

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ  
ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

*Μεταπτυχιακή Διατριβή*

---

«Μοντελοποίηση διαδικασίας επιλογής καταλληλότερης ομάδας εργασίας για την εκτέλεση εργασιών επισκευής επί Α/Κ σε συνεργείο αεροκινητήρων της Πολεμικής Αεροπορίας»



Εποπτεύων Καθηγητής:  
*Κοντογιάννης Θωμάς*

Διατριβή που υπεβλήθη για τη μερική ικανοποίηση των απαιτήσεων  
για την απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης από τον:  
*Καρανικόλα Ιάσονα*

ΧΑΝΙΑ 2014

Η παρούσα διατριβή του Ιάσονα Καρανικόλα εγκρίνεται από τους κ.κ.:

*Κοντογιάννη Θωμά (Καθηγητή, ΜΠΔ)*

*Μουστάκη Βασίλειο (Καθηγητή, ΜΠΔ)*

*Αναστάσιο Δουλάμη (Επι. Καθηγητή, ΕΜΠ)*

«Να αγαπάς τα παρόντα  
και να ζητάς για το μέλλον τα καλύτερα»  
Ισοκράτης

*Αφιερώνεται...*

*Στην Νεφέλη, την αδερφούλα μου, της  
οποίας η ακαδημαϊκή ζωή είναι προ των πυλών,  
με την πεποίθηση ότι ο κόσμος που ανοίγεται μπροστά της  
θα της χαρίσει αμέτρητες χαρές... αλλά και πίκρες,  
που όμως με το χαμόγελο της θα γίνονται  
και αυτές χαρές...*

## Περιεχόμενα

Περίληψη Θέματος .....	4
Εισαγωγή.....	5
1. Οργάνωση Τεχνικής Υποστήριξης Πολεμικής Αεροπορίας .....	6
2. Διαδικασίες Συντήρησης Αεροκινητήρων .....	10
3. Μεθοδολογία IDEF0.....	13
4. Μοντελοποίηση και Ανάλυση Συστήματος Β' Βαθμού Συντήρησης Αεροκινητήρων (τύπου F100-PW-229), σύμφωνα με την μεθοδολογία IDEF0.....	16
5. Αναπτυξη προγράμματος επιλογής ομάδας τεχνικών ανά εργασία .....	23
5.1 Περιγραφή κριτηρίων για επιλογή ομάδων .....	24
5.1.1 Εκτελούμενες εργασίες.....	24
5.1.2 Απαιτήσεις εκτελούμενων εργασιών .....	25
5.1.3 Διαθέσιμοι τεχνικοί.....	27
5.1.4 Χαρακτηριστικά τεχνικών .....	27
5.1.5 Απαίτηση αεροκινητήρων .....	30
5.2 Έμεσα συμπεράσματα για την επιλογή ομάδας εργασίας .....	30
5.3 Ανάλυση διαδικασίας επιλογής.....	31
5.4 Παρουσίαση προγράμματος .....	31
5.4.1 Ημερολόγιο εργασιών .....	32
5.4.2 Εργασίες ανά αεροκινητήρα.....	33
5.4.3 Πολυκριτήριος πίνακας τεχνικών .....	33
5.5 Περιγραφή διαδικασίας επιλογής .....	34
5.6 Αυτοβελτίωση του προγράμματος .....	38
5.7 Απόδοση ομάδων εργασίας .....	38
6. Συμπεράσματα.....	42
Βιβλιογραφία .....	44
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....	45
Κώδικας Προγραμματισμού Μοντέλου σε VBA .....	45

## Περίληψη Θέματος

Ένας Αεροκινητήρας εντάσσεται στον Β' Βαθμό Συντήρησης (συνεργείο Μοίρας Συντήρησης Βάσης) για δύο κυρίους λόγους α) απρογραμματίστη συντήρηση "on condition" : βλάβη που εντοπίστηκε και δεν δύναται να επισκευαστεί στον Α' Βαθμό Συντήρησης και β) προγραμματισμένη συντήρηση κατόπιν σχετικών υποδείξεων του κατασκευαστή. Σκοπός της εν λόγω Μεταπτυχιακής Διατριβής είναι η ανάλυση και η μοντελοποίηση της διαδικασίας επιλογής ομάδας εργασίας, κατά την οποία λαμβάνονται υπόψη οι απαιτήσεις - δεξιότητες (skills) κάθε εργασίας συντήρησης που απαιτούνται για την υλοποίησή της, οι ικανότητες του διαθέσιμου και εκπαιδευμένου προσωπικού καθώς επίσης και η προηγούμενη ενασχόλησή του με την συγκεκριμένη βλάβη. Πιο αναλυτικά, η όλη διαδικασία γίνεται συνυπολογίζοντας τις σχετικές δεξιότητες