5 Συμπεράσματα Κεφαλαίου.....	51

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ

4.0 Γενικά.....	55
4.1 Περιορισμοί Προγραμματισμού Συντήρησης Α/Φ.....	57
4.2 Διαδικασία Προγραμματισμού.....	58
4.3 Θεωρητική Ανάπτυξη Μοντέλου Προγραμματισμού Συντήρησης Α/Φ.....	59
4.4 Παράμετροι συστήματος και επιρροή αυτών.....	60
4.5 Βασικές Συνθήκες.....	62
4.6 Δομή Συστήματος Προγραμματισμού Συντήρησης Α/Φ.....	63
4.7 Προτεραιότητες στον προγραμματισμό.....	68
4.8 Ειδικοί έλεγχοι.....	69
4.9 Συμπεράσματα Κεφαλαίου.....	69

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

### ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΠΤΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

#### ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ

5.0 Γενικά.....	72
-----------------	----

5.1 Περιγραφή Μοντέλου Προγραμματισμού Συντήρησης Αεροσκαφών.....	73
5.2 Μαθηματική Μορφοποίηση Μοντέλου Προγραμματισμού Συντήρησης Α/Φ.....	75
5.3 Μοντέλο Προγραμματισμού Συντήρησης Α/Φ με Χρήση της AMPL.....	79
5.4 Εφαρμογές μοντέλου προγραμματισμού πτήσεων και συντήρησης Α/Φ.....	83
5.5 Σχολιασμός και Συμπεράσματα Εφαρμογής Μοντέλου Προγραμματισμού Συντήρησης Αεροσκαφών.....	98
5.6 Προτάσεις για Μελλοντική Βελτίωση.....	100
5.7 Επίλογος.....	102
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	104

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

## ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>Ο</sup>

## ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ

### 1.0 Γενικά

Αντικειμενικός σκοπός της λειτουργίας της συντήρησης σε μια αεροπορική βιομηχανία είναι η παροχή ασφαλών Α/Φ στο ελάχιστο δυνατό κόστος. Η ασφάλεια είναι ο πλέον σημαντικός παράγοντας στην συντήρηση Α/Φ. Από την άλλη, η αεροπορική εταιρία, όντας μια επιχείρηση, έχει πάντα σαν στόχο την ελαχιστοποίηση του κόστους λειτουργίας της.

Κατά τη συντήρηση των Α/Φ, οι αεροπορικές εταιρίες αναπτύσσουν προγράμματα στα οποία εμπεριέχονται όλες εκείνες οι εργασίες που τα καθιστούν ασφαλή και ικανά να αντεπεξέλθουν στις συνθήκες πτήσης. Αυτά τα προγράμματα περιλαμβάνουν τα τρία ακόλουθα αντικείμενα:

- Την ανταπόκριση στις απαιτήσεις ασφάλειας των Α/Φ και της λειτουργικότητας αυτών
- Την ελαχιστοποίηση του ρυθμού αστοχίας κατά τη λειτουργία, μέσα από την προληπτική συντήρηση
- Την ελαχιστοποίηση του κόστους συντήρησης

Αρχικά, τα προγράμματα συντήρησης αναπτύσσονται από τους κατασκευαστές, μέσα από τη χρήση τεχνικών και αναλυτικών εργαλείων. Στη συνέχεια, αυτό το πρόγραμμα συντήρησης γίνεται αποδεκτό από τις αρμόδιες αρχές (FAA/JR), οι οποίες αποφαίνονται για την ορθότητά του πριν αυτό αποδεσμευτεί προς τις ενδιαφερόμενες πλευρές. Τα

προγράμματα συντήρησης εμπεριέχουν όλες εκείνες τις ελάχιστες απαιτήσεις, οι οποίες θα πρέπει να ικανοποιηθούν από το χρήστη προκειμένου να υπάρξει αποτελεσματικότητα και ασφάλεια στη συντήρηση.

Με την πάροδο κάποιου χρονικού διαστήματος, η απόκτηση εμπειρίας από τη χρήση του Α/Φ δίνει τη δυνατότητα βελτίωσης με αναπροσαρμογές του προγράμματος συντήρησης, το οποίο γίνεται έτσι πιο ευέλικτο και οικονομικό. Έτσι, οι διάφοροι χρήστες του αεροσκάφους ή των εξαρτημάτων αυτού είναι δυνατό να προτείνουν την αναθεώρηση της πολιτικής συντήρησης που ακολουθείται γενικά ή σε κάποια επιμέρους τμήματα, με βάση στοιχεία που προκύπτουν και τα οποία αποστέλλονται για έρευνα και συζήτηση στον κατασκευαστικό φορέα. Με βάση την εμπειρία του χρήστη, είναι εφικτή η αναδιάρθρωση του προγράμματος συντήρησης των Α/Φ, με αποτέλεσμα τη μείωση του χρόνου καθήλωσης αυτών κατά τις επιθεωρήσεις, και κατά συνέπεια τον μεγαλύτερο χρόνο πτησιμότητας αυτών που αποφέρει σημαντικό κέρδος.

## **1.1 Φιλοσοφίες συντήρησης Α/Φ**

Οι εργασίες συντήρησης Α/Φ συνήθως εφαρμόζονται σύμφωνα με κύκλους πτήση, ή ώρες πτήσης, ή ημερολογιακές επιθεωρήσεις, οποιοδήποτε έρθει πρώτο, πάντα σε εξάρτηση με τον τύπο του Α/Φ. Οι εργασίες συντήρησης Α/Φ μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις κύριες ομάδες, ανάλογα με τις διαδικασίες τους:

➤ *Φιλοσοφία συντήρησης τύπου “Hard Time”*. Οι εργασίες αυτού του τύπου έχουν προληπτικό χαρακτήρα. Μέχρι το 1960, όλη η αεροπορική συντήρηση ήταν βασισμένη σ’ αυτή τη φιλοσοφία των προληπτικών αντικαταστάσεων. Η συντηρητική αυτή προσέγγιση,

περιλάμβανε την αποσυναρμολόγηση και επιθεώρηση των διαφόρων τμημάτων του Α/Φ σε χρονική στιγμή πολύ πριν την πιθανή αστοχία αυτών.

➤ *Φιλοσοφία συντήρησης τύπου “On condition”*. Η εμπειρία μέσα από την πάροδο των χρόνων στην αεροπορική βιομηχανία έδειξε ότι δεν ήταν απαραίτητη η περιοδική επιθεώρηση κάθε τμήματος του Α/Φ. Επιπλέον, η διασφάλιση της συντήρησης αυτών των τμημάτων μπορούσε να πραγματοποιηθεί και με επιθεώρηση αυτών, χωρίς την αποσυναρμολόγησή τους. Η φιλοσοφία αυτή, η οποία είναι επίσης προληπτική, εφαρμόζεται σε εξαρτήματα περιοδικά και μέσα στο χρόνο αστοχίας τους.

➤ *Φιλοσοφία συντήρησης τύπου “Condition Based Monitoring”*. Σε αντίθεση με τους δυο προηγούμενους τύπους συντήρησης, η φιλοσοφία αυτού είναι διορθωτική και όχι προληπτική. Αφορά εξαρτήματα στα οποία η αστοχία τους δεν παρεμποδίζει τη λειτουργία του συστήματος στο οποίο ανήκουν. Μέσα από ένα σύστημα παρακολούθησης της αξιοπιστίας του συστήματος, παρακολουθείται η απόδοση αυτού, και σε περίπτωση εμπλοκών αυτού, γίνονται διορθωτικές ενέργειες, όπως η αντικατάσταση κάποιων εξαρτημάτων.

Τα διάφορα προγράμματα συντήρησης περιλαμβάνουν και τις τρεις παραπάνω φιλοσοφίες σε κάποια αναλογία. Ωστόσο, το κόστος συντήρησης της κάθε περίπτωσης δίνει κάποιο πλεονέκτημα στις φιλοσοφίες συντήρησης τύπου “On condition” και “Condition based monitoring”. Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει συγκριτικά τις τρεις προαναφερθείσες φιλοσοφίες συντήρησης Α/Φ.



Φιλοσοφία Συντήρησης	Τύπος	Εφαρμογή	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Hard Time	Προληπτική	Απλά εξαρτήματα	Ευκολία στην σχεδίαση και πρόληψη των απαιτήσεων των υλικών	Υψηλό Κόστος
On Condition	Προληπτική	Απλά ή πιο πολύπλοκα εξαρτήματα	Θεωρητικά η χαμηλότερου κόστους διαδικασία συντήρησης	Συνέπειες κόστους από την αστοχία εξαρτήματος
Condition Based Monitoring	Διορθωτική	Ακριβά και πολύπλοκα εξαρτήματα	Βελτιωμένη ποιότητα και μείωση του κόστους	Επενδύσεις σε συστήματα παρακολούθησης της αξιοπιστίας συστημάτων

**Πίνακας 1.1 Φιλοσοφίες Συντήρησης Α/Φ**

## **1.2 Πολιτική Συντήρησης Πολιτικής – Πολεμικής Αεροπορίας**

Η συντήρηση των Α/Φ, τόσο στην πολεμική όσο και στην πολιτική αεροπορία, απορροφά ένα σημαντικό κομμάτι των λειτουργικών εξόδων τους. Οι αεροπορικές δραστηριότητες λαμβάνουν χώρα σε ένα ιδιαίτερα δυναμικό περιβάλλον: η χρήση των Α/Φ, οι ποικίλες διαμορφώσεις, οι περιορισμοί στους διαθέσιμους πόρους και οι επιχειρησιακές απαιτήσεις μεταβάλλονται αρκετές φορές στη διάρκεια μιας πτήσιμης ημέρας. Μέσα σ' αυτό το περιβάλλον, οι διαχειριστές της συντήρησης θα πρέπει να αφομοιώσουν ένα σημαντικό

όγκο τεχνικού πληροφοριακού υλικού προκειμένου να εξασφαλίσουν την υψηλή ποιότητα των Α/Φ εν πτήση.

Η συντήρηση των Α/Φ της πολιτικής αεροπορίας γίνεται μέσω προγραμμάτων στα οποία απουσιάζουν τα επίπεδα συντήρησης. Έτσι, η μεσαία (intermediate) βαθμίδα συντήρησης ουσιαστικά δεν υφίσταται. Συνέπεια αυτού, οι επιθεωρήσεις και επισκευές δομικών τμημάτων του Α/Φ γίνεται σε ένα (περιορισμένο) βαθμό σε ορισμένα αεροδρόμια με τα οποία υπάρχει συνεργασία και δυνατότητα υποστήριξης των εργασιών. Η συντήρηση αυτού του τύπου εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια της νύχτας ώστε το Α/Φ να είναι έτοιμο για πτήση το επόμενο πρωί. Οι επιθεωρήσεις αυτές των δομικών τμημάτων ομαδοποιούνται έτσι ώστε να εκτελείται κάθε φορά ένα συγκεκριμένο «πακέτο» επιθεωρήσεων στο υπόστεγο συντήρησης της γραμμής πτήσεων.

Η συχνότητα εφαρμογής της προγραμματισμένης συντήρησης των Α/Φ της πολιτικής αεροπορίας είναι ένας συνδυασμός των ωρών πτήσης και των απογειώσεων – κύκλων προσγειώσεων και μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε τμήμα που έχει την τεχνική δυνατότητα και τον κατάλληλο εξοπλισμό για την παροχή αυτής. Λειτουργώντας σύμφωνα με τους κανονισμούς που θεσπίζει η FAA (Federal Aviation Administration, οργανισμός θέσπισης διεθνών κανόνων και πολιτικής συντήρησης Α/Φ), υφίστανται τεσσάρων ειδών έλεγχοι – επιθεωρήσεις για κάθε Α/Φ, οι οποίες διαφέρουν ως προς το σκοπό τους, τη διάρκεια και την συχνότητα:

➤ Έλεγχος Τύπου Α ( “A” Check): Η πρώτη σημαντική επιθεώρηση, η οποία εφαρμόζεται κάθε 65-100 ώρες ή περίπου μία φορά την εβδομάδα. Ο έλεγχος αυτός περιλαμβάνει επιθεώρηση όλων των κυρίων συστημάτων, όπως το σύστημα προσγείωσης, τους κινητήρες και τις επιφάνειες ελέγχου.

➤ Έλεγχος Τύπου Β ( “B” Check): Η επόμενη σημαντική επιθεώρηση εφαρμόζεται κάθε 300 – 600 ώρες πτήσης και εμπεριέχει ενδελεχείς οπτικούς ελέγχους καθώς και λίπανση όλων των κινούμενων επιφανειών, όπως είναι οι επιφάνειες κλίσης και το ουραίο πτέρωμα. Εκτός από εξαιρετικές περιπτώσεις τόσο αυτός ο έλεγχος, όσο και ο προηγούμενος πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια της νύχτας, ώστε το Α/Φ να είναι εν ενεργεία την επόμενη μέρα.

➤ Έλεγχοι Τύπου C, D ( “C”, “D” Checks): Πρόκειται για ιδιαίτερα εκτεταμένους ελέγχους οι οποίοι εφαρμόζονται κάθε 1-4 χρόνια αντίστοιχα, και απαιτούν την καθήλωση του Α/Φ για περίπου ένα μήνα κάθε φορά.

Η εφαρμογή των ελέγχων τύπου C, D γίνεται σε τεχνικούς οργανισμούς ειδικά εξοπλισμένους και με την κατάλληλη τεχνογνωσία κι έπειτα από τη σύναψη συμβολαίου με την ενδιαφερόμενη αεροπορική εταιρία. Αντίθετα, οι έλεγχοι τύπου Α, Β είναι μικρής έκτασης και πραγματοποιούνται σε κατάλληλα αεροδρόμια που έχουν τη δυνατότητα παροχής τεχνικής υποστήριξης.

Από την άλλη πλευρά, η Πολεμική Αεροπορία υποστηρίζεται από ένα κλασικό πρόγραμμα συντήρησης τριών επιπέδων , 1<sup>ου</sup> –2<sup>ου</sup> –3<sup>ου</sup> βαθμού (organizational – intermediate – depot level). Τα τρία επίπεδα συντήρησης έχουν ως εξής:

- 1<sup>ος</sup> Βαθμός συντήρησης (Organizational level): Πραγματοποιείται εντός της Μονάδας. Σ’ αυτό το επίπεδο οι εργασίες επικεντρώνονται σε επισκευές, επιθεωρήσεις και αντικαταστάσεις εξαρτημάτων στη Γραμμή Πτήσεων.

- 2<sup>ος</sup> Βαθμός συντήρησης (Intermediate level): Πραγματοποιείται εντός της Μονάδας. Περιλαμβάνει επιθεωρήσεις και επισκευές – αντικαταστάσεις εξαρτημάτων –

συστημάτων των Α/Φ σε πιο εκτεταμένη κλίμακα σε συνάρτηση πάντα με τις δυνατότητες της Μονάδας.

- 3<sup>ος</sup> Βαθμός συντήρησης – Εργοστασιακή συντήρηση (Depot level): Πραγματοποιείται είτε σε εγκαταστάσεις εκτός Μονάδας είτε εντός από ειδικές ομάδες εργασίες. Περιλαμβάνει γενική επισκευή και αντικατάσταση συστημάτων του Α/Φ και των παρελκομένων αυτού.

Όπως διαφαίνεται, οι διαφορές στη φιλοσοφία συντήρησης μεταξύ πολιτικής και πολεμικής αεροπορίας έγκεινται στη διαφορετική φιλοσοφία κατασκευής των αντίστοιχων Α/Φ και του τρόπου χρήσης αυτών. Βασική επίσης παράμετρος είναι ο τρόπος οργάνωσης της συντήρησης στον κάθε φορέα, καθώς τα πολεμικά αεροσκάφη επιχειρούν κυρίως εντός των μονάδων τους με αποτέλεσμα η συντήρησή τους να γίνεται αποκλειστικά εκεί, ενώ τα πολιτικά αεροσκάφη προσγειώνονται σε διάφορα αεροδρόμια ανά τον κόσμο τα οποία θα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα παροχής συντήρησης σε μικρό βαθμό.

Ωστόσο, θα πρέπει να επισημανθεί ότι, ανεξάρτητα από τις όποιες διαφορές στην πολιτική συντήρησης δεν παύουν να ισχύουν οι απαραίτητες αρχές ασφάλειας και αξιοπιστίας σε κάθε περίπτωση.

### **1.3 Συνέπειες της συντήρησης Α/Φ στην λειτουργική τους κατάσταση και το κόστος της αεροπορικής εταιρίας**

Η συντήρηση Α/Φ έχει σημειώσει σημαντικά βήματα ανάπτυξης με ευεργετικές επιδράσεις στην αεροπορική βιομηχανία. Τα πλεονεκτήματα αυτά συνοψίζονται σε:

- *Μείωση του κόστους συντήρησης.* Αυτό έχει επιτευχθεί μέσα από βελτιώσεις στις διαδικασίες συντήρησης. Έτσι, τόσο η φιλοσοφία συντήρησης “On condition” όσο και η “Condition based monitoring”, είναι χαμηλότερου κόστους από την τύπου “Hard time”. Η εισαγωγή τους έχει μειώσει σημαντικά την αναλογία της συντήρησης “Hard time” στα προγράμματα συντήρησης.

- *Μείωση του χρόνου καθήλωσης του Α/Φ στο έδαφος.* Η καθήλωση του Α/Φ στο έδαφος για λόγους συντήρησης είναι ιδιαίτερα σημαντική στην αεροπορική βιομηχανία. Η μείωση αυτού του χρόνου σημαίνει την αύξηση του χρόνου πτήσης του Α/Φ με τα αναμενόμενα οφέλη για την εταιρία. Αυτό έχει επιτευχθεί μέσα από την βελτιστοποίηση των προγραμμάτων συντήρησης σε συνδυασμό με την εμπειρία της εκάστοτε εταιρίας. Έτσι, για παράδειγμα ένα τυπικός χρόνος συντήρησης 250 ωρών πτήσης για ένα συγκεκριμένο τύπο Α/Φ, μπορεί να ανέλθει στις 300-350 ώρες πτήσης με τη βελτιστοποίηση της πολιτικής συντήρησης που ακολουθείται.

- *Αύξηση της αξιοπιστίας του Α/Φ.* Η αξιοπιστία ενός Α/Φ ορίζεται σαν η ικανότητα του αυτού να είναι σε κατάσταση λειτουργίας καλύπτοντας ορισμένους περιορισμούς σε συγκεκριμένο χρόνο. Αυτό επιτυγχάνεται μέσα από την υψηλού επιπέδου συντήρηση η οποία παρέχεται στα Α/Φ.

Αναμφισβήτητα, η αεροπορική συντήρηση έχει αναπτυχθεί σημαντικά όσον αφορά τους τρεις παραπάνω παράγοντες. Ωστόσο, συνέπεια αυτών είναι ότι οι αεροπορικές εταιρίες θα πρέπει να αυξήσουν τις επενδύσεις τους σε ανθρώπινο δυναμικό, εγκαταστάσεις και εξοπλισμό.

Επίσης, οι αεροπορικές εταιρίες θα πρέπει να διασφαλίζουν ότι ο στόλος των Α/Φ τους διατηρείται σε πολύ καλή κατάσταση, με στόχο την αυξημένη χρήση αυτού. Ένα καλό

πρόγραμμα συντήρησης διασφαλίζει την ετοιμότητα και αυξημένη διαθεσιμότητα των Α/Φ. Η αξιολόγηση ενός τέτοιου προγράμματος μπορεί να γίνει μέσα από την μελέτη του χρόνου καθήλωσης για συντήρηση των Α/Φ και του χρόνου μεταξύ των διαστημάτων για συντήρηση.

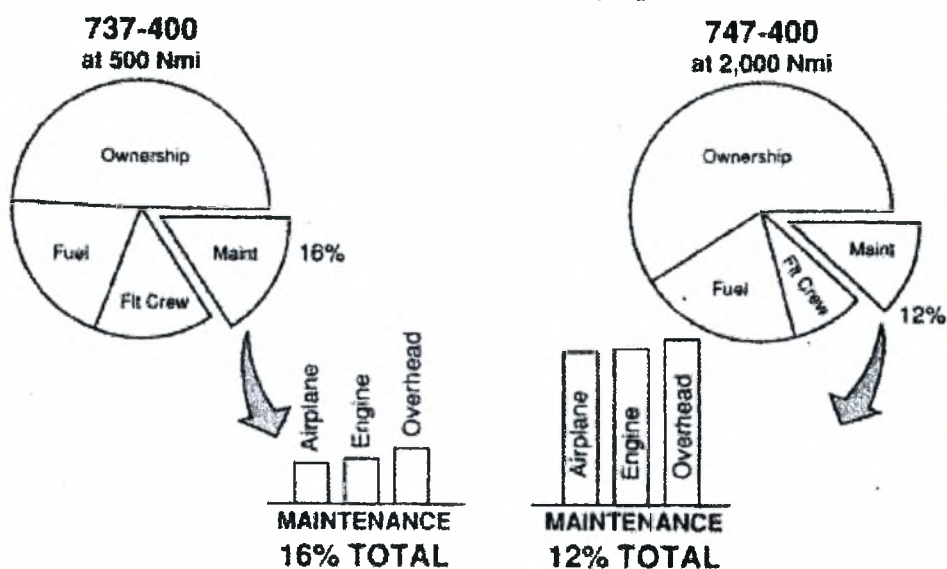
#### **1.4 Κόστος συντήρησης Α/Φ**

Αναμφίβολα η λειτουργία μιας αεροπορικής εταιρίας συμβαδίζει με εκείνη μιας οποιασδήποτε εταιρίας η οποία έχει σαν αντικειμενικό της σκοπό την αύξηση του κέρδους της. Οι παράμετροι που επηρεάζουν το κόστος λειτουργίας μιας αεροπορικής εταιρίας συνοψίζονται στο κόστος του προσωπικού και συντήρησης των εγκαταστάσεών της, το κόστος υγρών καυσίμων, το κόστος απόκτησης του στόλου των Α/Φ και ανανέωσης αυτού και το κόστος συντήρησής του.

Το κόστος συντήρησης του στόλου των Α/Φ μιας αεροπορικής εταιρίας αντιστοιχεί σε ποσοστό στο 10 – 15 % του συνολικού κόστους λειτουργίας της. Αυτό υποδιαιρείται ισοδύναμα στα δομικά μέρη του Α/Φ, τους κινητήρες και τις γενικές επισκευές εξαρτημάτων. Σημαντική παράμετρος στο κόστος συντήρησης αποτελεί ο τύπος του Α/Φ όπως φαίνεται και στο ακόλουθο σχήμα, όπου προκύπτει ότι το κόστος συντήρησης μεταβάλλεται από 16 % στο σύνολο του λειτουργικού κόστους της εταιρίας για ένα Boeing 737 σε 12 % για ένα Boeing 747.

## OPERATING COSTS AIRPLANE RELATED

### MAINTENANCE COSTS



Σχήμα 1.1 Κόστος συντήρησης Α/Φ

### 1.5 Συμπεράσματα Κεφαλαίου

Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρθηκαν γενικές αρχές που διέπουν τη συντήρηση των Α/Φ. Έτσι, αναλύθηκαν οι φιλοσοφίες συντήρησης που κατευθύνουν τους οργανισμούς συντήρησης και η σημασία τους στην λειτουργία των αεροπορικών εταιριών. Έπειτα παρουσιάστηκαν η δομή της οργάνωσης συντήρησης τόσο της Πολιτικής όσο και της Πολεμικής Αεροπορίας και οι διαφορές τους και, κλείνοντας δόθηκε η διάσταση του κόστους στη σημασία της συντήρησης για τη λειτουργία ενός αεροπορικού οργανισμού, παρουσιάζοντας διάφορα στοιχεία.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### ΑΝΑΘΕΣΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ Α/Φ ΣΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ

#### ΦΟΡΕΑ



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>Ο</sup>

### ΑΝΑΘΕΣΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ Α/Φ ΣΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΦΟΡΕΑ

#### 2.0 Γενικά

Αρχικά, η συντήρηση του αεροπορικού στόλου αποτελούσε παράγοντα υψηλού κόστους για τις εκάστοτε αεροπορικές εταιρίες. Αρκετές από αυτές ανέπτυξαν κατά καιρούς τις δικές τους εγκαταστάσεις συντήρησης. Η εφαρμογή της συντήρησης περιελάμβανε από απλού τύπου επιθεωρήσεις ( “Α” Check), έως και «βαριά» συντήρηση. Οι λόγοι αυτού του εγχειρήματος στηρίζονταν στη φιλοσοφία ότι η λειτουργία της συντήρησης ήταν θεμελιώδης για την υψηλής αποτελεσματικότητας λειτουργία της αεροπορικής εταιρίας, με αποτέλεσμα τις μεγάλες επενδύσεις σε τεχνικό προσωπικό, εγκαταστάσεις και εξοπλισμό.

Στο σύγχρονο κόσμο, η συντήρηση των Α/Φ δεν αποτελεί πλέον τμήμα του πυρήνα λειτουργίας μιας αεροπορικής εταιρίας. Οι διαδικασίες συντήρησης αποτελούν ξεχωριστό κομμάτι, το οποίο η εταιρία αναθέτει σε κάποιο εξωτερικό φορέα για την υλοποίησή του.

#### 2.1 Βασικά αίτια - Λόγοι ανάθεσης συντήρησης Α/Φ σε εξωτερικό φορέα

Οι αεροπορικές εταιρίες συχνά στηρίζονται σε ένα τρίτο παράγοντα παροχής εργασιών συντήρησης στα Α/Φ. Το σημαντικό κόστος συντήρησης των Α/Φ μιας αεροπορικής εταιρίας, οι ιδιαίτερα υψηλές απαιτήσεις σε επενδύσεις εξοπλισμού και εγκαταστάσεων και οι ανάγκη κάλυψης σε εργατικό δυναμικό, το οποίο πολλές φορές πρέπει να είναι ειδικά εκπαιδευμένο, καθιστούν σε ένα μεγάλο αριθμό αεροπορικών εταιριών

αναγκαία την αναζήτηση εξωτερικού φορέα για τη συντήρηση των Α/Φ. Ο όγκος της συντήρησης που γίνεται με αυτό τον τρόπο ποικίλει από τη γενική επισκευή ενός κινητήρα μέχρι την εφαρμογή ενός D check σε ένα επιβατικό αεροσκάφος.

Η τάση για αναζήτηση ενός τρίτου παράγοντα παροχής συντήρησης είναι αρκετά δελεαστικός για διάφορους λόγους. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση μια αεροπορικής εταιρίας, η οποία δεν έχει σημαντικό αριθμό Α/Φ ενός τύπου ώστε να δικαιολογήσει το κόστος απόκτησης εκπαιδευμένου προσωπικού, εγκαταστάσεων, εργαλείων, απαιτούμενου εξοπλισμού για ελέγχους προκειμένου να εκτελέσει τις εργασίες συντήρησης στο εσωτερικό της. Έτσι εφαρμόζοντας τη συντήρηση σε κάποιο εξωτερικό φορέα γίνεται ουσιαστική αποσόβηση κόστους. Είναι φυσικό ένας τέτοιος φορέας παροχής συντήρησης να έχει ένα σημαντικό αριθμό ανάλογων συμβολαίων και ένα σημαντικό όγκο εργασιών ο οποίος του επιτρέπει την ολοκλήρωση εργασιών σε αρκετά μικρότερο κόστος. Επιπρόσθετα, η εκτέλεση ενός ελέγχου σε ταχύτερους ρυθμούς από ότι στην περίπτωση μια εταιρίας που λειτουργεί υπό την πίεση της εκτέλεσης των πτήσεων, αποτελεί ουσιαστικό παράγοντα αναζήτησης εξωτερικού φορέα για τη συντήρηση των Α/Φ.

Βασικό αντικείμενο αυτής της αναζήτησης αποτελούν τα κριτήρια επιλογής αυτού του φορέα που θα παρέχει τη συντήρηση, η παρακολούθηση αυτής και η αξιολόγηση του φορέα συντήρησης. Η έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί σε εταιρίες που παρέχουν υπηρεσίες συντήρησης Α/Φ έχει επικεντρωθεί σε πληροφορίες γύρω από τις εργαστηριακές εγκαταστάσεις, το management, κανόνες πιστοποίησης, έλεγχο ποιότητας και διαδικασίες εξασφάλισης αυτής, καθώς και την ύπαρξη πιθανών subcontractors.

Η ανάθεση της συντήρησης των Α/Φ σε εξωτερικό φορέα ακολουθεί ένα αυξανόμενο ρυθμό, ενώ ανάλογη είναι και η αύξηση του αριθμού των φορέων. Έτσι, από μια έρευνα που έγινε στις ΗΠΑ το 1997, προκύπτει ότι το 50 % της εφαρμοζόμενης συντήρησης γίνεται σε

εξωτερικούς φορείς, δημιουργώντας ένα εξαιρετικά ανταγωνιστικό περιβάλλον μέσα στο χώρο αυτού του τύπου της βιομηχανίας. Εξάλλου, παρότι η μείωση του κόστους συντήρησης αποτελεί αρχικό κίνητρο για συντήρηση σε εξωτερικό φορέα, η ποιότητα των εκτελούμενων εργασιών είναι ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας στην επιλογή του αρμόδιου φορέα. Η χαμηλή ποιότητα συντήρησης και επισκευής έχει σα συνέπεια την μειωμένη αξιοπιστία του Α/Φ, η οποία σε σύντομο χρονικό διάστημα θα υπερκεράσει τα οφέλη από το χαμηλό κόστος συντήρησης.

Κατά την ανάθεση εκτέλεσης επιθεωρήσεων σε ένα τρίτο φορέα συντήρησης, η εταιρία στην οποία ανήκει το Α/Φ είναι υπεύθυνη για τη συμμόρφωση του φορέα συντήρησης στην δική της πολιτική, τις διαδικασίες και απαιτήσεις επιθεωρήσεων. Έτσι, κάθε αεροπορική εταιρία επιβλέπει το σύνολο των εργασιών μέσω ενός τμήματός της το οποίο συνδέεται άμεσα με τον διεθνή οργανισμό FAA.

Μερικοί από τους βασικούς λόγους που οδηγούν μια εταιρία στην ανάθεση της συντήρησης του στόλου Α/Φ της σε κάποιο εξωτερικό φορέα είναι:

- Ανάγκη ικανοποίησης των απαιτήσεων για συντήρηση των Α/Φ πέρα από τις δυνατότητες της εταιρίας
- Αναζήτηση εξωτερικού φορέα συντήρησης για συγκεκριμένο τύπο Α/Φ
- Αναζήτηση εξωτερικού φορέα συντήρησης για συγκεκριμένο σύστημα του Α/Φ, όπως είναι η γενική επισκευή των κινητήρων

Κάποιοι παράγοντες, που θα αναλυθούν περισσότερο παρακάτω, με κριτήρια τους οποίους γίνεται η επιλογή του φορέα που θα παρέχει την συντήρηση των Α/Φ, είναι οι ακόλουθοι:

- Οι δυνατότητες του σταθμού συντήρησης, η εργαστηριακή του ποιότητα, η αξιοπιστία του κλπ
- Η τοποθεσία των εγκαταστάσεών του

## **2.2 Τάσεις στην ανάθεση συντήρησης σε εξωτερικό φορέα**

Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του '70, η πολιτική που επικρατούσε ήταν η συντήρηση των Α/Φ να εκτελείται από τις ιδιοκτήτριες εταιρίες. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση στην ανάθεση συντήρησης σε κάποιο τρίτο φορέα. Έτσι, οι σύγχρονες τάσεις που επικρατούν είναι η συντήρηση χαμηλού επιπέδου ( επίπεδο γραμμής πτήσεων), να εφαρμόζεται εσωτερικά στις αεροπορικές εταιρίες ώστε να υπάρχει ευελιξία στην ανταπόκριση των απαιτήσεων της συντήρησης μικρού μεγέθους, ενώ η βαριά συντήρηση και οι γενικές επισκευές ανατίθενται σε εξωτερικούς φορείς, καθώς απαιτούν ιδιαίτερα υψηλό κόστος εξοπλισμού και εξειδικευμένο προσωπικό. Κατά συνέπεια, ελάχιστες είναι πια οι εταιρίες που εκτελούν οι ίδιες την συντήρηση μεγάλου βαθμού των Α/Φ τους, ενώ από την άλλη σημειώνεται μια συνεχής ανάπτυξη στη βιομηχανία που εκτελεί βαριά συντήρηση. Η ανάθεση σε εξωτερικό φορέα της συντήρησης των Α/Φ είναι ιδιαίτερα ελκυστική σε μικρές αναπτυσσόμενες εταιρίες, για τις οποίες η απόκτηση και διατήρηση πλήρους εξοπλισμού και ολοκληρωμένου και εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού είναι σχεδόν ανέφικτα.

Στην παγκόσμια αγορά που αφορά τη συντήρηση και τις γενικές επισκευές Α/Φ, τα ποσά που διακινούνται εκτιμώνται στα 25-30 δισεκατομμύρια δολάρια. Το απόθεμα της εφοδιαστικής αλυσίδας στην αεροπορική βιομηχανία ξεπερνά σε αξία τα 50 δισεκατομμύρια δολάρια. Ο πίνακας 2.1 παρουσιάζει τα ποσά που ξοδεύονται στην συντήρηση από εξωτερικό φορέα από τις δέκα μεγαλύτερες αεροπορικές εταιρίες ετησίως για τα έτη 1996-2000. Στον

πίνακα 2.2 παρουσιάζεται το ποσοστό στο οποίο αντιστοιχούν αυτά τα ποσά σε σχέση με το συνολικό κόστος συντήρησης για την ίδια περίοδο.

Κατά τον υπολογισμό του πραγματικού κόστους συντήρησης οι αεροπορικές εταιρίες λαμβάνουν υπόψη πέρα από τα κόστη εξοπλισμού, προσωπικού και ανταλλακτικών , το κόστος των συνεπειών λειτουργικότητας της συντήρησης, με αντίκτυπο στην διαθεσιμότητα των Α/Φ και την μη ικανοποίηση των πελατών, και έχουν να κάνουν με τεχνικές παραλείψεις. Στην πραγματικότητα, οι απαιτήσεις των αεροπορικών εταιριών όσον αφορά τη συντήρηση δεν καθορίζονται με γνώμονα το χαμηλό κόστος αλλά κυρίως με κριτήριο την ποιότητα εργασίας και παροχής υπηρεσιών. Επίσης, σημαντικοί παράγοντες είναι ο χρόνος καθήλωσης του Α/Φ, η εμπειρία στην τεχνική υποστήριξη και η εξασφάλιση της αξιοπιστίας και μέγιστης εκμετάλλευσης του Α/Φ.

Πίνακας 2.1

	Outsourced Maintenance Expenditures (millions of dollars)	Change
1996	1,657	
1997	1,901	+ 14.8%
1998	2,272	+ 19.5%
1999	2,569	+ 13.1%
2000	2,524	- 1.8%

\*The ten major U.S. air carriers include American Airlines, Alaska Airlines, America West Airlines, Continental Airlines, Delta Airlines, Northwest Airlines, Southwest Airlines, Trans World Airlines, United Airlines, and USAirways.

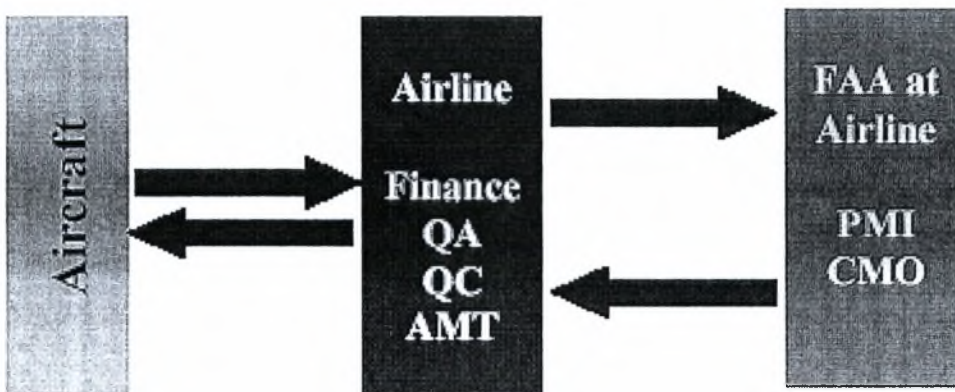
**Πίνακας 2.2**

	Outsourced Maintenance Expenditures (millions of dollars)	Total Maintenance Expenditures (millions of dollars)	Proportion of Maintenance Expenditures Spent on Outsourced Services
1996	1,657	6,855	24.2%
1997	1,901	7,806	24.4%
1998	2,272	8,415	27.0%
1999	2,569	8,814	29.2%
2000	2,524	9,110	27.7%

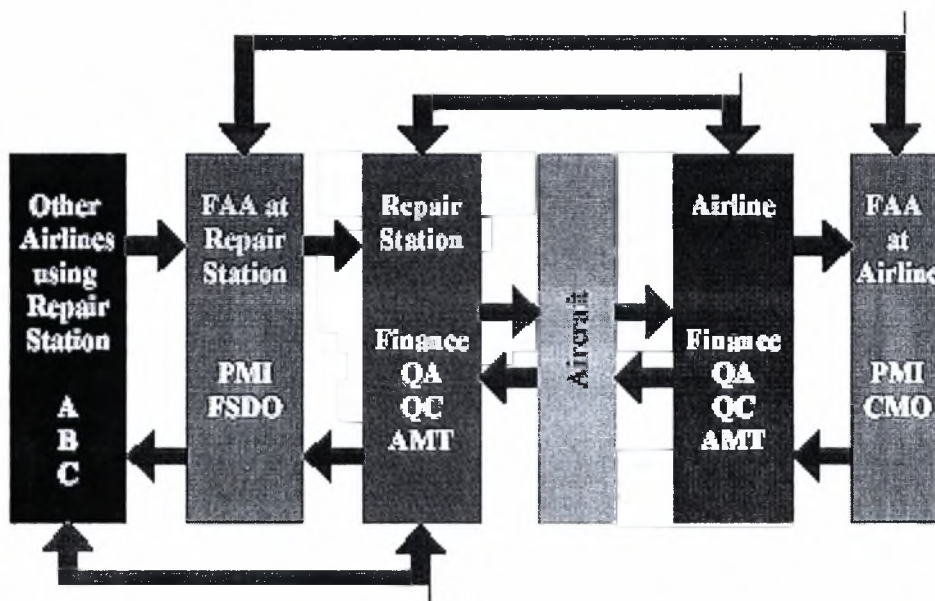
\*The ten major U.S. air carriers include American Airlines, Alaska Airlines, America West Airlines, Continental Airlines, Delta Airlines, Northwest Airlines, Southwest Airlines, Trans World Airlines, United Airlines, and USAirways.

### **2.3 Διαδικασία ανάθεσης συντήρησης Α/Φ σε εξωτερικό φορέα**

Στα διαγράμματα που ακολουθούν περιγράφεται η ροή πληροφορίας και η διαδικασία συντήρησης Α/Φ τόσο από το εσωτερικό μια εταιρίας, όσο και στη περίπτωση ανάθεσης σε τρίτο φορέα.



*Σχήμα 2.1 Διαδικασία συντήρησης στο εσωτερικό της εταιρίας*



*Σχήμα 2.2 Διαδικασία συντήρησης Α/Φ με ανάθεση σε εξωτερικό φορέα*

Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτει η αυξημένη πολυπλοκότητα στην περίπτωση που η αεροπορική εταιρία επιλέγει την ανάθεση της συντήρησης του στόλου της σε κάποιο τρίτο φορέα. Τα κανάλια επικοινωνίας μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων γίνονται αρκετά περίπλοκα, με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη πιθανότητα λάθους. Αναμφισβήτητα, η επιλογή της ανάθεσης τη συντήρησης σε κάποιο εξωτερικό παράγοντα κρύβει αυξημένη πιθανότητα λαθών, κάτι που σχεδόν εκλείπει όταν οι επιθεωρήσεις πραγματοποιούνται στο εσωτερικό της εταιρίας.

Επιπρόσθετα, έχει διαπιστωθεί ότι η ροή πληροφοριών και εγγράφων αποτελεί σημαντικό ανασταλτικό παράγοντα στα επισκευαστικά κέντρα. Ο λόγος έγκειται στο ότι αντιμετωπίζουν ένα μεγάλο αριθμό πελατών, κάτι που αναγκάζει τους τεχνικούς αυτών των κέντρων να έχουν να κάνουν με διάφορες πολιτικές συμπλήρωσης των εντύπων συντήρησης

και των καρτών εργασίας. Τα κέντρα συντήρησης είναι υποχρεωμένα να έχουν το δικό τους γενικό εγχειρίδιο συντήρησης και συμπλήρωσης των εντύπων αυτής, ωστόσο θα πρέπει να είναι σε θέση να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις του πελάτη, του οποίου η πολιτική σε ότι αφορά τα έντυπα συντήρησης πιθανά διαφέρει. Έτσι, στην προσπάθειά τους να ανταπεξέλθουν σε ένα διαφορετικό αριθμό πελατών, οι αρμόδιοι τεχνικοί αντιμετώπισαν προβλήματα γύρω από τη συμπλήρωση καρτών εργασίας όσον αφορά στην καταγραφή της ροής των διαδικασιών, την πρόοδο αυτών, το επίπεδο της λεπτομερούς καταγραφής κλπ. Η συνεχής διαφοροποίηση στον τρόπο εργασίας των τεχνικών προκειμένου πάντα να ικανοποιηθεί ο πελάτης, είναι πιθανό να οδηγήσει σε λανθασμένα αποτελέσματα. Είναι χαρακτηριστικό ότι ένας σημαντικός αριθμός εταιριών συντήρησης έχουν δημιουργήσει τμήματα τα οποία δίνουν κατευθύνσεις και καθοδηγούν το τεχνικό προσωπικό με βάση τις ιδιαιτερότητες του εκάστοτε πελάτη.

Ένα ποσοστό επισκευαστικών κέντρων, στην προσπάθεια αντιμετώπισης αυτού του προβλήματος, επέλεξε τον ορισμό συγκεκριμένων ομάδων τεχνικών που θα απασχολούνταν αποκλειστικά με μια αεροπορική εταιρία, ώστε να εξοικειωθούν με την πολιτική αυτής, κάτι που μπορεί να μείωσε την πιθανότητα λάθους, ωστόσο περιόρισε την περαιτέρω εκπαίδευση του προσωπικού και δεν κατέστη εμπορικά εφικτό, λόγω της δυναμικότητας που επικρατεί στη συντήρηση των Α/Φ.

Εξάλλου, η αυξημένη τάση για ανάθεση της συντήρησης Α/Φ σε εξωτερικό φορέα, οδηγεί στην αναγκαιότητα μιας κοινής πολιτικής όσον αφορά στα έντυπα συντήρησης και την παρακολούθηση αυτής για όλες τις αεροπορικές εταιρίες, καθώς τα παρατηρούμενα λάθη λαμβάνονται σαν αδυναμίες των κέντρων συντήρησης. Επιπλέον, η εγκατάσταση σ' αυτά τα κέντρα κάποιων εκπροσώπων των εταιριών και συνεχής παρακολούθηση από αυτούς των διαδικασιών συντήρησης με πιθανές παρεμβάσεις, μπορούν να παίξουν καθοριστικό ρόλο,



αρκεί ο ρόλος τους να είναι η αυξημένη ποιότητα των εργασιών και όχι η ανούσια διατύπωση παραπόνων.

Πέρα από αυτά, τα κέντρα συντήρησης πολλαπλών τύπων Α/Φ αντιμετωπίζουν και άλλα προβλήματα, τα οποία έχουν να κάνουν με την πιθανή έλλειψη σε αποθέματα κάποιων τμημάτων του Α/Φ αλλά και την απουσία ειδικών εργαλείων, τα οποία αντιμετωπίζονται χωρίς σημαντικές συνέπειες για την εταιρία..

## **2.4 Στάδια απεικόνισης της διαδικασίας ανάθεσης της συντήρησης Α/Φ σε εξωτερικό φορέα**

Η διαδικασία χαρτογράφησης της πλήρους διαδικασίας με την οποία μια αεροπορική εταιρία αναθέτει σε ένα εξωτερικό φορέα τη συντήρηση του στόλου των Α/Φ της, περιλαμβάνει τέσσερα στάδια:

- Πληροφορίες γύρω από την ενδιαφερόμενη αεροπορική εταιρία, το μέγεθός της, την πολιτική του τμήματος συντήρησης αυτής, και ειδικότερα το ποσοστό της συντήρησης που ανατίθεται σε εξωτερικούς φορείς, το είδος και τον τύπο των φορέων που επιλέγονται γι' αυτό.
- Κριτήρια επιλογής του εξωτερικού φορέα. Το στάδιο αυτό επικεντρώνεται στον τρόπο που οι αεροπορικές εταιρίες επιλέγουν τους πιθανούς φορείς συντήρησης των Α/Φ τους και πως συνάπτονται τα συμβόλαια.
- Παρακολούθηση και αξιολόγηση του εξωτερικού φορέα συντήρησης. Σ' αυτό το στάδιο περιλαμβάνονται τα σημεία που η αεροπορική εταιρία παρακολουθεί σε ότι αφορά

την απόδοση του φορέα συντήρησης. Επιπρόσθετα, εδώ παρέχονται πληροφορίες γύρω από τη σύναψη και τους όρους των συμβολαίων που υπογράφονται.

- Επίβλεψη από άλλους φορείς. Αυτό το στάδιο έχει να κάνει με τη συσχέτιση της αεροπορικής εταιρίας με άλλους οργανισμούς, όπως είναι ο FAA ή άλλα συγκροτήματα βιομηχανιών, και την εμπλοκή τους στη διαδικασία.

Όσον αφορά τα επισκευαστικά κέντρα, έξι είναι εκείνοι οι παράγοντες που σχετίζονται με την όλη διαδικασία:

- Το ίδιο το επισκευαστικό κέντρο και πληροφορίες γύρω από τη δομή του.
- Θέματα διαχείρισης του έμψυχου δυναμικού. Αυτός ο παράγοντας έχει να κάνει με την οργάνωση του φορέα συντήρησης και με το εργατικό δυναμικό αυτού.
- Θέματα πιστοποίησης και κανονισμών. Εδώ τίθεται το θέμα της διασφάλισης τήρησης των κανονισμών του FAA και των απαιτήσεων του πελάτη, σύμφωνα και με τον κανονισμό CFR Part 145, από τον φορέα συντήρησης.
- Διαμόρφωση σχέσεων με τους πελάτες. Αυτό το στάδιο επικεντρώνεται στη σύναψη των συμβολαίων και τη ροή των πληροφοριών και το είδος αυτών μεταξύ πελάτη και εταιρίας.
- Χρήση τρίτων φορέων υποστήριξης στη συντήρηση. Εδώ έχουμε ότι έχει να κάνει με τις πολιτικές χρήσης άλλων παραγόντων που υποστηρίζουν την παροχή τεχνικής υποστήριξης.
- Θέματα ελέγχου ποιότητας. Αφορά τη διασφάλιση της ποιοτικής εκτέλεση των εργασιών και τον έλεγχο αυτής για την πλευρά του πελάτη.

## 2.5 Ανάλυση ρόλου αεροπορικής εταιρίας στην ανάθεση συντήρησης Α/Φ

### σε εξωτερικό φορέα

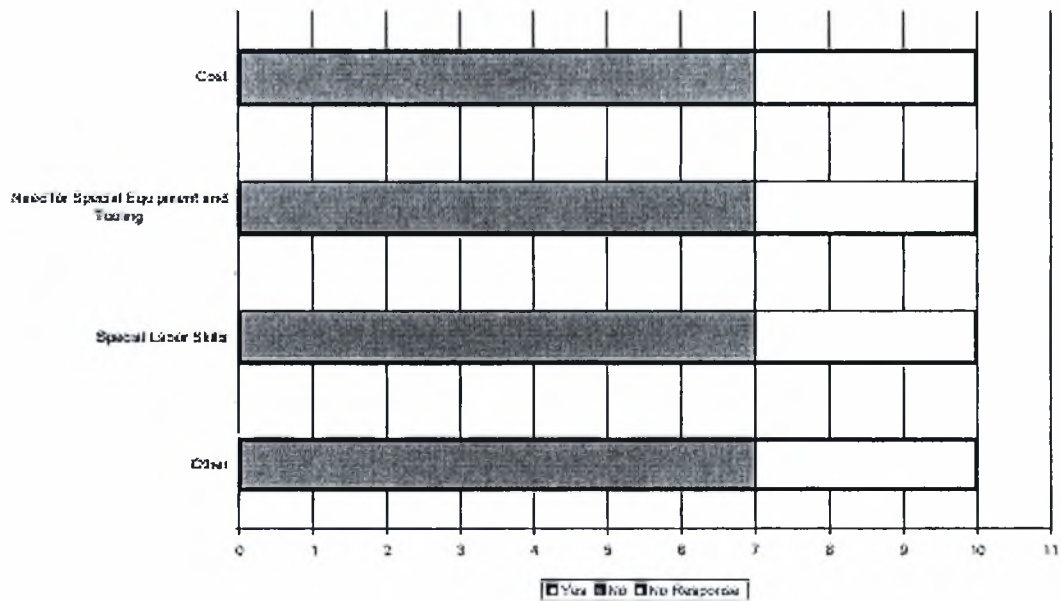
Κύριος σκοπός της ανάλυσης του ρόλου της αεροπορικής εταιρίας στην ανάθεση συντήρησης Α/Φ σε εξωτερικό φορέα είναι ο καθορισμός των κριτηρίων που χρησιμοποιούν στην επιλογή αυτού του φορέα. Με βάση αυτά τα κριτήρια καθίσταται δυνατός ο προσδιορισμός της απόδοσης και αξιολόγησης της ποιότητας των εργασιών που εκτελούνται από τον αρμόδιο φορέα συντήρησης.

Ένα σημαντικό ποσοστό των αεροπορικών εταιριών αναθέτει τη συντήρηση είτε κάποιων εξαρτημάτων είτε τη γενική επισκευή ολόκληρων συγκροτημάτων σε κάποιο εξωτερικό φορέα. Αν και το κόστος αποτελεί ένα βασικό παράγοντα αυτής της πολιτικής, ωστόσο τελικά συμβάλλουν σ' αυτή κι άλλοι οι οποίοι παρουσιάζονται στο διάγραμμα του σχήματος 2.3, σε ένα σύνολο δέκα αεροπορικών εταιριών.

Δύο τέτοιοι παράγοντες είναι η αξιοπιστία και η προσήλωση στην ποιοτική εκτέλεση του προγράμματος εργασιών. Έτσι, προκύπτει ότι το κόστος από τη χαμηλή αξιοπιστία ενός μη ικανοποιητικά συντηρημένου Α/Φ είναι πολύ μεγαλύτερο από το κόστος ποιοτικής εκτέλεσης της επιθεώρησης αυτού. Άλλοι παράγοντες κόστους είναι γύρω από τις εργαστηριακές δυνατότητες και τον ειδικό εξοπλισμό. Τα μεγάλα επισκευαστικά κέντρα έχουν τις απαραίτητες ειδικές εγκαταστάσεις για την εκτέλεση ειδικών εργασιών και τα ειδικά εργαλεία για επιθεωρήσεις που αφορούν γενικές επισκευές. Ωστόσο, το κόστος όλων αυτών καθίσταται αρκετές φορές απαγορευτικό στις περιπτώσεις νεοαναπτυσσόμενων αεροπορικών εταιριών. Επιπλέον, οι φορείς συντήρησης έχουν τη δυνατότητα ολοκλήρωσης των εργασιών σε πολύ λιγότερο χρόνο, εξαιτίας της εξειδίκευσής τους σε ορισμένους τομείς.

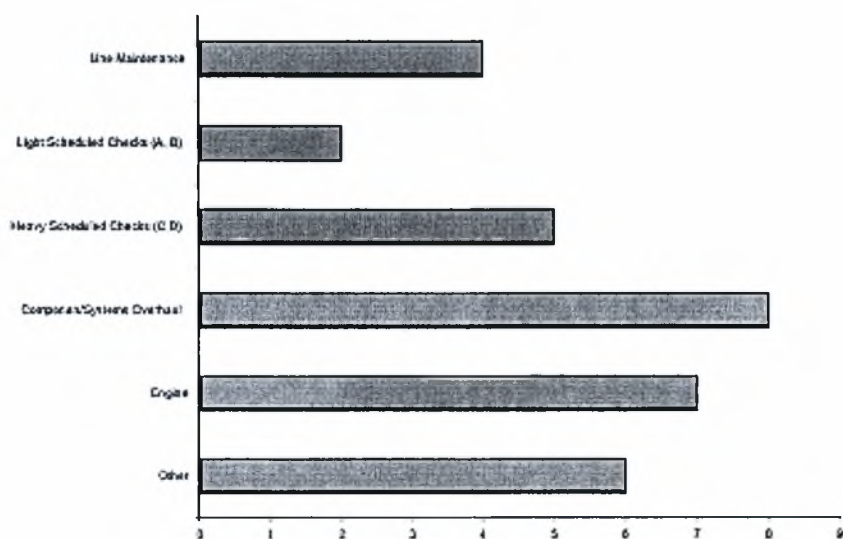
Συνέπεια αυτού αποτελεί η μείωση του χρόνου καθήλωσης του Α/Φ κι επομένως, η μείωση του κόστους της αεροπορικής εταιρίας.

Εξάλλου, το είδος της συντήρησης που αναθέτουν οι αεροπορικές εταιρίες σε άλλους φορείς παρουσιάζεται στο διάγραμμα του σχήματος 2.4. Η συντήρηση επιπέδου γραμμής πτήσεων ανατίθεται στις περιπτώσεις που πρέπει να εκτελεστεί μακριά από τη βάση της εταιρίας. Πιο συνήθης είναι η ανάθεση βαριάς συντήρησης, ενώ πολύ μεγάλο είναι το ποσοστό (σε έρευνα ανάμεσα σε δέκα εταιρίες αερομεταφορών) της ανάθεσης γενικών επισκευών συγκροτημάτων, λόγω της έλλειψης εξειδίκευσης και ειδικού εξοπλισμού. Πιο συχνή περίπτωση ανάμεσα σ' αυτές αποτελεί η γενική επισκευή κινητήρων.

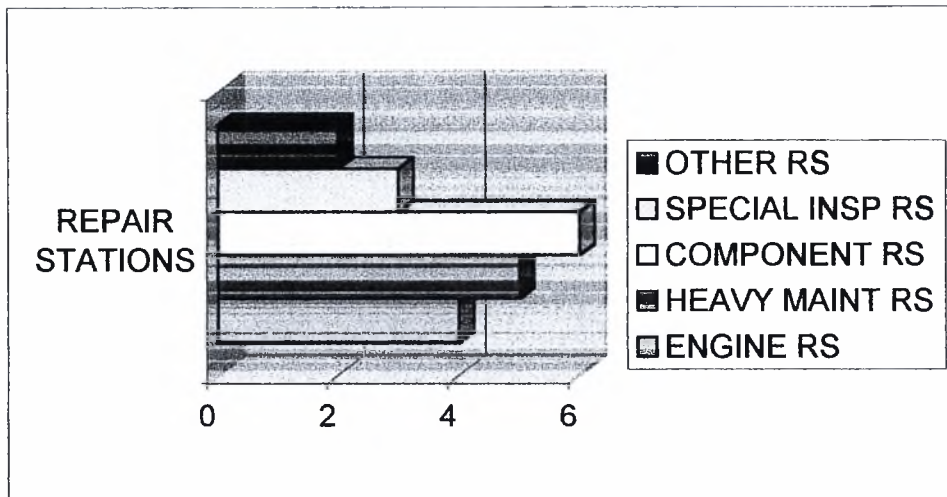


Σχήμα 2.3 Παράγοντες καθορισμού πολιτικής αεροπορικής εταιρίας

Ένα άλλο αντικείμενο μελέτης αποτελεί το είδος του εξωτερικού φορέα στο οποίο ανατίθεται η συντήρηση. Στο διάγραμμα του σχήματος 2.5 φαίνεται ότι στη συντριπτική τους πλειοψηφία αυτοί είναι μεγάλα επισκευαστικά κέντρα, ενώ μεγάλο είναι και το ποσοστό των φορέων συντήρησης συγκροτημάτων/ εξαρτημάτων. Συχνά, επίσης, παρατηρούνται συνεργασίες στην εκτέλεση επιθεωρήσεων μεταξύ κέντρων συντήρησης και εταιριών αερομεταφορών



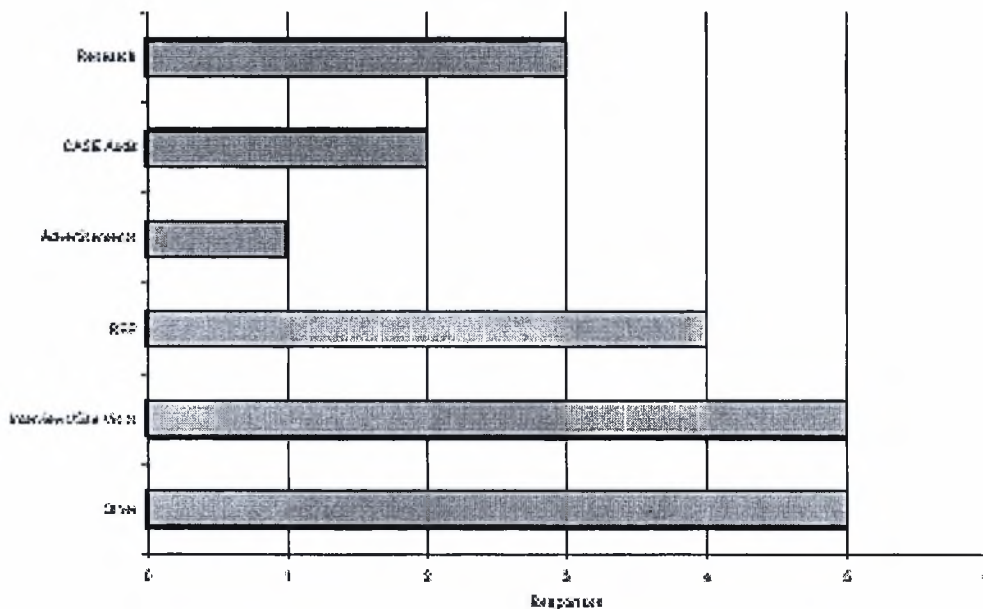
*Σχήμα 2.4 Είδος ανατιθέμενης συντήρησης*



*Σχήμα 2.5 Τύποι εξωτερικού φορέα συντήρησης*

## **2.6 Κριτήρια επιλογής φορέα ανάθεσης συντήρησης Α/Φ**

Στην αναζήτηση φορέα παροχής συντήρησης, οι αεροπορικές εταιρίες λαμβάνουν υπόψη κυρίως την φήμη του υποψήφιου συνεργάτη, καθώς και τις συστάσεις που υπάρχουν γι' αυτόν από άλλες εταιρίες. Μια άλλη περίπτωση είναι εκείνη στην οποία οι εταιρίες αναζητούν φορέα συντήρησης μέσα από διάφορες σχετικές παρουσιάσεις από ενδιαφερόμενους φορείς. Τα σημαντικότερα κριτήρια παρουσιάζονται στο διάγραμμα του σχήματος 2.6. Στην περίπτωση στην οποία οι εταιρίες αερομεταφορών πρόκειται να αναθέσουν μεγάλα προγράμματα συντήρησης σε εξωτερικούς φορείς, τότε εκφράζουν αυτή τους την τάση προς αναζήτηση προτάσεων από εμπλεκόμενους φορείς συντήρησης, στις οποίες περιλαμβάνονται κατ' ιδίαν συνεντεύξεις.

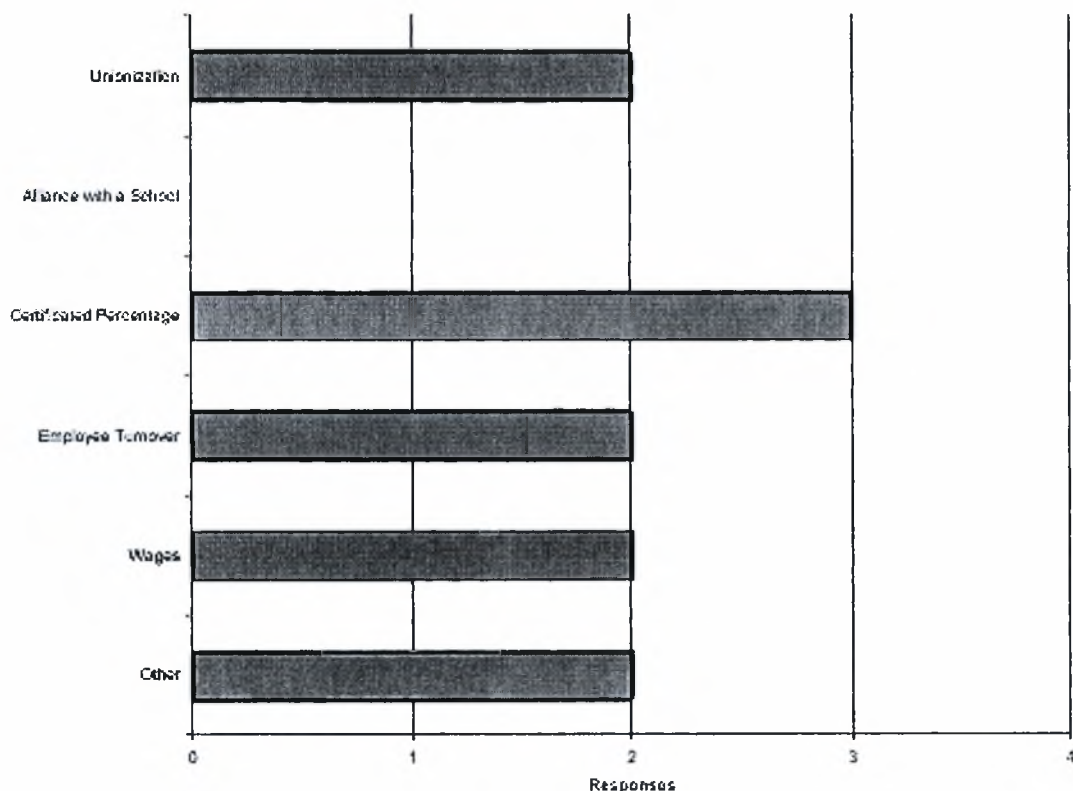


*Σχήμα 2.6 Τρόποι αναζήτησης φορέα συντήρησης*

Επιπρόσθετα, κατά τη διαδικασία αναζήτησης ανάθεσης τη συντήρησης Α/Φ σε εξωτερικό φορέα, λαμβάνεται υπόψη αν η υποψήφια εταιρία είναι εγχώρια ή όχι. Ο σημαντικότερος λόγος γι' αυτό είναι η γεωγραφική θέση της εταιρίας παροχής συντήρησης, και ο αντίστοιχος χρόνος και κόστος που απορρέουν από αυτό το γεγονός. Έτσι, οι εταιρίες συντήρησης που βρίσκονται σε μεγάλες αποστάσεις, προσπαθούν να κερδίζουν το χρόνο αυτό με την επιτάχυνση των διαδικασιών εκτέλεσης των εργασιών, ενώ δεν κρίνεται από τις ενδιαφερόμενες εταιρίες αερομεταφορών σκόπιμη κάποια ιδιαίτερη παρακολούθηση των επιθεωρήσεων, πέρα από τα προκαθορισμένα.

Εξάλλου, στο διάγραμμα του σχήματος 2.7 παρουσιάζονται τα κριτήρια με τα οποία οι αεροπορικές εταιρίες παρακολουθούν και αξιολογούν το προσωπικό των επισκευαστικών κέντρων. Προκύπτει ότι ένα χαμηλό ποσοστό ενδιαφέρεται για το προσωπικό με εργαστηριακή υποδομή, ενώ σημασία δίνεται στο ποσοστό του προσωπικού που βρίσκεται

στο κέντρο συντήρησης με κάποιο συμβόλαιο, καθώς αυτό μειώνει την πιθανότητα μελλοντικών προβλημάτων γύρω από θέματα εκπαίδευσης και υποστήριξης των εργασιών.



*Σχήμα 2.7 Κριτήρια παρακολούθησης και αξιολόγησης τεχνικού προσωπικού*

Ένας άλλος παράγοντας, που λαμβάνεται σοβαρά υπόψη, είναι η μέση εμπειρία του τεχνικού προσωπικού, αλλά και οι οικονομικές απολαβές αυτού, καθώς έτσι συνάγονται πληροφορίες και όσον αφορά στο οικονομικό status της εταιρίας.

Στην λήψη της τελικής απόφασης για την αποδοχή της πρότασης ενός φορέα παροχής συντήρησης από τις ενδιαφερόμενες εταιρίες, συμβάλλουν, ισοδύναμα, κυρίως το κόστος της συντήρησης και η απόδοση του ενδεχόμενου συνεργάτη. Το χρονικό μέγεθος των



συναπτόμενων συμβολαίων ποικίλλει, ανάλογα με τον αριθμό των εμπλεκόμενων Α/Φ και την πολυπλοκότητα των εργασιών. Έτσι, υπάρχουν συμβόλαια διάρκειας 18 μηνών ως και τριών ετών, τα οποία όμως τροποποιούνται ανάλογα με τις μεταβολές που προκύπτουν στις υφιστάμενες συνθήκες.

## **2.7 Παρακολούθηση και αξιολόγηση του φορέα παροχής συντήρησης**

Στις περισσότερες των περιπτώσεων, ένα τμήμα με προσωπικό της αεροπορικής εταιρίας βρίσκεται εντός του επισκευαστικού κέντρου, για την καλύτερη δυνατή παρακολούθηση των εργασιών και τη συνεχή παροχή πληροφοριών. Ειδικά στην περίπτωση που υφίστανται μεγάλα συμβόλαια υψηλού κόστους και μεγάλου όγκου εκτέλεσης εργασιών, το τμήμα αυτό του προσωπικού της ενδιαφερόμενης εταιρίας λειτουργεί σαν συνδεδετικός κρίκος ανάμεσα στα δύο συνεργαζόμενα μέλη.

Το ειδικό αυτό τμήμα της εταιρίας εντός του φορέα συντήρησης, λειτουργεί σαν σύμβουλος στις εκτελούμενες εργασίες, ενώ κρατά ξεχωριστό αρχείο της προόδου των επιθεωρήσεων και των ανακυπτόμενων προβλημάτων. Με αυτό τον τρόπο αποκτάται ένα σημαντικό αρχείο πληροφοριών που περιλαμβάνουν αναφορές ελαττωματικότητας, τεχνικά έγγραφα και ιστορικό γύρω από τις αφαιροτοποθετήσεις εξαρτημάτων, ενώ είναι σημαντικό ότι η ποιότητα εκτέλεσης των εργασιών συμβαδίζει με τα ποιοτικά πρότυπα των εμπλεκόμενων εταιριών αερομεταφορών.

Επιπλέον, ένα σημαντικό ποσοστό των αεροπορικών εταιριών έχουν θεσπίσει διαδικασίες για την παραλαβή/ ποιοτική επιβεβαίωση της εκτέλεσης επιθεωρήσεων στο Α/Φ. Αυτές περιλαμβάνουν αναλυτική εξέταση των τεχνικών εγγράφων που αφορούν τις εκτελεσθείσες επιθεωρήσεις, ώστε να διασφαλιστεί η ορθή και σύμφωνα με τις τεχνικές

οδηγίες και τα ποιοτικά πρότυπα συντήρησης. Το είδος και μέγεθος αυτής της επιθεώρησης παραλαβής ποικίλλει από εταιρία σε εταιρία, από μια 7ήμερη επιθεώρηση κατά την οποία γίνεται λειτουργικός έλεγχος όλων των συστημάτων του Α/Φ, μέχρι την εξακρίβωση των εκτελούμενων εργασιών σε σχέση με τις απαιτήσεις που είχε εκφράσει αρχικά η εταιρία.

Μια πιθανή αλλαγή στον τομέα διαχείρισης του επισκευαστικού κέντρου είναι δυνατόν να προκαλέσει μελλοντικά προβλήματα στις λειτουργίες της συντήρησης. Αξιοπρόσεκτος παράγοντας αποτελεί και η οικονομική κατάσταση του φορέα συντήρησης, καθώς μια πιθανή κατάσταση χρεοκοπίας θα δημιουργούσε δυσάρεστες καταστάσεις στην εμπλεκόμενη εταιρία. Πολλές φορές τα οικονομικά προβλήματα προκύπτουν αναπάντεχα, προκαλώντας ακόμη και διακοπή της διαδικασίας συντήρησης. Σ' αυτές τις περιπτώσεις ο οργανισμός της FAA εκφράζει την απαίτηση συνέχισης της συντήρησης από άλλο αρμόδιο φορέα και την επαναξιολόγηση των, μέχρι εκείνο το σημείο, εκτελεσθέντων επιθεωρήσεων.

Ένας άλλος παράγοντας ανησυχίας αποτελεί η εκτεταμένη ανάπτυξη και επέκταση του φορέα συντήρησης, καθώς κάτι τέτοιο προξενεί προβληματισμό γύρω από την ποιότητα των εκτελούμενων εργασιών. Εξάλλου η επέκταση της εταιρίας συνεπάγεται και πρόσληψη νέου τεχνικού προσωπικού, το οποίο πιθανά δεν έχει ανάλογη εμπειρία με το ήδη υπάρχον. Άλλα προβλήματα έχουν να κάνουν με τη διαχείριση του προσωπικού αλλά και το διαφορετικό τρόπο συμπλήρωσης των εγγράφων.

Στην φάση της ανανέωσης ενός συμβολαίου με τον αντίστοιχο φορέα συντήρησης, η ενδιαφερόμενη εταιρία εξετάζει όλα εκείνα τα κριτήρια που την οδήγησαν στη σύναψη του αρχικού συμβολαίου. Ωστόσο, η αεροπορική εταιρία έχει πια την σχετική εμπειρία να αξιολογήσει το έργο που έχει ήδη γίνει, με το κόστος να μην έχει τον πρωτεύον ρόλο στη διαμόρφωση αυτής της συνεργασίας. Λόγοι που οδηγούν στη διακοπή συμβολαίων έχουν να κάνουν κυρίως με την ποιότητα των επιθεωρήσεων, τον αυξημένο κύκλο της

διάρκειας εκτέλεσης αυτών σε σχέση με την αρχική συμφωνία, και τις μη ικανοποιητικές τεχνικές δυνατότητες του επισκευαστικού κέντρου.

## **2.8 Επίβλεψη από άλλους φορείς**

Για τις περισσότερες αεροπορικές εταιρίες, η αίσθηση που επικρατεί είναι ότι, παρά τις προσπάθειες οργανισμών όπως η Air Transport Association και η Regional Airline Association, δεν υπάρχει η απαραίτητη παροχή πληροφοριών και ροή ενημέρωσης γύρω από την ανάθεση συντήρησης Α/Φ σε εξωτερικό φορέα. Έτσι, σε κάποιες περιπτώσεις αυτό γίνεται μέσω συνεδρίων που διοργανώνονται από τα επισκευαστικά κέντρα. Η μόνη περίπτωση στην οποία υπάρχει άμεση επικοινωνία μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων είναι στην περίπτωση κάποιου προβλήματος με στόχο την διεξοδικότερη ανάλυσή του. Έτσι, στην περίπτωση αλλαγών από τον FAA στον κανονισμό 14 CFR Part 145 που αφορά τον φορέα συντήρησης, δεν υπάρχει καμία ανάμειξη των αεροπορικών εταιριών.

## **2.9 Ανάλυση ρόλου επισκευαστικών κέντρων στην ανάθεση συντήρησης Α/Φ σε εξωτερικό φορέα – Διαχείριση του έμψυχου δυναμικού**

Στην προσπάθεια συνολικής ανάλυσης της διαδικασίας ανάθεσης συντήρησης Α/Φ σε κάποιο εξωτερικό φορέα από την αεροπορική εταιρία, θα πρέπει αυτό να εξεταστεί και από την σκοπιά του επισκευαστικού κέντρου/ φορέα συντήρησης. Τα επισκευαστικά αυτά κέντρα έχουν σημαντική δομή εγκαταστάσεων για υποδοχή αρκετών Α/Φ και τη δυνατότητα υποστήριξης πολλαπλών εξαρτημάτων. Οι τύποι τους ποικίλλουν από κατασκευαστικά κέντρα μέχρι φορείς συντήρησης παρελκομένων/ εξαρτημάτων και κέντρα γενικών

επισκευών. Μια τυπική εβδομάδα σε ένα κέντρο συντήρησης περιλαμβάνει 40 εργατώρες για τον κάθε εργαζόμενο και, συχνά, κάποιες υπερωρίες.

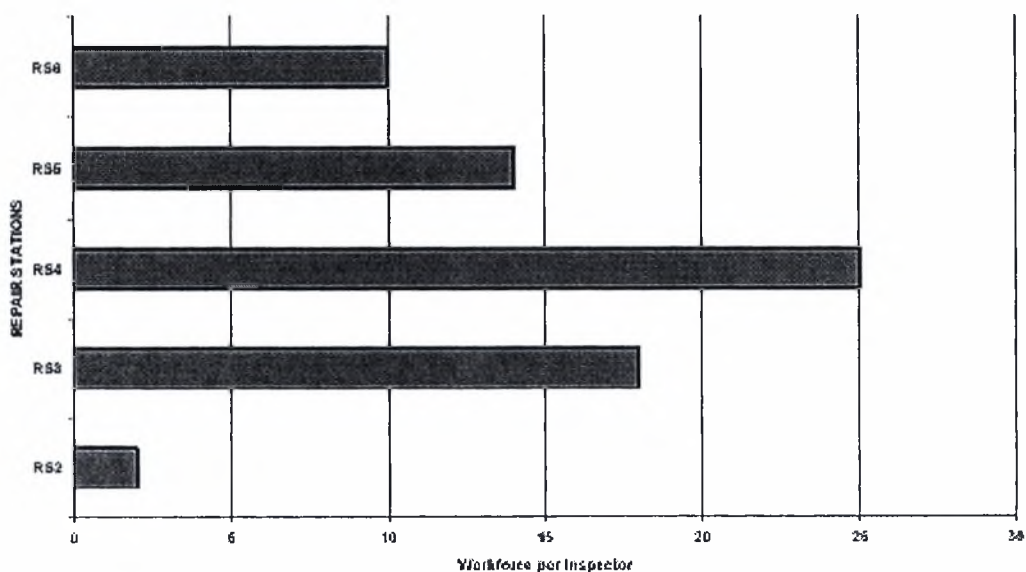
Ένα από τα πιο σημαντικά πεδία ενδιαφέροντος όσον αφορά τους φορείς συντήρησης, αποτελεί το έμπυχο δυναμικό αυτών, το οποίο σε μεγάλο ποσοστό καθορίζει τις τεχνικές δυνατότητές τους. Οι πηγές του τεχνικού προσωπικού στις νέες προσλήψεις είναι είτε από άλλα επισκευαστικά κέντρα, είτε απόφοιτοι σχολών εξειδίκευσης μηχανικών αεροσκαφών και κινητήρων, είτε, τέλος, τεχνικό προσωπικό προέλευσης απόστρατων στρατιωτικών. Συνήθως, οι ενδιαφερόμενες για απόκτηση τεχνικού προσωπικού εταιρίες είναι ενήμερες των μεταβολών προσωπικού που συμβαίνουν σε κάθε κέντρο και ενεργοποιούνται για την απόκτηση ειδικοτήτων που χρειάζονται για την ενίσχυσή τους. Επιπρόσθετα, η απαίτηση για προϋπάρχουσα εμπειρία υφίσταται σε σημαντικό ποσοστό, χωρίς όμως να είναι απαραίτητη.

Το ποσοστό του εργατικού δυναμικού που έχει πιστοποίηση των γνώσεών του ποικίλλει από 20 – 90 % σε ορισμένες εταιρίες. Η πιστοποίηση αυτή μπορεί να είναι οποιουδήποτε τύπου, από εκείνη του μηχανικού αεροσκαφών ή κινητήρων, μέχρι την απλή πιστοποίηση τεχνικού επισκευών. Τα κατασκευαστικά κέντρα, στα οποία η εργασία επικεντρώνεται στα εξαρτήματα κατασκευής, το ποσοστό πιστοποίησης των τεχνικών γνώσεων του προσωπικού είναι σχετικά χαμηλό, το οποίο ανεβαίνει σημαντικά στις εταιρίες που εκτελούν γενικές επισκευές. Έτσι, σε σύνολο έξι φορέων συντήρησης, προκύπτει μια διαφοροποίηση στο ποσοστό αναλογίας επιθεωρητή στο συνολικό εργατικό δυναμικό, όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.8.

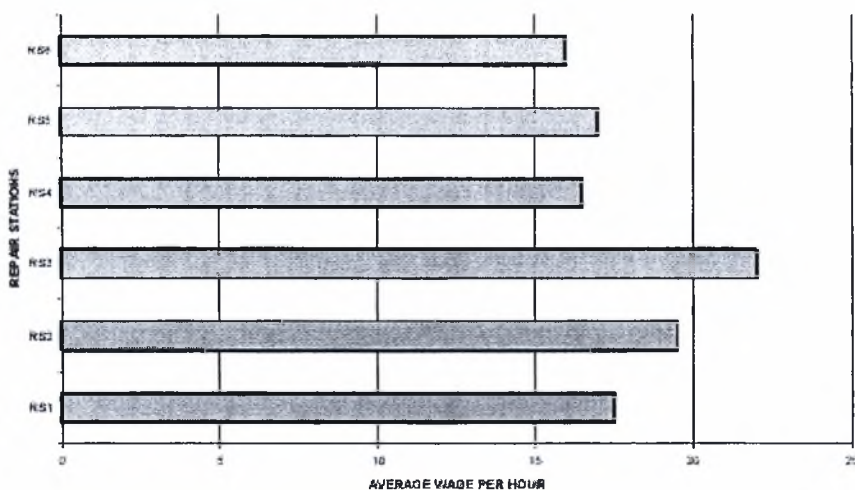
Επιπλέον, υπάρχει ένα σημαντικό ποσοστό εταιριών συντήρησης που δεν χρησιμοποιεί εποχιακούς εργαζόμενους, ενώ στην περίπτωση που γίνεται αυτό, το ποσοστό τους δεν ξεπερνά το 20%, κάτι που αποτελεί επιλογή των εταιριών. Ωστόσο, αυτός ο κανόνας

παραβιάζεται στην περίπτωση που δημιουργούνται προβλήματα από φόρτο εργασίας ή σημαντικές μεταβολές του εργατικού δυναμικού.

Οι απολαβές του προσωπικού των επισκευαστικών κέντρων παρουσιάζονται στο διάγραμμα του σχήματος 2.9, όπου φαίνεται ότι οι μέσες απολαβές / ώρα δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους και οι διαφορετικότητες που παρατηρούνται οφείλονται κυρίως στην γεωγραφική θέση του κέντρου.



*Σχήμα 2.8 Αναλογία επιθεωρητή στο συνολικό εργατικό δυναμικό*



*Σχήμα 2.9 Μέσος μισθός ανά επισκευαστικό κέντρο*

Τα υφιστάμενα προγράμματα εκπαίδευσης και η δομή τους ποικίλλουν σημαντικά στα διάφορα επισκευαστικά κέντρα. Έτσι, ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης είναι δυνατόν να επικεντρώνεται στην εκπαίδευση στην πράξη (on job training), στην ασφάλεια πτήσεων ή την εκπαίδευση με στόχο την κάλυψη ενός minimum ωρών εκμάθησης σε κάθε ειδικότητα Α/Φ – αεροκινητήρων, σε συνάρτηση πάντα με την θέση και την εμπειρία του κάθε τεχνικού ξεχωριστά.

## **2.10 Εκπαίδευση και ικανότητες τεχνικού προσωπικού**

Στην ανάληψη και εφαρμογή συντήρησης Α/Φ, τόσο οι διάφορες αεροπορικές εταιρίες όσο και τα επισκευαστικά κέντρα, είναι απαραίτητο να συμμορφώνονται με το σχετικό κανονισμό της διεθνούς αεροπλοΐας. Ο κανονισμός αυτός για τις διεθνείς αερομεταφορές είναι ο 14 CFR Part 121, ενώ για τα κέντρα παροχής συντήρησης και τα επισκευαστικά κέντρα ο 14 CFR Part 145.

Λειτουργώντας κάτω από τον κανονισμό 14 CFR Part 121, οι αεροπορικές εταιρίες υποχρεούνται σε συγκεκριμένες απαιτήσεις όσον αφορά στην πιστοποίηση, την εκπαίδευση και τις ικανότητες του τεχνικού προσωπικού. Από την άλλη, λειτουργώντας κάτω από τον κανονισμό 14 CFR Part 145, τα κέντρα συντήρησης Α/Φ δεν έχουν τους ίδιους λεπτομερείς περιορισμούς για πιστοποίηση, εκπαίδευση, προγράμματα συντήρησης, κάρτες εργασίες και οργανωτική δομή, όπως συμβαίνει με τις αεροπορικές εταιρίες που λειτουργούν υπό διαφορετικό κανονισμό.

Σε γενικές γραμμές, τα κέντρα συντήρησης παρουσιάζουν χαμηλά επίπεδα μηχανογράφησης και αυτοματισμού. Έτσι, είναι χαρακτηριστικό ότι σε μερικές περιπτώσεις τα αρχεία εκπαίδευσης και ικανοτήτων του προσωπικού φυλάσσονται σε πρόχειρα αρχεία. Επίσης, σε ορισμένα επισκευαστικά κέντρα τα μέτρα ασφαλείας του προσωπικού καθώς και ο εξοπλισμός του υπόστεγου βρίσκονται σε αρκετά χαμηλότερο επίπεδο ποιότητας από αυτά της συντήρησης αεροπορικών εταιριών, ενώ τα επισκευαστικά κέντρα υπολείπονται κατά πολύ των εταιριών αερομεταφορών στην θέσπιση και διαχείριση προγραμμάτων συντήρησης με βάση τον ανθρώπινο παράγοντα.

Θα πρέπει να σημειωθεί εξάλλου ότι στις αεροπορικές εταιρίες το αρμόδιο προσωπικό που σχετίζεται με την τήρηση των κανόνων της διεθνούς αεροπλοΐας είναι εξειδικευμένο στις αερομεταφορές, ενώ στην περίπτωση των επισκευαστικών κέντρων, αντίστοιχα, προσωπικό με γενικές αεροπορικές γνώσεις. Γενικά, επικρατεί η τάση, σε ότι αφορά τους λειτουργικούς ελέγχους του Α/Φ, να είναι υπεύθυνοι τεχνικοί με γενικές γνώσεις οι οποίοι θα έχουν τις πιστοποιημένες γνώσεις και ικανότητες να διασφαλίσουν την λειτουργική ασφάλεια του Α/Φ. Από την άλλη, σε ότι έχει να κάνει με ειδικούς ελέγχους, εκτεταμένες επισκευές, μετατροπές και επιθεωρήσεις βαριάς συντήρησης,

πραγματοποιούνται από εξειδικευμένους τεχνικούς, οι οποίοι ενδέχεται να μην έχουν κάποια πιστοποίηση, ωστόσο επιβλέπονται από εξουσιοδοτημένα άτομα με γενικές γνώσεις.

Το τεχνικό προσωπικό των φορέων συντήρησης διαφέρει σημαντικά από το αντίστοιχο των εταιριών αερομεταφορών στο ότι η πλειοψηφία τους αποτελεί εξειδικευμένο προσωπικό από το οποίο μόνο το μισό περίπου έχει πιστοποίηση εργασίας σε Α/Φ ή αεροκινητήρες. Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο για το τεχνικό προσωπικό των επισκευαστικών κέντρων είναι ότι ένα μεγάλο ποσοστό τους ανήκει σε οργανισμούς που παρέχουν υποστήριξη πρόσκαιρα σε περιπτώσεις κορύφωσης του εργασιακού φόρτου. Αυτό το ποσοστό μετακινείται από οργανισμό σε οργανισμό ανάλογα με τις απαιτήσεις που υπάρχουν και αποτελεί μια υπολογίσιμη δύναμη στο χώρο της συντήρησης Α/Φ. Υπάρχει ένα σημαντικό ποσοστό μη μόνιμου προσωπικού στα επισκευαστικά κέντρα το οποίο ανήκει σε εξωτερικούς οργανισμούς και το οποίο επιβαρύνει την πολυπλοκότητα συνολικά της συντήρησης Α/Φ, καθώς η μεταπήδησή αυτού του προσωπικού σε διάφορες εταιρίες απαιτεί τη συνεχή εκμάθηση νέων κανονισμών και διαδικασιών, κάτι που μπορεί να οδηγήσει σε σφάλματα.

Ο εργασιακός φόρτος είναι πολύ περισσότερο προβλέψιμος στην περίπτωση των εταιριών αερομεταφορών από ότι σε ένα φορέα που παρέχει συντήρηση. Έτσι, σε μια αεροπορική εταιρία υπάρχει πλήρης έλεγχος γύρω από όλα τα θέματα που αφορούν τις πτήσεις, τη συντήρηση των κινητήρων και την εκμετάλλευση των Α/Φ, κάτι που συμβαίνει ελάχιστα έως καθόλου σε ένα κέντρο συντήρησης. Κατά συνέπεια, ο φόρτος εργασίας ποικίλλει ανάλογα με τις απαιτήσεις του προγραμματισμού πτήσεων της κάθε εταιρίας.

Σαν συμπέρασμα των παραπάνω, στο σύγχρονο ανταγωνιστικό περιβάλλον της αεροπορικής βιομηχανίας, οι τεχνικοί υποχρεούνται γενικά στην εφαρμογή εκπαιδεύσεων σύμφωνα με τις εκάστοτε κυβερνητικές οδηγίες. Έτσι, το τεχνικό προσωπικό των Α/Φ δεν



υποχρεούται σε επιπλέον εκπαιδεύσεις, πέρα από κάποιες εξειδικεύσεις, ενώ δεν υπάρχει οργανωμένο σύστημα μέσω του οποίου ο οργανισμός FAA θα έχει τη δυνατότητα επικοινωνίας με το πιστοποιημένο τεχνικό προσωπικό Α/Φ και αεροκινητήρων για την παροχή πληροφοριών γύρω από κανονισμούς, θέματα ασφάλειας, ανάλυση ατυχημάτων, αστοχίες συστημάτων, ή ανθρώπινους παράγοντες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την ασφάλεια πτήσεων και εδάφους.

Επισημαίνοντας την σημαντικότητα των συνεπειών της μη κατάλληλης στελέχωσης σε τεχνικό προσωπικό και της ελλιπούς εκπαίδευσης, αναφέρουμε ότι:

✓ Τα κέντρα συντήρησης επηρεάζονται σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό από ότι οι αεροπορικές εταιρίες από την έλλειψη τεχνικού προσωπικού.

✓ Η μείωση του μεγέθους συντήρησης στις αεροπορικές εταιρίες, με βάση τον κανονισμό 14 CFR Part 121, έχει οδηγήσει στη μη εκμετάλλευση ενός σημαντικού ποσοστού έμπειρου τεχνικού προσωπικού.

✓ Η αεροπορική βιομηχανία φαίνεται να παρουσιάζει ένα σημαντικό ποσοστό τεχνικού προσωπικού το οποίο μετακινείται με σχετική ευκολία, με κυριότερα αίτια τις συνθήκες εργασίας. Το ποσοστό αυτό κυμαίνεται στο 30 – 50 % σε τεχνικούς Α/Φ και αεροκινητήρων, ενώ ανεβαίνει πολύ περισσότερο σε προσωπικό γενική διαχείρισης.

Το μεγαλύτερο ποσοστό του τεχνικού προσωπικού στα κέντρα συντήρησης είναι συμβασιούχοι, με συνέπεια την οικονομική πίεση για ελαχιστοποίηση της εκπαίδευσης του μη μόνιμου προσωπικού. Κάποια επισκευαστικά κέντρα, στην προσπάθεια διατήρησης μια συνέχειας του τεχνικού προσωπικού, έχουν κάνει απόπειρες περιορισμού του ποσοστού των συμβασιούχων τεχνικών στο 20 % του συνόλου.



## **2.11 Χρήση υπεργολαβιών**

Η χρήση υπεργολαβιών στη συντήρηση των Α/Φ και των εξαρτημάτων τους αποτελεί συνήθης πρακτική. Οι λόγοι της χρήσης υπεργολαβιών ποικίλλουν, ανάλογα με τη λειτουργία του επισκευαστικού κέντρου. Έτσι, μερικοί από τους σημαντικότερους λόγους είναι οι ακόλουθοι:

- Σε περιπτώσεις στις οποίες το αντικείμενο αφορά πεδία στα οποία η εταιρία συντήρησης έχει ελάχιστη ή και καθόλου εξειδίκευση.
- Κάποιες φορές προκύπτει από απαίτηση του ίδιου του πελάτη, στην περίπτωση που επιθυμούσε την εμπλοκή του κατασκευαστή στη συντήρηση συγκεκριμένων τμημάτων του Α/Φ.
- Μια άλλη περίπτωση είναι εκείνη στην οποία το επισκευαστικό κέντρο θέλει να αποφύγει τυχόν καθυστερήσεις στην απόδοση των εργασιών λόγω αυξημένου φόρτου.

Σε όλες τις περιπτώσεις, η χρήση των υπεργολαβιών γίνεται με κέντρα-οργανισμούς συντήρησης τα οποία είναι πιστοποιημένα από τον οργανισμό FAA. Εξάλλου, συνήθως ο πελάτης (η αεροπορική εταιρία εν προκειμένω) ενημερώνεται για το ενδεχόμενο χρήσης υπεργολαβιών, κάτι που γίνεται μέσα από αλληλογραφία για την κάθε περίπτωση ξεχωριστά.

## **2.12 Θέματα διασφάλισης της ποιότητας των εργασιών**

Τα θέματα που αφορούν την ποιότητα των εκτελούμενων εργασιών συζητούνται μέσα από συναντήσεις των εμπλεκόμενων φορέων, τα οποία συνήθως πραγματοποιούνται σε ετήσια βάση. Στην ειδική περίπτωση που αφορά ένα σημαντικό θέμα και έναν σημαντικό πελάτη της εταιρίας, γίνεται παρουσίαση του θέματος σε κάποιον εκπρόσωπο της εταιρίας.

Επιπλέον, οργανώνονται και εσωτερικές συζητήσεις στο επισκευαστικό κέντρο, ακόμα και σε καθημερινή βάση, από το τμήμα ελέγχου ποιότητας του φορέα συντήρησης, που υφίσταται απαραίτητα, με επίκεντρο ένα συγκεκριμένο τμήμα εργασιών.

Επιπρόσθετα, διοργανώνονται και συνέδρια από τον οργανισμό FAA, σε μηνιαία ή ετήσια βάση, η συχνότητα των οποίων εξαρτάται από το μέγεθος του φορέα συντήρησης που αφορά. Πέρα από τους ελέγχους της ποιότητας εκτέλεσης των εργασιών, άλλοι έλεγχοι που πραγματοποιούνται έχουν να κάνουν με τους τομείς ασφάλειας εκτέλεσης των εργασιών, την υγιεινή των εγκαταστάσεων κλπ, οι οποίοι πραγματοποιούνται από κυβερνητικούς παράγοντες.

Τέλος, όσον αφορά το θέμα της επαναφοράς του Α/Φ σε πτήση μετά την εκτέλεση εργασιών συντήρησης, στη διαδικασία αυτή συχνά συμμετέχει και η αεροπορική εταιρία, η οποία εμπλέκεται στην επιθεώρηση παραλαβής και λειτουργικών ελέγχων του Α/Φ ή εξαρτημάτων αυτού.

## **2.13 Συμπεράσματα Κεφαλαίου**

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκαν οι λόγοι που οδηγούν μια αεροπορική εταιρία στην ανάθεση της συντήρησης του στόλου της σε εξωτερικό φορέα συντήρησης και αναλύθηκε η διαδικασία και τα στάδια αυτής. Επισημάνθηκε ο ρόλος της αεροπορικής εταιρίας και τα κριτήρια επιλογής του φορέα συντήρησης. Επιπλέον, αναλύθηκε ο ρόλος των επισκευαστικών κέντρων καθώς και οι διάφοροι τύποι αυτών, ενώ έγινε και μια σημαντική προσέγγιση σε θέματα ανθρωπίνου δυναμικού, όσον αφορά τη διαχείριση-εκπαίδευση και το επίπεδο αυτών. Τέλος, παρουσιάστηκαν θέματα που αφορούν την πιστοποίηση και

διασφάλιση της ποιότητας των εργασιών μέσω των υφιστάμενων κανονισμών καθώς και η χρήση υπεργολαβιών στην ανάθεση συντήρησης σε εξωτερικό φορέα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ

### ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ Α/Φ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

# ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ Α/Φ

### 3.0 Γενικά

Οι δείκτες αποδοτικότητας παρέχουν ένα μέσο παρακολούθησης των σχετικών συνθηκών πραγματοποίησης μιας λειτουργίας, ενώ η αξιολόγηση της απόδοσης αυτής προσδίδει το μέσο για την μέτρηση της αποδοτικότητας της λειτουργίας. Μέσα από τους δείκτες αποδοτικότητας και την αξιολόγηση της απόδοσης ανακλάται η αποτελεσματικότητα της λειτουργίας ενός επισκευαστικού κέντρου.

Η ανάλυση που έχει γίνει στα προηγούμενα κεφάλαια παρέχει την βάση γύρω από την οποία αναπτύσσεται η αξιολόγηση της απόδοσης ενός φορέα συντήρησης. Αυτή, μαζί με τους δείκτες αποδοτικότητας, είναι τα σημαντικά μέρη που μελετά μια εταιρία σε ένα υποψήφιο φορέα ανάθεσης συντήρησης των Α/Φ της.

### 3.1 Δυνατότητες φορέα συντήρησης

Αναμφισβήτητα, κρίνεται απαραίτητο για ένα επισκευαστικό κέντρο/ φορέα συντήρησης, να ικανοποιεί στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό τους όρους των συμβολαίων που έχει συνάψει. Αυτό φυσικά προϋποθέτει ότι ο εν λόγω φορέας συντήρησης θα διαθέτει την απαραίτητη τεχνογνωσία, εξοπλισμό και εργατικό δυναμικό για την εξασφάλιση του minimum των ικανοτήτων για την εκτέλεση των εργασιών, πάντα εντός του πλαισίου

ποιότητας που προβλέπεται από τον FAA. Πέρα από τη φήμη μια εταιρίας, που σίγουρα παίζει σημαντικό ρόλο, υπάρχει ένας αριθμός άλλων παραμέτρων που προσμετρώνται στην αξιολόγηση της λειτουργίας των φορέων συντήρηση εντός των υφιστάμενων κανονισμών.

Στην λειτουργία των επισκευαστικών κέντρων, τρεις είναι εκείνοι οι παράγοντες που μεταβάλλονται και καθορίζουν τις δυνατότητές τους:

- Το τεχνικό προσωπικό, το οποίο μπορεί να ποικίλλει σε ότι αφορά το αριθμό την εμπειρία, τις ικανότητες και την πιστοποίησή του. Επίσης, σημαντικός είναι και ο ρόλος του ποσοστού του προσωπικού που εργάζεται σε μόνιμη βάση ή περιοδικά στην εταιρία.
- Ο βασικός εξοπλισμός του φορέα συντήρησης. Αυτός μπορεί να ποικίλλει ακόμη και στα εργαλεία ή τις συσκευές ελέγχου και επιθεωρήσεων που έχουν στην κατοχή τους τα επισκευαστικά κέντρα. Οι κανονισμοί που τα διέπουν (14 CFR Part 145) διατυπώνουν ξεκάθαρα τον απαραίτητο εξοπλισμό ενός φορέα παροχής συντήρησης και την κατάλληλη εκπαίδευση του προσωπικού του. Η αξιολόγηση και ανάθεση σε ένα τέτοιο φορέα της συντήρησης ενός Α/Φ ή τμημάτων αυτού γίνεται μέσα από την εκτέλεση των εργασιών εντός των υφιστάμενων κανονισμών και των ποιοτικών προτύπων που συνεπάγονται από αυτούς.
- Η πιστοποίηση και οι κανονισμοί που διέπουν το επισκευαστικό κέντρο.

Στο πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζονται όλοι εκείνοι οι παράγοντες με βάση τους οποίους εκτιμώνται οι δυνατότητες ενός φορέα συντήρησης. Στο πίνακα αυτόν περιέχεται η μονάδα που χρησιμοποιείται για την μέτρηση της κάθε παραμέτρου αξιολόγησης των δυνατοτήτων του επισκευαστικού κέντρου, η σημασία αυτής για την αξιολόγηση και η σχετική αναφορά του κανονισμού 14 CFR Part 145.

Αξιολόγηση Απόδοσης	Μονάδα	Περιγραφή	14 CFR Reference	Κρισιμότητα
Συνολικός αριθμός προσωπικού	Αριθμός	Ένδειξη ικανότητας ολοκλήρωσης εργασιών	145.39b	M
Τεχνικό προσωπικό	Αριθμός	Ένδειξη ικανότητας ολοκλήρωσης εργασιών	145.39b	M
Συμβασιούχοι εργαζόμενοι	Αριθμός	Πιθανή έλλειψη εμπειρίας, θέματα εκπαίδευσης	145.43	M
Πιστοποιημένο προσωπικό	Αριθμός	Ένδειξη πιστοποίησης εκτέλεσης εργασιών	145.43/ 65.89	M
Μη Πιστοποιημένο προσωπικό	Αριθμός	Ένδειξη πιστοποίησης εκτέλεσης εργασιών	145.39a	M
Repairmen	Αριθμός	Ένδειξη πιστοποίησης εκτέλεσης εργασιών	145.39d	M
Εκπαίδευση προσωπικού	Λίστα	Ένδειξη ικανοτήτων τεχνικού προσωπικού	145.43	H



Αξιολόγηση Απόδοσης	Μονάδα	Περιγραφή	14 CFR Reference	Κρισιμότητα
Εμπειρία προσωπικού	Μέσος Όρος	Ένδειξη εξειδίκευσης σε τομείς, σταθερότητα εργατικού δυναμικού	145.43	H
Εργαλεία και δοκιμαστικές συσκευές	Λίστα	Εκτέλεση εργασιών σύμφωνα με τους κανονισμούς	145.49, 145.39	H
Αξιολόγηση εταιρίας	Αριθμός	Πιστοποίηση εκτέλεσης εργασιών	145.31, 145.33	L
Χρονικό διάστημα πιστοποίησης	Έτη	Ένδειξη εμπειρίας της επιχείρησης	145.17	L
Πιστοποίηση από FAA	Y/N	Ένδειξη ικανότητας της εταιρίας για εφαρμογή εργασιών εντός των κανονισμών της FAA	N/A	M

**Πίνακας 3.1 Δείκτες Δυνατοτήτων Φορέα Συντήρησης**

Οι περισσότερες από αυτές τις ενδείξεις απόδοσης του φορέα συντήρησης βασίζονται σε δεδομένα, ένα μεγάλος αριθμός των οποίων έχει συλλεχθεί από τις επιθεωρήσεις του FAA.

### **3.2 Αποδοτικότητα λειτουργίας φορέα συντήρησης**

Η αποδοτικότητα της λειτουργίας του φορέα συντήρησης αναφέρεται στην ποιότητα των εργασιών που εκτελεί. Έτσι, ενώ οι δυνατότητες αυτού επικεντρώνονται σ' αυτό που το επισκευαστικό κέντρο είναι ικανό να κάνει, η αποδοτικότητά του αξιολογεί το έργο που τελικά επιτελεί. Εξάλλου, η αποδοτικότητα ενός οργανισμού συντήρησης αποτελεί το κομμάτι για το οποίο μια αεροπορική εταιρία ενδιαφέρεται και παρακολουθεί περισσότερο.

Με βάση λοιπόν τα παραπάνω, προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας, στο οποίο παρουσιάζονται τα κριτήρια αποδοτικότητας ενός φορέα συντήρησης, σχετικά με το όσο καλά εκτελεί το σύνολο των εργασιών του. Ο πίνακας εμπεριέχει τη μεταβλητή ή μονάδα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν πηγή δεδομένων, την περιγραφή του κριτηρίου αποδοτικότητας του επισκευαστικού κέντρου, τους σχετικούς κανονισμούς 14 CFR Part 145 και το επιθυμητό φάσμα που τα κριτήρια αποδοτικότητας καλύπτουν.

<b>Κριτήριο αποδοτικότητας</b>	<b>Μονάδα</b>	<b>Περιγραφή</b>	<b>14 CFR Reference</b>	<b>Κρισιμότητα</b>
Εσωτερικές διαδικασίες παρακολούθησης εργασιών	Y/N	Ικανότητα ανίχνευσης	145.59, 145.63	H
Κριτήρια ασφάλειας	Λίστα	Πιθανή παραβίαση κανόνων ασφαλείας	145.35	L

Κριτήριο αποδοτικότητας	Μονάδα	Περιγραφή	14 CFR Reference	Κρισιμότητα
Ικανότητα ανταπόκρισης σε ημερομηνίες	Χρονική διαφορά	Πιθανή ένδειξη εκτέλεσης εργασιών πέρα από τις δυνατότητες της εταιρίας	N/A	H
Αριθμός αναφορών ελαττωματικότητας	Αριθμός	Πιθανή ένδειξη χαμηλής αποδοτικότητας	145.2	H
Προβλήματα αποθεμάτων	Αριθμός	Ένδειξη μη ικανοποιητικής τήρησης αποθεμάτων και υποστήριξης	145.45	H
Παραβιάσεις πιστοποίησης	Αριθμός	Πιθανή ένδειξη εκτέλεσης εργασιών πέρα από τις δυνατότητες της εταιρίας	145.31, 145.33	H
Νομικά θέματα	Αριθμός	Ένδειξη για πιθανά προβλήματα στο management	N/A	M
Αριθμός συμβολαίων	Αριθμός	Εκφράζει διαθεσιμότητα πόρων για το επισκευαστικό κέντρο	145.39b	M

*Πίνακας 3.2 Δείκτες Αποδοτικότητας Φορέα Συντήρησης*

Αρκετές φορές η απόκτηση τέτοιων δεδομένων για την ανάλυση της αποδοτικότητας ενός φορέα συντήρησης είναι αρκετά δύσκολο να συλλεχθούν. Αρκετά από αυτά τα αντικείμενα ερευνώνται από τις ενδιαφερόμενες αεροπορικές εταιρίες και οι πληροφορίες που προκύπτουν θεωρούνται μη προσβάσιμες, ακόμη και για οργανισμούς όπως ο FAA.

### **3.3 Αποδοτικότητα διαχείρισης φορέα συντήρησης**

Η διαχείριση ενός επισκευαστικού κέντρου αναφέρεται συνολικά στον οργανισμό και τη λειτουργία του, εμπεριέχοντας θέματα management. Έτσι, προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας, ο οποίος περιλαμβάνει όλα εκείνα τα κριτήρια αποδοτικότητας που σχετίζονται με τη διαχείριση του φορέα συντήρησης Α/Φ και εξαρτημάτων τους. Συγκεκριμένα στο πίνακα εμπεριέχονται η μεταβλητή ή μονάδα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν πηγή δεδομένων, η περιγραφή του κριτηρίου αποδοτικότητας διαχείρισης του φορέα συντήρησης, τα σχετικά με τον κανονισμό 14 CFR Part 145 και η επιθυμητή κλίμακα των κριτηρίων αποδοτικότητας.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται σ' αυτό τον πίνακα προκύπτουν κυρίως από πηγές μέσα από τον οργανισμό FAA.

<b>Κριτήριο αποδοτικότητας</b>	<b>Μονάδα</b>	<b>Περιγραφή</b>	<b>14 CFR Reference</b>	<b>Κρισιμότητα</b>
Προβλήματα στη συμπλήρωση εντύπων	Αριθμός	Έλλειψη προσοχής στην έντυπη απασχόληση	N/A	L

Κριτήριο αποδοτικότητας	Μονάδα	Περιγραφή	14 CFR Reference	Κρισιμότητα
Οικονομική κατάσταση	Y/N	Ανεπιθύμητη πιθανή κατάσταση χρεοκοπίας	N/A	H
Αναδιοργάνωση προσωπικού	Μέσος αριθμός έμπειρου προσωπικού	Ένδειξη έλλειψης εμπειρίας σε ορισμένους τομείς	145.33	L
Νέοι εργαζόμενοι	Αριθμός	Ένδειξη ανάπτυξης της εταιρίας- Πιθανά κενά στην εκπαίδευση	N/A	M
Μισθοί	Μέσος μισθός	Χαμηλοί μισθοί- Χαμηλή ποιότητα εργασιών	N/A	L
Αλλαγή στο καθεστώς διαχείρισης	Y/N	Πιθανή αλλαγή στις διαδικασίες και τους στόχους της επιχείρησης	145.43	H
Όροι συμβολαίων	Αριθμός	Πιθανή αδυναμία ολοκλήρωσης εκτέλεσης των εργασιών	N/A	M

**Πίνακας 3.3 Δείκτες Αποδοτικότητας Διαχείρισης Φορέα Συντήρησης**

### 3.4 Κριτήρια αποδοτικότητας αεροπορικών εταιριών με μεγάλου μεγέθους συνεργασίες με φορείς συντήρησης

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, στην περίπτωση μιας μεγάλου μεγέθους συνεργασίας μιας αεροπορικής εταιρίας με ένα επισκευαστικό κέντρο, συνήθως η ενδιαφερόμενη αεροπορική εταιρία παρέχει σημαντική υποστήριξη στο φορέα συντήρησης για την έγκαιρη και ποιοτική εκτέλεση των εργασιών. Οι ενέργειες στις οποίες προβαίνει μια αεροπορική εταιρία στην διαδικασία της παροχής υποστήριξης στη συντήρηση των Α/Φ της, έχουν να κάνουν με τον τρόπο επίβλεψης των εργασιών τον οποίο έχει υιοθετήσει.

Κριτήριο αποδοτικότητας	Μονάδα	Περιγραφή	14 CFR Reference
Ποσοστό ανάθεσης συντήρησης σε εξωτερικό φορέα	Κόστος / Ανατιθέμενη εργασία	Αυξημένη ανάθεση συντήρησης σε εξωτερικό φορέα – Αναδιοργάνωση δομής εταιρίας	DOT Form 41 data
Επιβλέπων Προσωπικό	Αριθμός	Επίβλεψη εργασιών από την αεροπορική εταιρία	N/A
Χρήση φορέα συντήρησης άλλης χώρας	Y/N	Η γεωγραφική θέση πιθανά απαιτεί διαφορετική επίβλεψη	N/A

*Πίνακας 3.4 Δείκτες Αποδοτικότητας σε Μεγάλου Μεγέθους Συνεργασίες*

Στον παραπάνω πίνακα παρουσιάζονται τα κριτήρια αποδοτικότητας που σχετίζονται με την αεροπορική εταιρία η οποία πρόκειται να παρέχει υποστήριξη και, επομένως, να επηρεάσει την απόδοση του φορέα συντήρησης. Ο πίνακας αυτός εμπεριέχει τη μεταβλητή ή μονάδα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν πηγή δεδομένων, την περιγραφή του κριτηρίου αποδοτικότητας, τα σχετικά με τον κανονισμό 14 CFR Part 145 και την επιθυμητή διαβάθμιση των κριτηρίων αποδοτικότητας.

Τα δεδομένα για την εφαρμογή αυτών των κριτηρίων αποδοτικότητας προκύπτουν από τον οργανισμό FAA.

### **3.5 Συμπεράσματα Κεφαλαίου**

Η απόφαση για ανάθεση της συντήρησης των Α/Φ μιας αεροπορικής εταιρίας σε εξωτερικό φορέα κατευθύνεται κυρίως από οικονομικούς παράγοντες, ωστόσο η αποδοτικότητα αυτού του επισκευαστικού κέντρου συντελεί στη σημαντική μείωση του κόστους συντήρησης για την εταιρία. Για παράδειγμα, μια εταιρία αερομεταφορών είναι δυνατό να αναθέσει τη «βαριά» συντήρηση ενός συγκεκριμένου τύπου Α/Φ της με στόχο την μείωση των επενδύσεων στην εκπαίδευση προσωπικού ή την απόκτηση του απαραίτητου εξοπλισμού – εργαλείων, όμως υπάρχει η σημαντική πιθανότητα αυτά τα κέρδη να εξανεμισθούν από την καθυστερημένη απόδοση των Α/Φ από τον αρμόδιο φορέα συντήρησης ή την χαμηλή ποιότητα των εκτελεσθέντων εργασιών με συνέπεια την ακύρωση αριθμού πτήσεων. Αναμφισβήτητα, εκείνοι οι παράγοντες που κυρίως συμβάλλουν στη μείωση του κόστους συντήρησης σχετίζονται άμεσα με την ποιότητα των εκτελούμενων εργασιών.

Μόνο στις ΗΠΑ λειτουργούν περίπου 3000 επισκευαστικά κέντρα, τα οποία προσφέρουν ποικίλες υπηρεσίες σε διαφορετική κλίμακα. Ακόμη, οι πολιτικές στην ανάθεση της συντήρησης Α/Φ και των εξαρτημάτων τους σε εξωτερικό φορέα ποικίλλουν. Για παράδειγμα, διαφορετικούς όρους συνεργασίας έχει μια αεροπορική εταιρία που αναθέτει την γενική επισκευή κάποιων εξαρτημάτων σε μια εταιρία συντήρησης από κάποια άλλη, νεοεισερχόμενη, η οποία αναθέτει τη «βαριά» συντήρηση των Α/Φ της. Επομένως, κρίνεται ιδιαίτερα δύσκολο να τεθούν όρια σε ότι αφορά τα κριτήρια αποδοτικότητα και αξιολόγησης μια εταιρίας συντήρησης.

Τα πιο σημαντικά κριτήρια αποδοτικότητας και αξιολόγησης ενός φορέα συντήρησης Α/Φ για κάθε κατηγορία περιλαμβάνουν:

- Ικανότητες του επισκευαστικού κέντρου
  - Εκπαίδευση προσωπικού
  - Εμπειρία προσωπικού
  - Εργαλεία και συσκευές ελέγχου
- Αποδοτικότητα του επισκευαστικού κέντρου
  - Διαδικασίες παρακολούθησης εργασιών
  - Ικανότητα ανταπόκρισης σε χρονοδιαγράμματα
  - Αριθμός αναφορών ελαττωματικότητας
  - Υποστήριξη σε αποθέματα
  - Προβλήματα πιστοποίησης
- Διαχείριση επισκευαστικού κέντρου



- Οικονομική κατάσταση
- Αλλαγή στο καθεστώς διαχείρισης

Ο τρόπος συλλογής των πληροφοριών όσον αφορά τα κριτήρια αποδοτικότητας του φορέα συντήρησης (κυρίως μέσω του οργανισμού FAA), θέτει πολλά ερωτηματικά γύρω από την ορθότητά τους, ενώ για αρκετές πληροφορίες δεν είναι δυνατή η πρόσβαση, κάτι που δυσχεραίνει επιπρόσθετα την προσπάθεια ποσοτικοποίησης και αξιολόγησης της απόδοσης ενός φορέα συντήρησης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

#### ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ

### 4.0 Γενικά

Ο προγραμματισμός και ο έλεγχος της συντήρησης αεροσκαφών παρουσιάζει μια αυξανόμενη δυσκολία, εξαιτίας των μεταβολών στους διεθνείς κανονισμούς, την μεταβολή των πολιτικών συντήρησης και την συνεχή έμφαση στην αποτελεσματικότητα και αξιοπιστία. Ο προγραμματισμός συντήρησης αεροσκαφών είναι κεφαλαιώδους σημασίας, καθώς καθορίζει την διαθεσιμότητα του στόλου αεροσκαφών ενός οργανισμού και το πτητικό του έργο με σημαντικές, κατ' επέκταση, οικονομικές συνέπειες.

Για την αποφυγή δυσάρεστων συνεπειών και την εξοικονόμηση χρόνου στην υλοποίηση ενός προγράμματος συντήρησης αεροσκαφών, αεροπορικές εταιρίες έχουν αναπτύξει ένα πρόγραμμα προσομοίωσης βασισμένο σε heuristics, το οποίο έχει σαν αντικειμενικό σκοπό την ελαχιστοποίηση των μη εκμεταλλεύσιμων ωρών πτήσης, που προκύπτουν από την πρώιμη καθήλωση ενός Α/Φ για συντήρηση αυτού. Από τη στιγμή που η χρήση αυτών των ωρών δεν μπορεί να γίνει σε επόμενα διαστήματα ενδιάμεσα στη συντήρηση, όλες οι επόμενες επιθεωρήσεις και έλεγχοι θα εφαρμοστούν πρώιμα. Συνέπεια αυτών θα είναι η πραγματοποίηση επιπρόσθετων επιθεωρήσεων, μη αναγκαίων στην πραγματικότητα, οι οποίες θα μπορούσαν και θα 'πρεπε να αποφευχθούν.

Ο κάθε αεροπορικός οργανισμός, σε συνεργασία μετά από αποδοχή των κανόνων, του οργανισμού διεθνούς αεροπλοΐας (Federal Aviation Administration ή FAA), θεσπίζει συγκεκριμένα διαστήματα, ημερολογιακά ή βάση των ωρών πτήσης, τα οποία θα πρέπει να τηρήσει η εκάστοτε αεροπορική εταιρία, όσον αφορά τη συντήρηση των Α/Φ της. Οι εργασίες ελέγχων – επιθεωρήσεων που απαιτούνται, εξαρτώνται από τον τύπο του Α/Φ και τα

αποτελέσματα των διαφόρων προγραμμάτων που εφαρμόζονται στη συντήρηση. Έτσι, υφίσταται μια διαφορετικότητα στους ελέγχους – επιθεωρήσεις που εκτελούνται στα Α/Φ, με διαβάθμιση που ξεκινά από ένα “Α” Check κάθε 100 ώρες και φτάνοντας στη γενική επισκευή ή “D” Check κάθε 15000 ώρες, ανάλογα πάντα με τον τύπο του Α/Φ. Ωστόσο, πέρα από την ποικιλία αυτή στις επιθεωρήσεις, κάθε μία θα πρέπει να πραγματοποιηθεί πριν τη συμπλήρωση των ορισμένων ωρών πτήσης, όπως προβλέπεται από τους ισχύοντες κανονισμούς. Ο χρόνος καθήλωσης για συντήρηση ποικίλλει από 8 ώρες για ένα απλό “Α” Check ( εκτέλεση συνήθως κατά τη διάρκεια της νύχτας), και φτάνει τον ένα μήνα περίπου για ένα “D” Check. Οι επιθεωρήσεις μικρής έκτασης (“Α”, “B” Checks) συνηθίζεται να εφαρμόζονται κατά τη διάρκεια της νύχτας σε διάφορα αεροδρόμια στα οποία υπάρχει η δυνατότητα υποστήριξης και τεχνογνωσίας για τον συγκεκριμένο τύπο Α/Φ, μέσα από συνεργασία των αεροπορικών εταιριών, ενώ η γενική επισκευή – «βαριά συντήρηση» (“C”, “D” Checks), εφαρμόζονται βάσει συμβολαίων των αεροπορικών εταιριών με εταιρίες συντήρησης Α/Φ.

Πέρα από τους προγραμματισμένους ελέγχους, μια επιθεώρηση μπορεί να περιλαμβάνει και κάποιες ειδικές – πρόσθετες απαιτήσεις. Αυτές πιθανά δύναται να εφαρμοστούν μόνο κατά τη γενική επισκευή του Α/Φ, καθώς συντελεί σ’ αυτό το μεγάλο διάστημα καθήλωσης του Α/Φ.

Ο προγραμματισμός της συντήρησης Α/Φ αφορά κυρίως τις γενικές επισκευές αυτών (δηλαδή τους ελέγχους τύπου C, D), καθώς κατά τη διάρκειά τους έχουμε καθήλωση των Α/Φ για μακροχρόνιο διάστημα και η εφαρμογή τους γίνεται μόνο σε ορισμένα ειδικά κέντρα παροχής τεχνική υποστήριξης. Επομένως, είναι απαραίτητη μια συνεργασία μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών για τη σωστά κλιμακούμενη είσοδο των Α/Φ για συντήρηση και την

αποφυγή φαινομένων συμφόρησης, με συνέπειες στη διάρκεια εκτέλεσης των εργασιών και επομένως στη μη εκμετάλλευσή του από την ενδιαφερόμενη αεροπορική εταιρία.

#### **4.1 Περιορισμοί Προγραμματισμού Συντήρησης Α/Φ**

Οι διάφοροι περιορισμοί, οι οποίοι καθορίζουν το πότε θα προγραμματιστεί η επιθεώρηση ενός Α/Φ, είναι οι ακόλουθοι:

##### *A. Ανθρώπινοι Πόροι – Μέσα*

Όπως είναι φυσιολογικό, υφίστανται διάφοροι περιορισμοί γύρω από τη διαθεσιμότητα ανθρώπινου δυναμικού, τον εξοπλισμό και τις εγκαταστάσεις της εταιρίας που παρέχει τη συντήρηση. Εξάλλου, στην περίπτωση του ανθρώπινου δυναμικού υπάρχει κάποια ελαστικότητα. Σε ορισμένες όμως περιπτώσεις, η απορρόφηση τεχνικών στην εκτέλεση μιας ευρείας επιθεώρησης είναι τέτοια που δεν επιτρέπει την εκτέλεση όμοιάς της ταυτόχρονα. Συνέπεια αυτού, είναι ότι καθίσταται απαραίτητος ο προγραμματισμός μιας μεγάλου μεγέθους επιθεώρησης σε ενωρίτερο χρόνο για την αποφυγή τέτοιων καταστάσεων.

##### *B. Λειτουργικοί Περιορισμοί*

Σε ορισμένα διαστήματα ενός έτους δεν είναι δυνατή η εκτέλεση κάποιων συγκεκριμένων επιθεωρήσεων συντήρησης. Η αιτιολόγηση αυτού έγκειται σε ένα σημαντικό αριθμό παραγόντων, όπως:

(1) Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού δεν θα πρέπει να προγραμματίζονται προς εκτέλεση ευρείας κλίμακας επιθεωρήσεις, καθώς πρόκειται για περιόδους άδειας του προσωπικού.

(2) Η ανάληψη υποχρεώσεων προς τρίτους ορισμένες χρονικές περιόδους

(3) Υπάρχει ένας σημαντικός περιορισμός όσον αφορά τον αριθμό των αεροσκαφών του ίδιου τύπου που δύναται να συντηρηθούν ταυτόχρονα.

### *Γ. Αξιοπιστία*

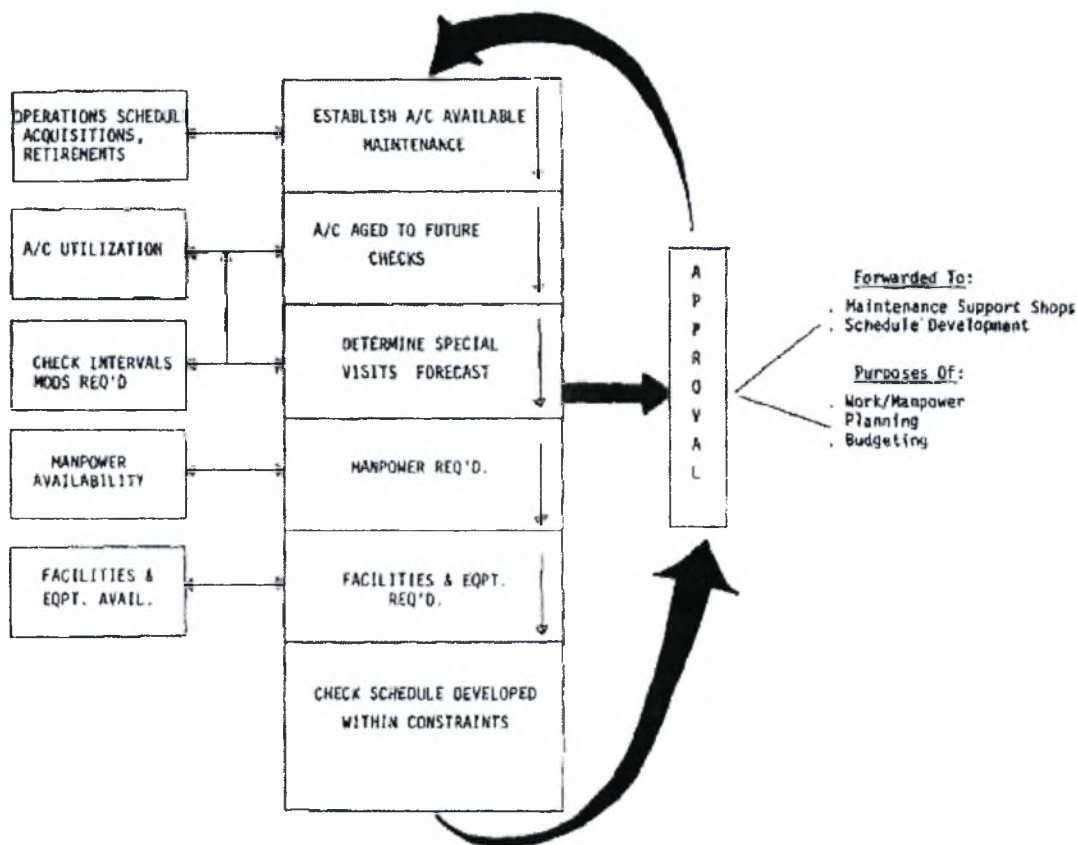
Τα περισσότερα από τα διάφορα παρελκόμενα, συγκροτήματα, μονάδας και υποσυστήματα του Α/Φ έχουν λειτουργικά ή ημερολογιακά όρια επισκευής και συντήρησης. Κάποια άλλα απλώς παρακολουθούνται στις κατά φάση επιθεωρήσεις. Ωστόσο, αυτά τα όρια παρουσιάζονται σαν χρονικά διαστήματα μεταξύ επιθεωρήσεων ( Time Between Check ή TBC) τα οποία δε θα πρέπει να παραβιαστούν.

### *Δ. Προτεραιότητες*

Αφορά βασικά το εσωτερικό των διαδικασιών της συντήρησης, καθώς περιλαμβάνει τις προτεραιότητες που θα πρέπει να δοθούν σε ορισμένα τμήματα των επιθεωρήσεων, έτσι ώστε να μην καθυστερήσουν οι μεγάλοι μεγέθους κατά κανόνα επιθεωρήσεις.

## **4.2 Διαδικασία Προγραμματισμού**

Εξαιτίας των συνεχών αλλαγών κατεύθυνσης στην χρήση των Α/Φ, θα πρέπει ο προγραμματισμός συντήρησής τους συνεχώς να ανανεώνεται και να προσαρμόζεται στα εκάστοτε δεδομένα. Οι ασχολούμενοι με τον προγραμματισμό θα πρέπει διαρκώς να εκτιμούν τις διαφοροποιήσεις στους περιορισμούς και να αναπτύσσουν εναλλακτικές στρατηγικές έτσι ώστε να παράγουν ένα λειτουργικό και χωρίς μεγάλες παρεκκλίσεις προγραμματισμό. Στο σχήμα 4.1 παρουσιάζεται μια πιθανή περίπτωση ανάπτυξης ενός προγράμματος συντήρησης Α/Φ.



Σχήμα 4.1 Δομή Προγράμματος Συντήρησης Α/Φ

### 4.3 Θεωρητική Ανάπτυξη Μοντέλου Προγραμματισμού Συντήρησης Α/Φ

Η προσομοίωση του προγραμματισμού συντήρησης Α/Φ δίνει τη δυνατότητα αναπροσαρμογής ή και επαναδημιουργίας αυτού σε μικρό χρονικό διάστημα. Ο αντικειμενικός σκοπός του σχεδιαστή έχει να κάνει με την ανάπτυξη και υιοθέτηση ενός προγράμματος ελάχιστου δυνατού κόστους. Οι υφιστάμενοι αλγόριθμοι, στη μορφή που βρίσκονται δεν είναι δυνατό να εφαρμοστούν αμετάβλητοι στην επίλυση του προβλήματός μας. Πέρα από αυτό, η συνδυαστική φύση του προβλήματος, η αλληλεξάρτηση των επιθεωρήσεων συντήρησης και η ενσωμάτωση διαφόρων ελέγχων σε κάποια μεγαλύτερου

μεγέθους, αποτελούν βασικούς λόγους μη δυνατής επίλυσής του σαν ένα πρόβλημα mixed ακέραιου προγραμματισμού.

Εξάλλου, οι ευμετάβλητες συνθήκες του περιβάλλοντος λειτουργίας μιας αεροπορικής εταιρίας, κυρίως όσον αφορά στη χρήση των Α/Φ και τους κανόνες συντήρησης, έχουν άμεση επίπτωση και στην ανεύρεση της βέλτιστης λύσης του προβλήματός μας. Επομένως, είναι εφικτή η προσεγγιστική λύση που βελτιστοποιεί σημαντικά τον προγραμματισμό της συντήρησης. Οι παραπάνω λόγοι οδήγησαν στη δημιουργία ενός μοντέλου προσομοίωσης, το οποίο θα επιτρέπει κάθε φορά στο χρήστη του την εξεύρεση της καλύτερης δυνατής λύσης, κυρίως βασισμένο σε heuristics και στην τοποθέτηση προτεραιοτήτων.

Αντικειμενικός σκοπός του μοντέλου είναι η ελαχιστοποίηση των «χαμένων» ωρών πτήσης (ελαχιστοποίηση κόστους) ανάμεσα στις διαδοχικές προβλεπόμενες επιθεωρήσεις και λαμβάνοντας υπόψη τις μεταβολές στους περιορισμούς και με δεδομένες τις εκάστοτε προτεραιότητες. Το μοντέλο μοιάζει με πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού, ωστόσο αυτό έχει να κάνει μόνο με την ελαχιστοποίηση του κόστους όπως αυτή παρουσιάζεται και τους περιορισμούς οι οποίοι έχουν τεθεί μέσα από heuristics για τον προγραμματισμό της συντήρησης.

#### **4.4 Παράμετροι συστήματος και επιρροή αυτών**

Οι κύριες παράμετροι που καθορίζουν τη φύση και ανάπτυξη ενός προγράμματος συντήρησης Α/Φ είναι οι ακόλουθες:

- αεροσκάφος
- συντήρηση



- εγκαταστάσεις
- εργατικό δυναμικό
- χρήση Α/Φ
- τωρινή κατάσταση Α/Φ
- συνδυαστικές καταστάσεις
- περιορισμοί

Εξαιτίας της διαφορετικής χρήσης του κάθε Α/Φ, αποτέλεσμα της διαφορετικότητας κάθε περιόδου και της συχνότητας των πτήσεων, λαμβάνεται υπόψη μια μέση χρήση κάθε Α/Φ, ανάλογα φυσικά με τον τύπο του. Εξάλλου, η μεταβολή στο προγραμματισμό συντήρησης των Α/Φ, που μπορεί να προκύψει από τη μεταβολή των κανόνων αυτής (απόρροια π.χ. της γήρανσης ενός τύπου Α/Φ), έχει άμεσες συνέπειες στον βραχυπρόθεσμο προγραμματισμό της συντήρησης η επίδραση των οποίων αυξάνονται ιδιαίτερα μακροπρόθεσμα. Ακόμη μια μεγάλη παρέκκλιση στον προσδιορισμό της μέσης χρήσης ενός τύπου Α/Φ δύναται να προκαλέσει σημαντικές μεταβολές στον προγραμματισμό της συντήρησης μακροπρόθεσμα και γι' αυτό το λόγο θα πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή και ακρίβεια. Στην περίπτωση που δύο ή περισσότερα Α/Φ συμπίπτει να επιθεωρούνται κατά την ίδια χρονική περίοδο, με τη βοήθεια της προσομοίωσης είναι δυνατό να μελετηθούν οι συνέπειες κάποιων αντικρουόμενων διαδικασιών.

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας του όγκου των εργασιών αποτελεί ο χρόνος μεταξύ των επιθεωρήσεων (Time Between Check ή TBC). Όσο μεγαλύτερος είναι αυτός, τόσο μικρότερος είναι ο αριθμός των επιθεωρήσεων που θα πρέπει να εφαρμοστούν. Σε κάθε περίπτωση που μια επιθεώρηση, για οποιοδήποτε λόγο, πραγματοποιείται γρηγορότερα από

την τυπική της ημερομηνία εκτέλεσης, πέρα από το «χάσιμο κάποιων ωρών πτήσης, προκαλεί και την νωρίτερη εκτέλεση των μελλοντικών επιθεωρήσεων σε σχέση με την προγραμματισμένη ημερομηνία τους. Είναι αντιληπτό ότι οι μεταβολές αυτές στον προγραμματισμό της συντήρησης Α/Φ πέρα από την πολυπλοκότητά του, αυξάνει τελικά τον αριθμό των εκτελεσθέντων επιθεωρήσεων μακροπρόθεσμα ενώ δεν είναι δυνατή η αναπλήρωση των «χαμένων» ωρών, καθώς το TBC είναι αμετάβλητο.

Λόγω του μεγάλου κόστους αυτών των «χαμένων» ωρών πτήσης, είναι φυσικό επόμενο ότι ο αντικειμενικός σκοπός των προγραμματιστών συντήρησης θα είναι η ελαχιστοποίηση του αριθμού αυτών. Η εμπειρία έχει δείξει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των Α/Φ επιθεωρείται με απώλεια κάποιων ωρών πτήσης. Ο αριθμός αυτός των ωρών πτήσης, που προκύπτει από τη διαφορά στις ώρες του Α/Φ που εκτελείται η επιθεώρηση και στις ώρες που ήταν προγραμματισμένο τυπικά να εκτελεστεί, αποτελεί αντικείμενο που επιδέχεται βελτιστοποίηση, ειδικά με τη χρήση προσομοίωσης.

#### **4.5 Βασικές Συνθήκες**

Ο προγραμματισμός της συντήρησης Α/Φ, ο οποίος παράγεται μέσω προσομοίωσης, θα πρέπει να ικανοποιεί τις ακόλουθες βασικές συνθήκες:

- Κάθε επιθεώρηση δεσμεύει ένα μοναδικό χώρο στο υπόστεγο το οποίο και δε μεταβάλλεται σε όλη τη διάρκεια αυτής.
- Μια επιθεώρηση Α/Φ μπορεί να πραγματοποιηθεί σε ένα τμήμα από ένα σύνολο των υπόστεγων συντήρησης.

- Η χρονική μονάδα μέτρησης της διάρκειας της συντήρησης ορίζεται η μία ημερολογιακή ημέρα.
- Ο προγραμματισμός των Α/Φ γίνεται με βάση το μέσο καθημερινό χρόνο πτήσης τους.
- Οι διάφοροι έλεγχοι και κάποιες επιμέρους επιθεωρήσεις είναι δυνατό να εμπεριέχονται σε κάποιες περισσότερο εκτεταμένες επιθεωρήσεις, με γνώμονα τις απαιτήσεις της εκάστοτε αεροπορικής εταιρίας – πελάτη.
- Η χρονική εκτέλεση των επιθεωρήσεων είναι δυνατό να μεταβληθεί σε σχέση με την προγραμματισθείσα ημερομηνία

#### **4.6 Δομή Συστήματος Προγραμματισμού Συντήρησης Α/Φ**

Η διαδικασία η οποία περιγράφεται στο σχήμα 4.2 απεικονίζει γενικά πώς παράγεται ένα πλάνο εργασίας από την προσομοίωση. Ο χρήστης αποθηκεύει τα δεδομένα του σε έναν από τους τρεις φακέλους εισαγωγής δεδομένων του συστήματος. Οι ώρες πτήσης που απομένουν σε κάθε Α/Φ για την επόμενη προγραμματισμένη του συντήρηση εισάγονται σ' αυτόν το φάκελο σε καθημερινή βάση. Τα υπόλοιπα δεδομένα που εισάγονται αφορούν:

- Την περίοδο προγραμματισμού (άνω των 5 ετών)
- Τους τύπους των Α/Φ και τις επιθεωρήσεις οι οποίες θα πρέπει να προγραμματιστούν
- Τα Α/Φ τα οποία βρίσκονται υπό συντήρηση

- Λεπτομερειακά δεδομένα όσον αφορά το κάθε Α/Φ και το είδος της επιθεώρησης, όπως είναι ο χρόνος καθήλωσής του, η χρήση του, το κόστος, οι απαιτήσεις σε εργατικό δυναμικό, η παρούσα κατάστασή του κλπ.

- Αποκτηθέντα Α/Φ
- Αποσύρσεις Α/Φ
- Συνολικές απαιτήσεις σε εργατικό δυναμικό
- Ειδικοί έλεγχοι
- Οι απαιτήσεις σε ελέγχους από το χρήστη σε προγραμματισμένες ημερομηνίες

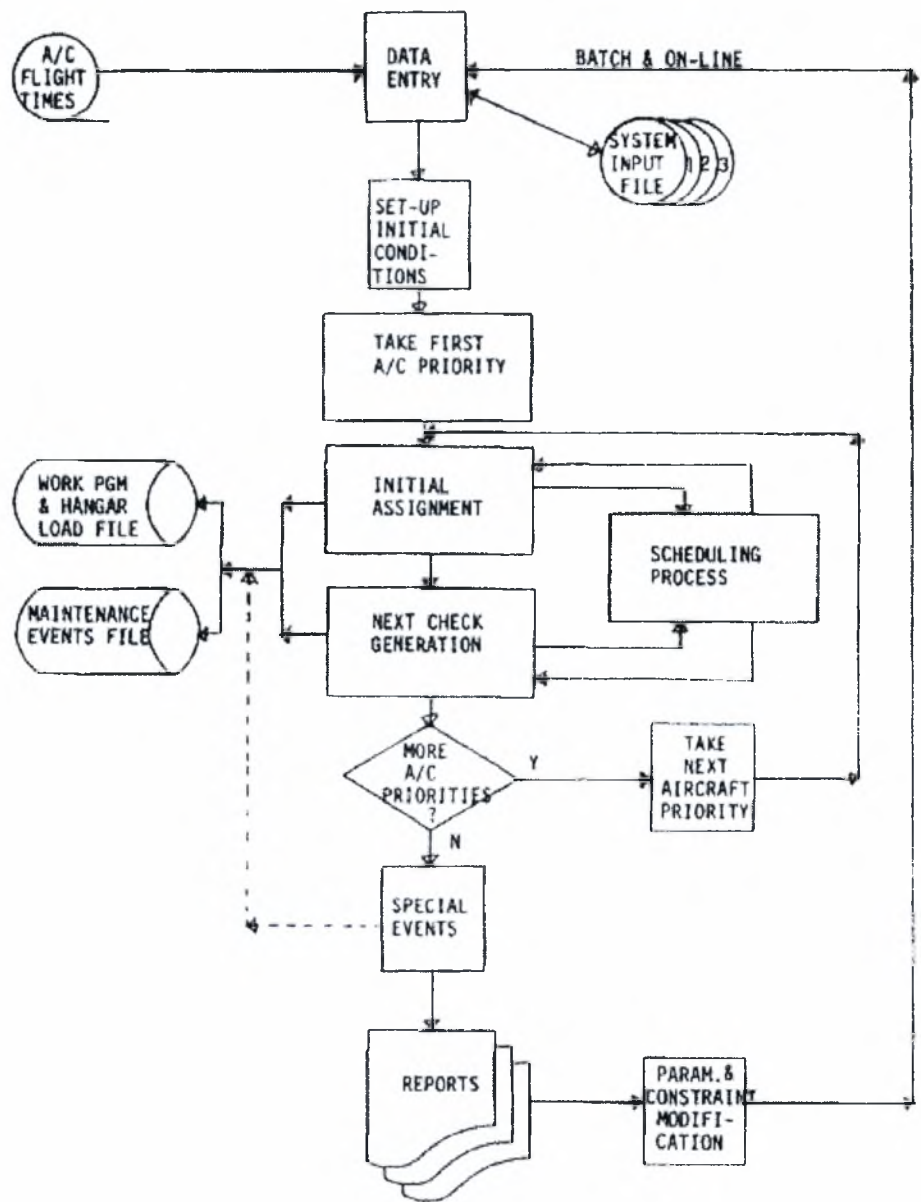
Η όλη διαδικασία της δομής του συστήματος προγραμματισμού συντήρησης των Α/Φ διακρίνεται σε τρεις φάσεις, οι οποίες και την περιγράφουν.

**α. Φάση I – Αρχικές συνθήκες:** Πριν από οτιδήποτε, θα πρέπει να οριστούν οι αρχικές συνθήκες του συστήματος. Είναι απαραίτητος ο διαχωρισμός της κατάστασης κάθε Α/Φ, το οποίο είναι δυνατό να είναι πτήσιμο ή υπό συντήρηση.

**β. Φάση II – Αρχικός διαχωρισμός:** Ο σκοπός αυτής της φάσης είναι η δημιουργία ενός προγράμματος επιθεωρήσεων το οποίο θα μπορεί να χρησιμεύσει σαν τη βάση για τις επόμενες επιθεωρήσεις. Έχοντας σαν δεδομένο στοιχείο το υπόλοιπο των ωρών πτήσης για την επόμενη επιθεώρηση, το Α/Φ προγραμματίζεται ημερολογιακά για την επόμενη επιθεώρησή του σύμφωνα με τη μέση καθημερινή χρήση του για το συγκεκριμένο τύπο Α/Φ. Σ' αυτό το χρόνο προστίθεται και ο χρόνος καθήλωσης του Α/Φ που προκύπτει από ενδιάμεσους ελέγχους. Κατά συνέπεια, κατά τη φάση αυτή λαμβάνεται υπόψη ο χρόνος

μεταξύ των επιθεωρήσεων (TBC) και οι μεταβολές στο χρόνο καθήλωσης που μπορεί να προκύψουν μελλοντικά.

GENERAL SYSTEM STRUCTURE



Σχήμα 4.2 Δομή Συστήματος Προγραμματισμού Συντήρησης Α/Φ

Οι επιθεωρήσεις κατανέμονται κατά μια φθίνουσα χρονολογική σειρά ενώ πριν από κάθε προγραμματισμό αυτών, λαμβάνονται υπόψη οι σταθεροί προγραμματισμένοι έλεγχοι με βάση τους οποίους τροποποιείται η ημερομηνία επιθεώρησης του Α/Φ.

Το Α/Φ που έχει το μικρότερο υπόλοιπο ωρών για την επόμενη επιθεώρηση είναι και αυτό που προγραμματίζεται πρώτο, ενώ ακολουθούν με ανάλογη σειρά τα υπόλοιπα. Αφού έχουν εφαρμοστεί όλοι οι έλεγχοι για μια συγκεκριμένη πτητική απαίτηση, στη συνέχεια γίνεται επαναπρογραμματισμός των Α/Φ για την επόμενη προτεραιότητα. Σε περίπτωση απόκτησης Α/Φ κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των ελέγχων, αυτά τοποθετούνται στη λίστα και προγραμματίζονται ανάλογα. Είναι φυσικό επόμενο, οι έλεγχοι των Α/Φ που αποσύρονται να βγαίνουν από τη λίστα.

**γ. Φάση III – Παραγωγή επόμενης επιθεώρησης:** Κατά τη φάση αυτή, η οποία είναι παρόμοια με εκείνη του αρχικού διαχωρισμού (Φάση II), καθορίζονται οι ημερομηνίες για τις επιθεωρήσεις που ακολουθούν τον προγραμματισμό των αρχικών επιθεωρήσεων. Έτσι, ο επόμενος έλεγχος των Α/Φ προκύπτει εξετάζοντας τις ημερομηνίες κατά τις οποίες εκπνέει η εφαρμογή κάποιων ελέγχων. Επίσης εξετάζεται κατά πόσο κάποια επιθεώρηση περιλαμβάνει επιμέρους επιθεωρήσεις, ενώ η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι τον προγραμματισμό όλων των κατά προτεραιότητα επιθεωρήσεων για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Σε εκείνο το σημείο έχει ολοκληρωθεί ο αρχικός προγραμματισμός και ξεκινούν οι διαδικασίες του επόμενου προγραμματισμού με βάση τις προτεραιότητες που προκύπτουν από το πτητικό έργο.

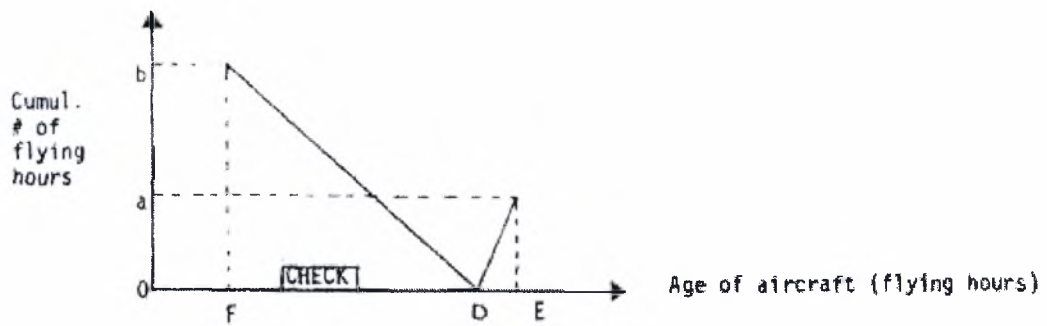
*δ. Φάση IV – Διαδικασία προγραμματισμού:* Βασικός σκοπός της είναι ο προγραμματισμός μιας επιθεώρησης, έχοντας λάβει υπόψη τους περιορισμούς συντήρησης που υφίστανται και άλλα ήδη προγραμματισμένα συμβάντα.

Αρχικά γίνεται μια απόπειρα προγραμματισμού της επιθεώρησης στην εκτιμώμενη ημέρα εισόδου για συντήρηση, μέσα από τους ισχύοντες περιορισμούς και τους ήδη προγραμματισμένους ελέγχους. Σε περίπτωση που υπάρχουν αντικρουόμενες συνθήκες, μεταβάλλεται η ημερομηνία αυτή μέχρι την ικανοποίηση των συνθηκών και εντός κάποιου ορίου που αφορά τις «χαμένες» ώρες που θα επιτρέψει η ενδιαφερόμενη εταιρία (σημείο F, Σχήμα 4.3).

Στην περίπτωση που η εκτέλεση μιας επιθεώρησης θα πρέπει να μεταφερθεί πέρα από την προγραμματισμένη ημερομηνία αυτής (σημείο D, Σχήμα 4.3), λαμβάνεται υπόψη ο βαθμός στον οποίο ο «πελάτης» επιτρέπει την καθήλωση του Α/Φ και την αναμονή για συντήρηση αυτού μέχρι ενός επιτρεπτού ορίου (σημείο E, Σχήμα 4.3 ). Ο σχεδιαστής του προγράμματος, εξάλλου, γνωρίζει ότι μια μείωση της καθημερινής χρήσης των Α/Φ θα οδηγήσει στην μετατόπιση της ημερομηνίας εισόδου για συντήρηση προς τα πίσω και στην αποσόβηση της καθήλωσής τους.

Το τμήμα FE του διαγράμματος αποτελεί το περιθώριο μέσα στο οποίο η επιθεώρηση θα πρέπει να προγραμματιστεί. Στην περίπτωση που δε γίνει κάτι τέτοιο, αυτή χαρακτηρίζεται αν αδύνατο συμβάν και η ημερολογιακή του τοποθέτηση ορίζεται σε άλλη χρονική στιγμή, ενώ γίνεται ένας ψευδο-ορισμός της για την παρούσα φάση.

#### FORWARDING OF A CHECK



*Σχήμα 4.3 Διάγραμμα Υπόλοιπου Προς Συντήρηση Ωρών Πτήσης*

#### 4.7 Προτεραιότητες στον προγραμματισμό

Τρία είναι τα βασικά κριτήρια με βάση τα οποία καθορίζονται οι προτεραιότητες στον προγραμματισμό συντήρησης Α/Φ:

- (1) Η οικονομική δυνατότητα της εκάστοτε εταιρίας
- (2) Ο όγκος των πόρων που απαιτούνται για την επιθεώρηση
- (3) Η πολιτική που ακολουθείται στην εξυπηρέτηση των πελατών

Επιπρόσθετα, η διαχείριση της αεροπορικής εταιρίας είναι δυνατό να καθορίσει τις πτήσεις εκείνες που στρατηγικά είναι απαραίτητο να υπάρχει μεγάλο ποσοστό κάλυψης και κατά συνέπεια υψηλή διαθεσιμότητα Α/Φ.



## **4.8 Ειδικοί έλεγχοι**

Ο έκτακτος ή ειδικός έλεγχος είναι μια ιδιαίτερη περίπτωση συντήρησης από την προγραμματισμένη, και γι' αυτό το λόγο αντιμετωπίζεται ξεχωριστά. Ο ειδικός έλεγχος δεν είναι προγραμματισμένος να γίνεται επαναληπτικά σε κάθε γενική επιθεώρηση και θα πρέπει να εφαρμόζεται εντός ορισμένης χρονικής περιόδου. Δεν είναι μεγάλης προτεραιότητας και επομένως ο προγραμματισμός του δεν είναι μείζονος σημασίας.

Ο τελικός προγραμματισμός, ο οποίος ενσωματώνει και τους προαναφερθέντες έκτακτους ή ειδικούς ελέγχους, δίνει μια σχετικά ακριβή και πλήρης εικόνα των περιόδων όπου υπάρχει μεγάλη συσσώρευση και φόρτος εργασίας στη συντήρηση. Ο σχεδιαστής του έχει τη δυνατότητα έτσι με μεγαλύτερη ευκολία να αποφασίσει πότε κρίνεται αναγκαία η υπερωριακή εργασία, οι περιορισμοί να μεταβληθούν, τα ισχύοντα περιθώρια να εκταθούν, ή κάποια περαιτέρω ενέργεια.

## **4.9 Συμπεράσματα Κεφαλαίου**

Ο προγραμματισμός της συντήρησης Α/Φ αποτελεί μια ιδιαίτερα πολύπλοκη και ευμετάβλητη διαδικασία, η οποία χαρακτηρίζεται από πολλούς δυναμικούς παράγοντες. Στο κεφάλαιο αυτό έγινε μια θεωρητική προσέγγιση, λαμβάνοντας υπόψη κάποιες παραδοχές και περιορισμούς, προσπαθώντας να προσεγγίσουμε ένα ρεαλιστικό μοντέλο επίλυσης ή πιο σωστά, καθοδήγησης στην αναζήτηση λύσης στο προγραμματισμό συντήρησης Α/Φ.

Η απουσία ενός σχεδιαστικού εργαλείου για την παραγωγή προγραμμάτων συντήρησης Α/Φ και η ιδιαίτερα χρονοβόρα διαδικασία εκπόνησης ενός εφικτού προγραμματισμού, οδηγούν στην αναζήτηση λύσης μέσω της προσομοίωσης στη διαδικασία λήψης αποφάσεων αυτού. Η χρήση αυτής έχει σαν αποτέλεσμα την καλύτερη αντίληψη των

πολύπλοκων συσχετίσεων που υφίστανται στο περιβάλλον της συντήρησης και αναμφίβολα έχει βελτιώσει και επιταχύνει τη διαδικασία προγραμματισμού στη συντήρηση Α/Φ.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

### ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ

### ΠΤΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

### ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ

### ΠΤΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ

#### 5.0 Γενικά

Ο προγραμματισμός της συντήρησης των αεροσκαφών είναι κεφαλαιώδους σημασίας για την επιβίωση και σωστή οργάνωση μια αεροπορικής μονάδας. Ο τρόπος εκμετάλλευσης του στόλου μιας αεροπορικής μονάδας είναι ένα πρόβλημα ιδιαίτερα δυναμικό με πολλές ευμετάβλητες παραμέτρους. Η σωστή χρήση των Α/Φ και ο κατάλληλος ρυθμός πτήσεων συμβάλλει αποφασιστικά στον ορθά κλιμακούμενο προγραμματισμό της συντήρησής τους.

Παράγοντες οι οποίοι επιδρούν στον προγραμματισμό της συντήρησης των Α/Φ μιας αεροπορικής μονάδας είναι :

- Οι δυνατότητες του φορέα παροχής συντήρησης
- Δυνατότητα εγκαταστάσεων για υποδοχή Α/Φ υπό συντήρηση
- Ο ρυθμός πτήσεων του κάθε Α/Φ
- Οι προτεραιότητες και το πτητικό έργο της αεροπορικής μονάδας
- Παράγοντες όπως οι καιρικές συνθήκες, καθώς και λόγοι καθήλωσης του Α/Φ για βλάβες Α' βαθμού συντήρησης ή σε περίπτωση ευρημάτων αστοχιών

Οι παραπάνω παράγοντες συντελούν στο ρυθμό εκμετάλλευσης του στόλου των Α/Φ και κατά συνέπεια στον προγραμματισμό της συντήρησής τους.

## 5.1 Περιγραφή Μοντέλου Προγραμματισμού Συντήρησης Αεροσκαφών

Οι μέχρι τώρα απόπειρες ανάπτυξης προγραμμάτων συντήρησης αεροσκαφών βασίζονταν κυρίως στη ανάπτυξη ευρηστικών αλγορίθμων στα οποία γίνονταν κάποιες γενικές παραδοχές και λαμβάνονταν κάποιοι περιορισμοί, όπως είδαμε στο Κεφάλαιο 4. Βασική διαφοροποίηση του μοντέλου που θα παρουσιαστεί είναι ότι έχει την τάση να αποτελέσει έναν οδηγό πτητικής εκμετάλλευσης των Α/Φ μιας αεροπορικής μονάδας με γνώμονα τον καλύτερο δυνατό προγραμματισμό της συντήρησης των Α/Φ μέσα από τους περιορισμούς που αυτή διέπεται.

Στο μοντέλο μας θεωρούμε μια αεροπορική μονάδα αποτελούμενη από  $M$  αριθμό υπομονάδων (Μοίρες), σε κάθε μία από τις οποίες ανήκει  $N$  αριθμός αεροσκαφών. Επίσης, θεωρούμε έναν τύπο αεροσκάφους  $n$ , για τον οποίο ισχύουν κάποια δεδομένα που έχουν να κάνουν με :

- Το χρόνο μεταξύ των επιθεωρήσεων αυτού (Time Between Checks) TBC ή  $y$ , και το οποίο λαμβάνεται ίσο με 300 ώρες πτήσης
- Τις αρχικές ώρες πτήσεις  $Y1$  που υπολείπονται για κάθε αεροσκάφος ξεχωριστά για την είσοδό του για συντήρηση, κατά την έναρξη εφαρμογής του προγράμματος
- Το χρόνο παραμονής του στη συντήρηση ή διαφορετικά τις απαιτούμενες εργατώρες συντήρησής του  $g$ , η αρχική τιμή του οποίου μετά την είσοδο στη συντήρηση  $G_0$  είναι ίση με 320 ώρες

Πέρα από τον τύπο του αεροσκάφους, ισχύουν κάποιοι περιορισμοί που έγκεινται στις δυνατότητες συντήρησης του εμπλεκόμενου φορέα που πρόκειται να υποδεχτεί τα αεροσκάφη και οι οποίοι είναι:

- Η δυνατότητα παροχής συντήρησης **B** σε εργατώρες. Ο χρόνος αυτός μεταβάλλεται για κάθε περίοδο **T** και εξαρτάται από παράγοντες που έχουν να κάνουν με μετακινήσεις προσωπικού, περιόδους αδειών, αργίες, εορτές, ακόμη και καιρικές συνθήκες σε ορισμένες περιπτώσεις (καθυστέρηση πτήσης δοκιμής αέρος μετά από έξοδο από συντήρηση)
- Οι εργατώρες **h** που τελικά απασχολήθηκε η συντήρηση στο κάθε A/Φ ανά περίοδο **T**
- Η δυνατότητα υποδοχής αεροσκαφών υπό συντήρηση σε χώρους υπόστεγων **C<sub>0</sub>** (capacity)

Επιπρόσθετα, λαμβάνεται σαν περιορισμός η απαίτηση υλοποίησης του πτητικού έργου της αεροπορικής μονάδας **A**, σε σημαντικό ποσοστό (90 %). Το πρόβλημά μας αποτελεί έναν οδηγό πτητικής εκμετάλλευσης **x** (ή ώρες πτήσης) του κάθε A/Φ **n** για την κάθε περίοδο **T**, με γνώμονα τον καλύτερο δυνατό προγραμματισμό της συντήρησής του μέσα από την ικανοποίηση των περιορισμών που τη διέπουν. Επίσης, λαμβάνεται υπόψη ο περιορισμός που έχει να κάνει με το μέσο υπόλοιπο ωρών πτήσης που απομένει στα A/Φ της κάθε Μοίρας μέχρι αυτά να συμπληρώσουν για είσοδό τους στη συντήρηση **J<sub>0</sub>**. Ο όρος αυτός αποτελεί το λεγόμενο **FLEET TIME** (διαθέσιμος χρόνος πτήσης), και είναι ένας σημαντικός δείκτης σωστής λειτουργίας μιας αεροπορικής μονάδας όσον αφορά τον προγραμματισμό των πτήσεων.

Στην προσπάθεια επίλυσης του μοντέλου, ορίστηκαν κάποιες δυαδικές μεταβλητές. Έτσι, η μεταβλητή **a** παίρνει τιμές ανάλογα αν το A/Φ είναι πτήσιμο (**1**) ή υπό συντήρηση (**0**) την χρονική περίοδο **T**. Οι μεταβλητές **d**, **f** χρησιμοποιήθηκαν για τις χρονικές περιόδους που το A/Φ εξέρχεται ή εισέρχεται στη συντήρηση αντίστοιχα, είναι επίσης δυαδικές και οι τιμές

τους ορίζονται με τη βοήθεια της μεταβλητής **a**. Την παράμετρο **BIG** τη θεωρούμε ίση με μια μεγάλη τιμή (=100000), ώστε να μην επηρεάσει την τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης. Από τα αποτελέσματα της εφαρμογής γίνονται γνωστές οι τιμές των  $f$ ,  $d$ , οπότε είναι δυνατός και ο υπολογισμός της βέλτιστης τιμής.

Η αντικειμενική συνάρτηση του προβλήματος (objective value), είναι η μεγιστοποίηση της διαθεσιμότητας της κάθε Μοίρας, η μεγιστοποίηση δηλαδή των αεροσκαφών που δύνανται να πετάξουν και δεν βρίσκονται υπό συντήρηση για κάθε περίοδο **T**. Σαν περίοδο **T** θεωρείται ένας μήνας.

## 5.2 Μαθηματική Μορφοποίηση Μοντέλου Προγραμματισμού Συντήρησης

### A/Φ

Η μαθηματική μορφοποίηση του μοντέλου που περιγράψαμε είναι η ακόλουθη:

#### *a. Μεταβλητές μοντέλου:*

- **x**: Ώρες πτήσης ανά A/Φ για κάθε περίοδο T
- **y**: Υπόλοιπο ωρών πτήσης μέχρι την είσοδο στη συντήρηση ανά A/Φ για κάθε περίοδο T
- **a**: Μεταβλητή δυαδική που καθορίζει την κατάσταση του A/Φ( υπό συντήρηση – 0, δύναται να πετάξει – 1), ανά A/Φ για κάθε περίοδο T
- **f**: Βοηθητική δυαδική μεταβλητή ανά A/Φ για κάθε περίοδο T. Παίρνει την τιμή 1 όταν το A/Φ εισέρχεται στη συντήρηση

- **d:** Βοηθητική δυαδική μεταβλητή ανά Α/Φ για κάθε περίοδο T. Παίρνει την τιμή 1 όταν το Α/Φ εξέρχεται από τη συντήρηση
- **g:** Υπόλοιπο εργατωρών Α/Φ υπό συντήρηση, για κάθε Α/Φ και για κάθε περίοδο T
- **h:** Εργατώρες που εργάστηκε η συντήρηση για κάθε Α/Φ και για κάθε περίοδο T
- **z:** Βοηθητική μεταβλητή ανά Α/Φ για κάθε περίοδο T

**β. Αντικειμενική συνάρτηση μοντέλου:**

**maximize availability:** 
$$z - \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N BIG * (d_{nmt} + f_{nmt}) , \forall n, m, t$$

**γ. Παράμετροι μοντέλου:**

- **T:** Χρονικός ορίζοντας
- **A:** Οι προγραμματισμένες ώρες πτήσεις (πρόγραμμα πτήσεων) ανά Μοίρα και για κάθε χρονική περίοδο T
- **B:** Η δυνατότητα παροχής εργατωρών συντήρησης συνολικά (για όλες τις Μοίρες) για κάθε χρονική περίοδο T
- **G<sub>o</sub>:** Οι απαιτούμενες εργατώρες συντήρησης μετά την είσοδο του Α/Φ στο υπόστεγο (μέγιστος αριθμός), για κάθε Α/Φ και για κάθε χρονική περίοδο T
- **Y<sub>o</sub>:** Οι υπολειπόμενες ώρες πτήσης μετά την έξοδο του Α/Φ από τη συντήρηση (μέγιστος αριθμός), για κάθε Α/Φ και για κάθε χρονική περίοδο T



- **C<sub>0</sub>**: Αριθμός Α/Φ που δύναται να βρίσκεται υπό συντήρηση ταυτόχρονα (Χωρητικότητα υποστέγου)
- **Y<sub>1</sub>**: Αρχικές τιμές του y για κάθε Α/Φ
- **G<sub>1</sub>**: Αρχικές τιμές του g για κάθε Α/Φ υπό συντήρηση την χρονική στιγμή t=1
- **X<sub>0</sub>**: Μέγιστος αριθμός ωρών πτήσεων ανά Α/Φ ανά περίοδο T
- **J<sub>0</sub>**: Ελάχιστος μέσος διαθέσιμος χρόνος πτήσης ανά Μοίρα και ανά Α/Φ μέχρι την είσοδο στη συντήρηση

#### δ. Περιορισμοί μοντέλου:

- $\sum_{n=1}^N a_{nmt} \geq z$  , : Ελάχιστη απαιτούμενη διαθεσιμότητα ανά Μοίρα
- $y_{nmt} = y_{nmt-1} - x_{nmt-1} + 300*d_{nmt}$  : Υπόλοιπο ωρών πτήσης για είσοδο στη συντήρηση για κάθε Α/Φ
- $d_{nmt+1} \geq a_{nmt+1} - a_{nmt}$  και  $d_{nmt} \leq a_{nmt}$  : Περιορισμοί για τον ορισμό του d βάσει του α
- $g_{nmt} = g_{nmt-1} - h_{nmt-1} + 320*f_{nmt}$  : Υπόλοιπο εργατωρών εξόδου από τη συντήρηση για κάθε Α/Φ και για κάθε χρονική περίοδο T
- $f_{nmt+1} \geq a_{nmt} - a_{nmt+1}$  και  $f_{nmt+1} \leq a_{nmt}$  : Περιορισμοί για τον ορισμό του f βάσει του α
- $0.9*A_{mt} \leq \sum_{n=1}^N X_{nmt} \leq 1.1*A_{mt}$  : Περιορισμός προγραμματισμού ωρών πτήσεων ανά Μοίρα και για κάθε χρονική περίοδο T

- $$\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N h_{nmt} \leq B_t, \forall t$$
 Δυνατότητα παροχής εργασιών συντήρησης (capacity) για κάθε χρονική περίοδο T
- $$0 \leq \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (1 - a_{nmt}) \leq C_0, \forall t$$
 Περιορισμός στον αριθμό Α/Φ υπό συντήρηση την ίδια χρονική περίοδο
- $$y_{nmt} \leq Y_0 * a_{nmt}$$
 Ορισμός μέγιστης τιμής για το y. Με την προσθήκη αυτού του περιορισμού, καλύπτεται η συνθήκη  $y > 0$  τότε  $a = 1$  (δύναται προς πτήση)
- $$g_{nmt} \leq G_0 * (1 - a_{nmt})$$
 Ορισμός μέγιστης τιμής για το g. Με την προσθήκη αυτού του περιορισμού, καλύπτεται η συνθήκη  $g > 0$  τότε  $a = 0$  (υπό συντήρηση)
- $$x_{nmt} \leq X_0$$
 Μέγιστος αριθμός ωρών πτήσεων για κάθε Α/Φ ανά περίοδο T
- $$\sum_{n=1}^N y_{nmt} \geq J_0 * \sum_{n=1}^N a_{nmt}$$
 Ελάχιστο μέσο υπολειπόμενο ωρών πτήσης Α/Φ ανά Μοίρα (FLEET TIME)
- $$y_{nmt} = (\text{if } t=1 \text{ then } Y_{1nm} \text{ else } y_{nmt-1} - x_{nmt-1} + 300 * d_{nmt})$$
 Ορισμός αρχικών τιμών του υπολοίπου ωρών πτήσης y για κάθε Α/Φ
- $$g_{nmt} = (\text{if } t=1 \text{ then } G_{1nm} \text{ else } g_{nmt-1} - h_{nmt-1} + 320 * f_{nmt})$$
 Ορισμός αρχικών τιμών του υπολοίπου ωρών συντήρησης g για τα Α/Φ που βρίσκονται υπό συντήρηση τη χρονική περίοδο  $t=1$
- $$a_{nmt-1} + a_{nmt} \leq y_{nmt-1} - x_{nmt-1} + 1$$
 Βοηθητικός λογικός περιορισμός. Ικανοποιεί τη συνθήκη όταν  $y_{nmt-1} - x_{nmt-1} = 0$  και  $y_{nmt-1} > 0$ , τότε  $a_{nmt} = 0$  (είσοδος Α/Φ στη συντήρηση)

- $a_{nmt-1} + a_{nmt} \geq 1 - (g_{nmt-1} - h_{nmt-1})$ : Βοηθητικός λογικός περιορισμός. Ικανοποιεί τη συνθήκη όταν  $g_{nmt-1} - h_{nmt-1} = 0$  και  $g_{nmt-1} > 0$ , τότε  $a_{nmt} = 1$  (έξοδος Α/Φ από τη συντήρηση)

### **5.3 Μοντέλο Προγραμματισμού Συντήρησης Α/Φ με Χρήση της AMPL**

Για την εφαρμογή του μοντέλου χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα μαθηματικού προγραμματισμού AMPL. Η αναλυτική περιγραφή του μοντέλου, όπως αυτή διατυπώνεται στην AMPL (A Modeling Language for Mathematical Programming), είναι η ακόλουθη:

#### **# Πίνακες Δεδομένων**

param T; # Χρονικός ορίζοντας

param A {M,1..T}; # Προγραμματισμένες ώρες πτήσης την περίοδο T

param B {1..T}; # Δυνατότητα παροχής συντήρησης (capacity)

param Go; # Απαιτούμενες ώρες συντήρησης ανά Α/Φ

param Yo; # Υπολειπόμενες ώρες πτήσης μετά από έξοδο από συντήρηση

param Y1 {N,M}; # Αρχικές τιμές του y

param G1 {N,M}; # Αρχικές τιμές του g

param Co; # Αριθμός Α/Φ που δύναται να βρίσκεται υπό συντήρηση

ταυτόχρονα

param Jo; # Ελάχιστος μέσος διαθέσιμος χρόνος πτήσης ανά Μοίρα και ανά Α/Φ μέχρι την είσοδο στη συντήρηση

param Xo; # Μέγιστος αριθμός ωρών πτήσεων ανά Α/Φ ανά περίοδο T

param BIG;

### # Μεταβλητές

var x {N,M,1..T} >=0; # Ωρες πτήσης του Α/Φ

var y {N,M,1..T} >=0; # Υπόλοιπο ωρών πτήσεως μέχρι συντήρηση του Α/Φ

var g {N,M,1..T} >=0; # Υπόλοιπο ωρών συντήρησης Α/Φ υπό συντήρηση

var h {N,M,1..T} >=0; # Ωρες που εργάστηκε η συντήρηση στο Α/Φ

var a {N,M,1..T} binary; # Κατάσταση Α/Φ 1-0 (πτήσιμο ή όχι)

var d {N,M,1..T} binary; # βοηθητική μεταβλητή (300 ώρες πτήσης)

var f {N,M,1..T} binary; # βοηθητική μεταβλητή (320 ώρες συντήρησης)

var z integer; # βοηθητική μεταβλητή αντικειμενικής συνάρτησης

### # Αντικειμενική συνάρτηση

maximize availability: z - sum {n in N, m in M, t in 1..T} BIG\*(d[n,m,t]+f[n,m,t]);

### # Περιορισμοί

subject to sqr\_avail {m in M,t in 1..T}:

sum {n in N} a[n,m,t] >= z;

subject to flight\_hrs {n in N, m in M, t in 2..T}:

$y[n,m,t] = y[n,m,t-1] - x[n,m,t-1] + 300*d[n,m,t];$  # Υπόλοιπο ωρών για συντήρηση

subject to d\_constr1 {n in N, m in M, t in 1..T-1}:

$d[n,m,t+1] \geq a[n,m,t+1] - a[n,m,t];$

subject to d\_constr2 {n in N, m in M, t in 1..T}:

$d[n,m,t] \leq a[n,m,t];$

subject to maint\_hrs {n in N, m in M, t in 2..T}:

$g[n,m,t] = g[n,m,t-1] - h[n,m,t-1] + 320*f[n,m,t];$  # Υπόλοιπο ωρών για συντήρηση

subject to f\_constr1 {n in N, m in M, t in 1..T-1}:

$f[n,m,t+1] \geq a[n,m,t] - a[n,m,t+1];$

subject to f\_constr2 {n in N, m in M, t in 1..T-1}:

$f[n,m,t+1] \leq a[n,m,t];$

subject to progr\_hrs {m in M, t in 1..T}:

$0.9*A[m,t] \leq \sum \{n \text{ in } N\} x[n,m,t] \leq 1.1*A[m,t];$  # Περιορισμός προγραμματισμού

ωρών πτήσεων

subject to maint\_capacity {t in 1..T}:

$\sum \{n \text{ in } N, m \text{ in } M\} h[n,m,t] \leq B[t];$  # Δυνατότητα συντήρησης (capacity)

subject to numb\_maint {t in 1..T}:

$0 \leq \sum \{n \text{ in } N, m \text{ in } M\} (1-a[n,m,t]) \leq Co;$  # Περιορισμός στον αριθμό A/Φ υπό

συντήρηση

subject to check\_fl\_hrs {n in N, m in M, t in 1..T}:

$$y[n,m,t] \leq Y_0 * a[n,m,t];$$

subject to check\_maint\_hrs {n in N, m in M, t in 1..T}:

$$g[n,m,t] \leq G_0 * (1 - a[n,m,t]);$$

subject to upper\_x {n in N, m in M, t in 1..T}:

$$x[n,m,t] \leq X_0; \# \text{Μέγιστος αριθμός πτήσεων A/Φ ανά περίοδο T}$$

subject to avg\_y {m in M, t in 1..T}:

sum {n in N} y[n,m,t] >= J\_0 \* sum {n in N} a[n,m,t] ; # Ελάχιστο μέσο υπολοιπόμενο ωρών πτήσης A/Φ ανά Μοίρα (FLEET TIME)

subject to initial\_y {n in N, m in M, t in 1..T}:

y[n,m,t] = (if t=1 then Y1[n,m] else y[n,m,t-1] - x[n,m,t-1] + 300\*d[n,m,t]); # Ορισμός αρχικών τιμών του υπολοίπου ωρών πτήσης y

subject to initial\_g {n in N, m in M, t in 1..T}:

g[n,m,t] = (if t=1 then G1[n,m] else g[n,m,t-1] - h[n,m,t-1] + 320\*f[n,m,t]); # Ορισμός αρχικών τιμών του υπολοίπου ωρών συντήρησης g

subject to constr\_a\_y {n in N, m in M, t in 2..T}:

a[n,m,t - 1] + a[n,m,t] <= y[n,m,t - 1] - x[n,m,t - 1] + 1 ; # Βοηθητικός λογικός περιορισμός

subject to constr\_a\_g {n in N, m in M, t in 2..T}:

a[n,m,t - 1] + a[n,m,t] >= 1 - (g[n,m,t - 1] - h[n,m,t - 1]) ; # Βοηθητικός λογικός περιορισμός

## 5.4 Εφαρμογές μοντέλου προγραμματισμού πτήσεων και συντήρησης A/Φ

Οι παρατηρήσεις που αφορούν την αναλυτική περιγραφή του μοντέλου που αναπτύξαμε, έχουν να κάνουν με :

- Τη δυνατότητα επιλογής του αριθμού των Μοιρών στο μοντέλο καθώς και του αριθμού των A/Φ τους.
- Τη δυνατότητα επιλογής του αριθμού των A/Φ που έχει τη δυνατότητα να υποδέχεται το υπόστεγο συντήρησης.
- Τη δυνατότητα να εισάγουμε τον αριθμό εργατωρών που δύναται να παρέχει η συντήρηση ανά χρονική περίοδο T.
- Τη δυνατότητα να εισάγουμε τον αρχικό υπολειπόμενο για συντήρηση αριθμό ωρών πτήσεων ανά A/Φ.

Θα ακολουθήσουν δυο παραδείγματα εφαρμογής του μοντέλου προγραμματισμού πτήσεων και συντήρησης A/Φ.

### Παράδειγμα 1<sup>ο</sup>:

Σε αυτό το παράδειγμα μελετάται μια Μονάδα A/Φ που αποτελείται από τρεις Μοίρες, κάθε μία από τις οποίες έχει δύναμη 8 A/Φ σε χρονικό ορίζοντα 6 περιόδων.

Τα δεδομένα του προβλήματος, όπως αυτά εισάγονται στην AMPL, είναι :

```
set N:= n1 n2 n3 n4 n5 n6 n7 n8 ;
```

```
set M:= m1 m2 m3 ;
```

```
param T:= 6;
```

param Go:=320;

param Co:=2;

param Jo:=100;

param Yo:=300;

param BIG:= 100000;

param Xo:=70;

param B:=

1 480

2 470

3 480

4 460

5 490

6 450 ;

param A (tr):

m1 m2 m3 :=

1 330 340 349

2 340 348 346

3 250 229 236

4 240 245 233



```
5    246    246    236
```

```
6    247    244    245 ;
```

```
param Y1 (tr):
```

```
      n1    n2    n3    n4    n5    n6    n7    n8 :=
m1    290    220    270    30    290    170    240    80
m2    290    240    20    250    200    210    200    130
m3    280    230    260    240    280    240    210    90 ;
```

```
param G1 (tr):
```

```
      n1    n2    n3    n4    n5    n6    n7    n8 :=
m1    0     0     0     0     0     0     0     0
m2    0     0     0     0     0     0     0     0
m3    0     0     0     0     0     0     0     0 ;
```

Η επίλυση του προβλήματος με τη χρήση του μοντέλου που αναπτύχθηκε και με εφαρμογή της AMPL (A Modeling Language for Mathematical Programming) μας δίνει:

```
ampl: model a1.txt;
ampl: data a2.txt;
ampl: solve;
CPLEX 8.0.0: optimal integer solution objective 7
2168132 MIP simplex iterations
209107 branch-and-bound nodes
ampl: display a;
a [*,m1,*]
:   1  2  3  4  5  6  :=
n1  1  1  1  1  1  1
n2  1  1  1  1  1  1
n3  1  1  1  1  1  1
```

```

n4 1 0 1 1 1 1
n5 1 1 1 1 1 1
n6 1 1 1 1 1 1
n7 1 1 1 1 1 1
n8 1 1 1 1 0 1

```

```

[*,m2,*]
: 1 2 3 4 5 6 :=
n1 1 1 1 1 1 1
n2 1 1 1 1 1 1
n3 1 0 0 1 1 1
n4 1 1 1 1 1 1
n5 1 1 1 1 1 1
n6 1 1 1 1 1 1
n7 1 1 1 1 1 1
n8 1 1 1 0 1 1

```

```

[*,m3,*]
: 1 2 3 4 5 6 :=
n1 1 1 1 1 1 1
n2 1 1 1 1 1 1
n3 1 1 1 1 1 1
n4 1 1 1 1 1 1
n5 1 1 1 1 1 1
n6 1 1 1 1 1 1
n7 1 1 1 1 1 1
n8 1 1 0 0 1 1
;

```

```

ampl: display x;
x [*,m1,*]
: 1 2 3 4 5 6 :=
n1 70 70 70 70 9 70
n2 0 0 70 0 70 0
n3 0 0 0 0 70 70
n4 30 0 0 0 2.4 12.3
n5 70 70 70 70 0 0
n6 57 26 0 70 0 0
n7 70 70 6 5 70 0
n8 0 70 9 1 0 70

```

```

[*,m2,*]
: 1 2 3 4 5 6 :=
n1 70 70 70 70 0 70
n2 70 70 65.1 10.5 11.4 0

```

```

n3 20 0 0 0 70 9.6
n4 0 0 0 70 70 70
n5 70 70 0 0 0 70
n6 6 44.2 70 0 0 0
n7 0 0 0 70 70 0
n8 70 59 1 0 0 0

```

```

[* ,m3,*]

```

```

: 1 2 3 4 5 6 :=
n1 0 0 0 0 70 70
n2 0 0 0 0 70 70
n3 70 31.4 43.4 70 0 10.5
n4 70 70 70 0 2.4 0
n5 14.8 0 70 0 0 0
n6 70 70 29 70 0 70
n7 69.3 70 0 69.7 0 0
n8 20 70 0 0 70 0

```

```

;
```

```

ampl: display y;

```

```

y [* ,m1,*]

```

```

: 1 2 3 4 5 6 :=
n1 290 220 150 80 10 1
n2 220 220 220 150 150 80
n3 270 270 270 270 270 200
n4 30 0 300 300 300 297.6
n5 290 220 150 80 10 10
n6 170 113 87 87 17 17
n7 240 170 100 94 89 19
n8 80 80 10 1 0 300

```

```

[* ,m2,*]

```

```

: 1 2 3 4 5 6 :=
n1 290 220 150 80 10 10
n2 240 170 100 34.9 24.4 13
n3 20 0 0 300 300 230
n4 250 250 250 250 180 110
n5 200 130 60 60 60 60
n6 210 204 159.8 89.8 89.8 89.8
n7 200 200 200 200 130 60
n8 130 60 1 0 300 300

```

```

[* ,m3,*]

```

```

: 1 2 3 4 5 6 :=
n1 280 280 280 280 280 210
n2 230 230 230 230 230 160
n3 260 190 158.6 115.2 45.2 45.2

```

```

n4 240 170 100 30 30 27.6
n5 280 265.2 265.2 195.2 195.2 195.2
n6 240 170 100 71 1 1
n7 210 140.7 70.7 70.7 1 1
n8 90 70 0 0 300 230
;

```

```

ampl: display g;

```

```

g[* ,m1,*]

```

```

: 1 2 3 4 5 6 :=

```

```

n1 0 0 0 0 0 0

```

```

n2 0 0 0 0 0 0

```

```

n3 0 0 0 0 0 0

```

```

n4 0 320 0 0 0 0

```

```

n5 0 0 0 0 0 0

```

```

n6 0 0 0 0 0 0

```

```

n7 0 0 0 0 0 0

```

```

n8 0 0 0 0 320 0

```

```

[* ,m2,*]

```

```

: 1 2 3 4 5 6 :=

```

```

n1 0 0 0 0 0 0

```

```

n2 0 0 0 0 0 0

```

```

n3 0 320 170 0 0 0

```

```

n4 0 0 0 0 0 0

```

```

n5 0 0 0 0 0 0

```

```

n6 0 0 0 0 0 0

```

```

n7 0 0 0 0 0 0

```

```

n8 0 0 0 320 0 0

```

```

[* ,m3,*]

```

```

: 1 2 3 4 5 6 :=

```

```

n1 0 0 0 0 0 0

```

```

n2 0 0 0 0 0 0

```

```

n3 0 0 0 0 0 0

```

```

n4 0 0 0 0 0 0

```

```

n5 0 0 0 0 0 0

```

```

n6 0 0 0 0 0 0

```

```

n7 0 0 0 0 0 0

```

```

n8 0 0 320 10 0 0

```

```

;

```

```

ampl: display h;

```

```

h[* ,m1,*]

```

```

: 1 2 3 4 5 6 :=

```

```

n1 0 0 0 0 0 0

```

```

n2 0 0 0 0 0 0
n3 0 0 0 0 0 0
n4 0 320 0 0 0 0
n5 0 0 0 0 0 0
n6 0 0 0 0 0 0
n7 0 0 0 0 0 0
n8 0 0 0 0 320 0

```

```

[* ,m2,*]
: 1 2 3 4 5 6 :=
n1 0 0 0 0 0 0
n2 0 0 0 0 0 0
n3 0 150 170 0 0 0
n4 0 0 0 0 0 0
n5 0 0 0 0 0 0
n6 0 0 0 0 0 0
n7 0 0 0 0 0 0
n8 0 0 0 320 0 0

```

```

[* ,m3,*]
: 1 2 3 4 5 6 :=
n1 0 0 0 0 0 0
n2 0 0 0 0 0 0
n3 0 0 0 0 0 0
n4 0 0 0 0 0 0
n5 0 0 0 0 0 0
n6 0 0 0 0 0 0
n7 0 0 0 0 0 0
n8 0 0 310 10 0 0
;

```

```

ampl: display f;
f[* ,m1,*]
: 1 2 3 4 5 6 :=
n1 0 0 0 0 0 0
n2 0 0 0 0 0 0
n3 0 0 0 0 0 0
n4 0 1 0 0 0 0
n5 0 0 0 0 0 0
n6 0 0 0 0 0 0
n7 0 0 0 0 0 0
n8 0 0 0 0 1 0

```

```

[* ,m2,*]
: 1 2 3 4 5 6 :=
n1 0 0 0 0 0 0
n2 0 0 0 0 0 0

```

```

n3 0 1 0 0 0 0
n4 0 0 0 0 0 0
n5 0 0 0 0 0 0
n6 0 0 0 0 0 0
n7 0 0 0 0 0 0
n8 0 0 0 1 0 0

```

```

[* ,m3,*]
: 1 2 3 4 5 6 :=
n1 0 0 0 0 0 0
n2 0 0 0 0 0 0
n3 0 0 0 0 0 0
n4 0 0 0 0 0 0
n5 0 0 0 0 0 0
n6 0 0 0 0 0 0
n7 0 0 0 0 0 0
n8 0 0 1 0 0 0

```

```

;
ampl: display d;
d [* ,m1,*]
: 1 2 3 4 5 6 :=
n1 0 0 0 0 0 0
n2 0 0 0 0 0 0
n3 0 0 0 0 0 0
n4 0 0 1 0 0 0
n5 0 0 0 0 0 0
n6 0 0 0 0 0 0
n7 0 0 0 0 0 0
n8 0 0 0 0 0 1

```

```

[* ,m2,*]
: 1 2 3 4 5 6 :=
n1 0 0 0 0 0 0
n2 0 0 0 0 0 0
n3 0 0 0 1 0 0
n4 0 0 0 0 0 0
n5 0 0 0 0 0 0
n6 0 0 0 0 0 0
n7 0 0 0 0 0 0
n8 0 0 0 0 1 0

```

```

[* ,m3,*]
: 1 2 3 4 5 6 :=
n1 0 0 0 0 0 0
n2 0 0 0 0 0 0
n3 0 0 0 0 0 0

```

n4	0	0	0	0	0	0
n5	0	0	0	0	0	0
n6	0	0	0	0	0	0
n7	0	0	0	0	0	0
n8	0	0	0	0	1	0

;

Σχολιάζοντας τα αποτελέσματα του παραδείγματος μέσα από την από την εφαρμογή του μοντέλου που αναπτύξαμε, προκύπτουν τα εξής:

➤ Το A/Φ n4 της Μοίρας m1 θα πρέπει να προγραμματιστεί για είσοδο στη συντήρηση την χρονική περίοδο t2 και θα παραμείνει στο υπόστεγο μία περίοδο. Όμοια, το A/Φ n8 της ίδιας Μοίρας θα εισέλθει για συντήρηση την περίοδο t5 και θα παραμείνει σ' αυτή μία χρονική περίοδο

➤ Το A/Φ n3 της Μοίρας m2 θα πρέπει να προγραμματιστεί για είσοδο στη συντήρηση την χρονική περίοδο t2 και θα παραμείνει στο υπόστεγο δύο περιόδους, καθώς ήδη βρίσκεται σ' αυτό το A/Φ n4 της Μοίρας m1. Εξάλλου, το A/Φ n8 της ίδιας Μοίρας θα εισέλθει για συντήρηση την περίοδο t4 και θα παραμείνει σ' αυτή μία χρονική περίοδο

➤ Το A/Φ n8 της Μοίρας m3 θα πρέπει να προγραμματιστεί για είσοδο στη συντήρηση την χρονική περίοδο t3 και θα παραμείνει στο υπόστεγο δύο χρονικές περιόδους, λόγω του περιορισμού στις εργατώρες της συντήρησης.

➤ Η ελάχιστη διαθεσιμότητα και για τις τρεις Μοίρες είναι 7 A/Φ επί συνόλου 8 A/Φ για την κάθε μία , ποσοστό δηλαδή 87,5 %, αρκετά ικανοποιητικό.

➤ Σε κάθε χρονική περίοδο ο στόλος κάθε Μοίρας διαθέτει ένα ελάχιστο αριθμό ωρών πτήσης (FLEET TIME), ικανός να ανταποκριθεί στις πιθανές απαιτήσεις που θα προκύψουν.

## Παράδειγμα 2<sup>ο</sup>:

Σε αυτό το παράδειγμα μελετάται μια Μονάδα Α/Φ που αποτελείται από δυο Μοίρες, κάθε μία από τις οποίες έχει δύναμη 8 Α/Φ σε χρονικό ορίζοντα 6 περιόδων. Σε αυτή την περίπτωση θεωρούμε ότι την χρονική στιγμή  $t = 1$  βρίσκονται ήδη υπό συντήρηση δύο Α/Φ. Με την παράμετρο G1 ορίζουμε τις εργατώρες που απομένουν για την ολοκλήρωση των εργασιών συντήρησης σ' αυτά.

Τα δεδομένα του προβλήματος, όπως αυτά εισάγονται στην AMPL, είναι :

```
set N:= n1 n2 n3 n4 n5 n6 n7 n8 ;
```

```
set M:= m1 m2 ;
```

```
param Co:=2;
```

```
param Jo:=100;
```

```
param T:= 6;
```

```
param Go:=320;
```

```
param Yo:=300;
```

```
param Xo:=70;
```

```
param BIG:= 100000;
```

```
param B:=
```

```
1 270
```

```
2 270
```

```
3 270
```

```
4 270
```



5 270

6 250 ;

param A (tr):

m1 m2 :=

1 330 340

2 240 248

3 250 249

4 240 245

5 246 246

6 247 240 ;

param Y1 (tr):

n1 n2 n3 n4 n5 n6 n7 n8 :=

m1 280 260 210 170 0 80 280 240

m2 290 280 230 250 160 40 0 210 ;

param G1 (tr):

n1 n2 n3 n4 n5 n6 n7 n8 :=

m1 0 0 0 0 320 0 0 0

m2 0 0 0 0 0 0 240 0 ;

Η επίλυση του προβλήματος με τη χρήση του μοντέλου που αναπτύχθηκε και με εφαρμογή της AMPL (A Modeling Language for Mathematical Programming) μας δίνει:

```
AMPL: model a1.txt;
AMPL: data a3.txt;
AMPL: solve;
CPLEX 8.0.0: optimal integer solution; objective 7
78140 MIP simplex iterations
10362 branch-and-bound nodes
AMPL: display a;
a [*,m1,*]
:   1  2  3  4  5  6   :=
n1  1  1  1  1  1  1
n2  1  1  1  1  1  1
n3  1  1  1  1  1  1
n4  1  1  1  0  0  1
n5  0  0  0  1  1  1
n6  1  1  1  1  1  1
n7  1  1  1  1  1  1
n8  1  1  1  1  1  1

[*,m2,*]
:   1  2  3  4  5  6   :=
n1  1  1  1  1  1  1
n2  1  1  1  1  1  1
n3  1  1  1  1  1  1
n4  1  1  1  1  1  1
n5  1  1  1  1  1  1
n6  1  0  0  0  1  1
n7  0  1  1  1  1  1
n8  1  1  1  1  1  1
;
AMPL: display x;
x [*,m1,*]
:   1  2  3  4  5  6   :=
n1  17 13 70  6 70  0
n2  70  0 49 70 70  0
n3  70 69  0 70  0 70
n4  70 64 36  0  0 70
n5  0  0  0 70 11.4 12.3
n6  0  0  0  0  0  0
n7  70 70 70  0  0 70
n8  0  0  0  0 70  0
```

```

[* ,m2,*]
:   1   2   3   4   5   6   :=
n1 70 25.2 14.1 70 70 0
n2 70 70 0 70 11.4 0
n3 70 19 70 0 70 70
n4 0 39 70 70 70 70
n5 0 0 0 10.5 0 70
n6 40 0 0 0 0 6
n7 0 0 0 0 0 0
n8 56 70 70 0 0 0
;

```

```

ampl: display y;
y [* ,m1,*]
:   1   2   3   4   5   6   :=
n1 280 263 250 180 174 104
n2 260 190 190 141 71 1
n3 210 140 71 71 1 1
n4 170 100 36 0 0 300
n5 0 0 0 300 230 218.6
n6 80 80 80 80 80 80
n7 280 210 140 70 70 70
n8 240 240 240 240 240 170

```

```

[* ,m2,*]
:   1   2   3   4   5   6   :=
n1 290 220 194.8 180.7 110.7 40.7
n2 280 210 140 140 70 58.6
n3 230 160 141 71 71 1
n4 250 250 211 141 71 1
n5 160 160 160 160 149.5 149.5
n6 40 0 0 0 300 300
n7 0 300 300 300 300 300
n8 210 154 84 14 14 14
;

```

```

ampl: display g;
g [* ,m1,*]
:   1   2   3   4   5   6   :=
n1 0 0 0 0 0 0
n2 0 0 0 0 0 0
n3 0 0 0 0 0 0
n4 0 0 0 320 270 0
n5 320 320 270 0 0 0
n6 0 0 0 0 0 0
n7 0 0 0 0 0 0
n8 0 0 0 0 0 0

```

```

[* ,m2,*]
:   1  2  3  4  5  6  :=
n1  0  0  0  0  0  0
n2  0  0  0  0  0  0
n3  0  0  0  0  0  0
n4  0  0  0  0  0  0
n5  0  0  0  0  0  0
n6  0 320 100 100 0  0
n7 240  0  0  0  0  0
n8  0  0  0  0  0  0
;

```

ampl: display h;

```

h [* ,m1,*]
:   1  2  3  4  5  6  :=
n1  0  0  0  0  0  0
n2  0  0  0  0  0  0
n3  0  0  0  0  0  0
n4  0  0  0 50 270  0
n5  0 50 270  0  0  0
n6  0  0  0  0  0  0
n7  0  0  0  0  0  0
n8  0  0  0  0  0  0

```

```

[* ,m2,*]
:   1  2  3  4  5  6  :=
n1  0  0  0  0  0  0
n2  0  0  0  0  0  0
n3  0  0  0  0  0  0
n4  0  0  0  0  0  0
n5  0  0  0  0  0  0
n6  0 220  0 100  0  0
n7 240  0  0  0  0  0
n8  0  0  0  0  0  0
;

```

ampl: display f;

```

f [* ,m1,*]
:   1  2  3  4  5  6  :=
n1  0  0  0  0  0  0
n2  0  0  0  0  0  0
n3  0  0  0  0  0  0
n4  0  0  0  1  0  0
n5  0  0  0  0  0  0
n6  0  0  0  0  0  0
n7  0  0  0  0  0  0
n8  0  0  0  0  0  0

```

```

[* ,m2,*]
: 1 2 3 4 5 6 :=
n1 0 0 0 0 0 0
n2 0 0 0 0 0 0
n3 0 0 0 0 0 0
n4 0 0 0 0 0 0
n5 0 0 0 0 0 0
n6 0 1 0 0 0 0
n7 0 0 0 0 0 0
n8 0 0 0 0 0 0
;

```

```

ampl: display d;
d [* ,m1,*]
: 1 2 3 4 5 6 :=
n1 0 0 0 0 0 0
n2 0 0 0 0 0 0
n3 0 0 0 0 0 0
n4 0 0 0 0 0 1
n5 0 0 0 1 0 0
n6 0 0 0 0 0 0
n7 0 0 0 0 0 0
n8 0 0 0 0 0 0

```

```

[* ,m2,*]
: 1 2 3 4 5 6 :=
n1 0 0 0 0 0 0
n2 0 0 0 0 0 0
n3 0 0 0 0 0 0
n4 0 0 0 0 0 0
n5 0 0 0 0 0 0
n6 0 0 0 0 1 0
n7 0 1 0 0 0 0
n8 0 0 0 0 0 0

```

Σχολιάζοντας τα αποτελέσματα του δεύτερου παραδείγματος μέσα από την εφαρμογή του μοντέλου που αναπτύξαμε, προκύπτουν τα εξής:

➤ Το Α/Φ n5 της Μοίρας m1 το οποίο βρίσκεται τη χρονική στιγμή t1 στη συντήρηση, θα εξέλθει από αυτή χρονική περίοδο t4. Εξάλλου, το Α/Φ n4 της ίδιας Μοίρας θα πρέπει να προγραμματιστεί για είσοδο στη συντήρηση την περίοδο t4 και θα παραμείνει σ' αυτή δύο χρονικές περιόδους.

➤ Το Α/Φ n7 της Μοίρας m2 το οποίο βρίσκεται τη χρονική στιγμή t1 στη συντήρηση, θα εξέλθει από αυτή χρονική περίοδο t2. Εξάλλου, το Α/Φ n6 της ίδιας Μοίρας θα πρέπει να προγραμματιστεί για είσοδο στη συντήρηση την περίοδο t2 και θα παραμείνει σ' αυτή τρεις χρονικές περιόδους., καθώς παράλληλα βρίσκεται στο υπόστεγο τα Α/Φ n4, n5 της Μοίρας m1, απορροφώντας τμήμα των εργασιών συντήρησης.

➤ Η ελάχιστη διαθεσιμότητα και για τις τρεις Μοίρες είναι 7 Α/Φ επί συνόλου 8 Α/Φ για την κάθε μία , ποσοστό δηλαδή 87,5 %, αρκετά ικανοποιητικό.

➤ Σε κάθε χρονική περίοδο ο στόλος κάθε Μοίρας διαθέτει ένα ελάχιστο αριθμό ωρών πτήσης (FLEET TIME), ικανός να ανταποκριθεί στις πιθανές απαιτήσεις που θα προκύψουν.

## **5.5 Σχολιασμός και Συμπεράσματα Εφαρμογής Μοντέλου**

### **Προγραμματισμού Συντήρησης Αεροσκαφών**

Η εφαρμογή του μοντέλου προγραμματισμού συντήρησης και πτήσεων αεροσκαφών έγινε με τη βοήθεια της AMPL (A Modeling for Mathematical Programming). Η εφαρμογή του μοντέλου είχε την τάση να καλύψει όλες τις πιθανές εκδοχές. Δόθηκε βαρύτητα σε προβλήματα μεγάλου μεγέθους, που αφορούν τον προγραμματισμό συντήρησης και πτήσεων αεροσκαφών σε χρονικό ορίζοντα τέτοιο που να καλύπτει τις όλες τις πιθανές περιπτώσεις (είσοδος – έξοδος Α/Φ από το υπόστεγο συντήρησης). Τα αποτελέσματα μας έδωσαν ένα γενικό οδηγό για τον ρυθμό εκμετάλλευσης των αεροσκαφών σε μια αεροπορική μονάδα, εξετάζοντας το πρόγραμμα συντήρησης σ' αυτή συνολικά. Στην ανεύρεση της λύσης

λήφθηκαν υπόψη οι περιορισμοί που είχαν τεθεί γύρω από τη συντήρηση και τις δυνατότητες αυτής, καθώς και το απαιτούμενο πτητικό έργο για την κάθε υπομονάδα (Μοίρα) ξεχωριστά.

Ωστόσο, θα πρέπει να επισημάνουμε το μεγάλο μέγεθος του προβλήματος που καλείται να επιλύσει το μοντέλο που αναπτύχθηκε. Έτσι, ο όγκος των μεταβλητών που έχουν εισαχθεί σε συνδυασμό με το μεγάλο χρονικό ορίζοντα, έκανε αρκετά δύσκολη και χρονοβόρα την επίλυσή του. Η χρονική καθυστέρηση της συγκεκριμένης έκδοσης της AMPL ήταν ιδιαίτερα εμφανής σε εφαρμογές στις οποίες το μοντέλο καλούνταν να εισάγει Α/Φ στη συντήρηση και να ανανεώσει τις διαθέσιμες ώρες πτήσης της κάθε Μοίρας, καλύπτοντας ένα απαιτητικό πρόγραμμα πτήσεων, σε χρονικό ορίζοντα μεγαλύτερο των έξι περιόδων.

Στις εφαρμογές που αναφέρθηκαν προέκυψε ότι ο χρόνος επίλυσης του προβλήματος αυξανόταν με την αύξηση του αριθμού των Μοιρών ενώ η επίλυση γινόταν πολύ αργή όταν υπήρχε μεγάλη αύξηση του απαιτούμενου προγράμματος πτήσεων, όπου το μοντέλο έτεινε να καλύψει το πτητικό έργο διατηρώντας υψηλή διαθεσιμότητα και ένα ελάχιστο FLEET TIME, με την είσοδο – έξοδο Α/Φ στη συντήρηση.

Η μη επαρκής διάθεση εργατωρών Β από τη συντήρηση σε ορισμένες περιπτώσεις έκανε την επίλυση του προβλήματος μη εφικτή. Έτσι, η μεταβολή των εργατωρών συντήρησης σε συνδυασμό με την αύξηση της χωρητικότητας σε αυτή και την ελαστικότητα του απαιτούμενου FLEET TIME, δίνει τη δυνατότητα επίλυσης εφαρμογών με υψηλές απαιτήσεις σε πτητικό έργο και περιορισμένες διαθέσιμες ώρες πτήσης.

Σημαντικός παράγοντας στο σωστό προγραμματισμό των πτήσεων και της συντήρησης αποτελεί η τήρηση του δείκτη FLEET TIME σε κάποια επιθυμητά όρια. Η παροχή δυνατότητας μεταβολής του αριθμού των Α/Φ, αλλά κυρίως του αρχικού υπολειπόμενου χρόνου πτήσης για κάθε Α/Φ και των δυνατοτήτων της συντήρησης τόσο σε

χώρο υπόστεγου όσο και σε εργατ6ρες συντήρησης, 6δωσαν τη δυνατότητα εξέτασης του προβλήματος με διαφορετικά δεδομένα.

Η αυξομείωση των παρεχόμενων εργατωρών συντήρησης είχε σαν συνέπεια την επίλυση του προβλήματος ή τη μη εφικτότητα επίλυσής του. Εξάλλου, μια αύξηση των εργατωρών της παρεχόμενης συντήρησης θα έχει άμεσες επιπτώσεις στο χρόνο παραμονής των Α/Φ στα υπόστεγα συντήρησης και κατά συνέπεια στη διαθεσιμότητα των Α/Φ της αεροπορικής μονάδας.

Επίσης, ο υπολειπόμενος πτητικός χρόνος των Α/Φ κάθε Μοίρας θα έπρεπε να είναι τέτοιος, 6στε να τηρούνται οι περιορισμοί που αφορούν το FLEET TIME ενώ παράλληλα να υπάρχει η δυνατότητα κάλυψης του προγραμματισμού των πτήσεων. Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι περιορισμοί που αφορούν στη συντήρηση καθώς και ο αντικειμενικός σκοπός του προβλήματος που είναι η μεγιστοποίηση της διαθεσιμότητας των Α/Φ ανά Μοίρα για κάθε χρονική περίοδο  $T$ , 6θούν το μοντέλο στη διατήρηση σε πτήσιμη κατάσταση ενός Α/Φ με υπόλοιπο ωρών για συντήρηση ακόμη και 1 6ρα πτήσης, κάτι που αποτελεί ρεαλιστική περίπτωση.

## **5.6 Προτάσεις για Μελλοντική Βελτίωση**

Αναμφισβήτητα, η συντήρηση και το πτητικό 6ργο μιας αεροπορικής μονάδας επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες κι έχει έναν ιδιαίτερα δυναμικό χαρακτήρα. Το μοντέλο προγραμματισμού συντήρησης αεροσκαφών που αναπτύχθηκε σκοπεύει στο να αποτελέσει ένα γενικό οδηγό στο ρυθμό εκμετάλλευσης των αεροσκαφών μιας αεροπορικής μονάδας λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς που διέπουν τη συντήρηση και το πρόγραμμα πτήσεων αυτής. Το σημαντικό πλεονέκτημά του, είναι ότι δε θεωρεί δεδομένη την πτητική



εκμετάλλευση των αεροσκαφών, αλλά κινείται στην κατεύθυνση του να αποτελέσει οδηγό γι' αυτή, ενώ ο προγραμματισμός της συντήρησης καλύπτει περισσότερες από μια υπομονάδες αεροσκαφών (εν προκειμένω Μοίρες).

Παράλληλα, θα πρέπει να επισημάνουμε τη δυνατότητα εφαρμογής του προγράμματος σε διάφορα δεδομένα, τα οποία μεταβάλλονται ανάλογα με τον τύπο του Α/Φ και τις δυνατότητες του φορέα συντήρησης. Έτσι, παράμετροι που μπορούν να μεταβληθούν, όπως οι υπολειπόμενες ώρες για συντήρηση του εκάστοτε Α/Φ ή η δυνατότητα παροχής εργατοωρών συντήρησης ή εγκαταστάσεων (υπόστεγα συντήρησης), τείνουν να μεταβάλλουν τις εφικτές λύσεις που προκύπτουν από την εφαρμογή του μοντέλου.

Ωστόσο, μελλοντικά θα μπορούσε να γίνει μια σε μεγαλύτερο βάθος περιγραφή των συνθηκών που επηρεάζουν την πτητική κατάσταση των αεροσκαφών μιας μονάδας. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να γίνει αναφορά στις βλάβες επιπέδου 1<sup>ου</sup> βαθμού συντήρησης, οι οποίες είναι δυνατό να αναστείλουν την ικανότητα για πτήση ενός αεροσκάφους ακόμα και για μεγάλο χρονικό διάστημα. Παράγοντες όπως οι καιρικές συνθήκες, η ματαίωση πτήσεων για απρόβλεπτους λόγους ή ο επιπρόσθετος προγραμματισμός πτήσεων για κάλυψη μη αναμενόμενων καταστάσεων, είναι σίγουρα δύσκολο να συγκεκριμενοποιηθούν, ωστόσο μπορεί να γίνει μια στατιστική μελέτη της συχνότητας εμφάνισής τους και του βαθμού στον οποίο επηρεάζουν τελικά τον προγραμματισμό της συντήρησης.

Ένας άλλος παράγοντας που θα μπορούσε να διερευνηθεί μελλοντικά αποτελεί η συντήρηση των Α/Φ και οι εσωτερικές διεργασίες αυτής. Έτσι, στο μοντέλο που έχουμε περιγράψει θεωρήσαμε τις απαιτούμενες εργατώρες συντήρησης δεδομένες, ενώ δεν έγινε κάποια ιδιαίτερη μελέτη όσον αφορά στις πιθανές αστοχίες που αποτελούν ευρήματα κατά τη συντήρηση ενός Α/Φ και επηρεάζουν σημαντικά το χρόνο εκτέλεσης αυτής και, κατά συνέπεια, τον προγραμματισμό της συντήρησης συνολικά. Μελλοντικά θα μπορούσε να

γίνει μια μελέτη αποκλειστικά των διεργασιών στο εσωτερικό της συντήρησης Α/Φ και της πιθανότητας ανεύρεσης αστοχιών καθώς και άλλων παραγόντων που παρατείνουν το χρόνο συντήρησης, όπως είναι η χρονική καθυστέρηση στην ικανοποίηση των παραγγελιών υλικών, με τη βοήθεια της θεωρίας των πιθανοτήτων και στατιστικής μελέτης.

## **5.7 Επίλογος**

Η υψηλή διαθεσιμότητα του στόλου των Α/Φ σε συνδυασμό με την ορθή εκμετάλλευσή τους, ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα συμφόρησης στη συντήρησή τους αποτελούν βασικούς στόχους, τόσο στην πολιτική όσο και στην Πολεμική αεροπορία. Μια σωστά κλιμακούμενη πτητική εκμετάλλευση των αεροσκαφών, η οποία θα ικανοποιεί τις απαιτήσεις του πτητικού έργου της κάθε μονάδας/ εταιρίας, χωρίς να δημιουργεί προβλήματα στον προγραμματισμό της συντήρησής τους, δύναται να συμβάλλει στη μεγιστοποίηση της διαθεσιμότητας του στόλου, που είναι και ο αντικειμενικός στόχος.

Τα μοντέλο που αναπτύχθηκε έχει αυτόν ακριβώς το στόχο, τη μεγιστοποίηση της διαθεσιμότητας των Α/Φ, αεροσκάφη δηλαδή που τη δεδομένη χρονική περίοδο είναι σε πτητική κατάσταση. Σ' αυτή τη μελέτη λήφθηκαν υπόψη, προσεγγιστικά πάντα, λόγω και του δυναμικού χαρακτήρα του συγκεκριμένου προβλήματος, όλοι εκείνοι οι περιορισμοί που διέπουν τη συντήρηση των Α/Φ και επηρεάζουν τον προγραμματισμό της. Στόχος του μοντέλου είναι να αποτελέσει οδηγό όσον αφορά την πτητική εκμετάλλευση των Α/Φ μιας αεροπορικής μονάδας ή ενός αριθμού αεροπορικών εταιριών, οι οποίες συνεργάζονται με έναν φορέα συντήρησης, με σκοπό την αποφυγή προβλημάτων στον προγραμματισμό της συντήρησης και τη μεγιστοποίηση των διαθέσιμων Α/Φ για κάθε υπομονάδα (ή Μοίρα) ξεχωριστά.

Πέρα από τον προγραμματισμό της συντήρησης των Α/Φ, τα κριτήρια επιλογής του φορέα που θα την επιτελέσει χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής, καθώς και ο τρόπος αξιολόγησης και η παρακολούθηση των εργασιών του φορέα συντήρησης από την ενδιαφερόμενη αεροπορική μονάδα/ εταιρία. Βασικοί παράγοντες αποτελούν η ασφαλής και ποιοτική εκτέλεση των εργασιών που υποσκελίζουν το κόστος, ενώ θα πρέπει να επισημανθεί η απουσία ομοιομορφίας όσον αφορά θέματα πιστοποίησης και ελέγχου ποιότητας, παρά το υψηλό οικονομικό μέγεθος της αεροπορικής βιομηχανίας.

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Booz-Allen & Hamilton Report. 2001, Punctuality: How Airlines Can Improve On Time Performance
- Friend, C.H. 1995, Aircraft Maintenance Management Longman-Scientific Technical, England.
- Boere, N.J. MAY 1977, Air Canada Saves With Aircraft Maintenance Scheduling
- U.S. Department Of Transportation/ Federal Aviation Administration (FAA) 2003, Practices and Perspectives in Outsourcing Aircraft Maintenance
- Sriram Chellappan, Haghani Ali 2001, An Optimization Model for Aircraft Maintenance Scheduling and Re-assignment
- Barnes Robyn D., Harding J. C., 1995, From Greaseboards to Gigabytes: A Comparative Analysis of Naval Aviation and Commercial Airlines Maintenance Scheduling Methods
- Raivio Tuomas, Kuumola Eerneli, Mattila Ville A., Virtanen Kai, Helsinki University of Technology, 2001, A Simulation Model for Military Aircraft Maintenance and Availability
- Fourer Robert, Gay M. David, Kernighan W. Brian, AMPL A Modeling Language for Mathematical Programming

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000074308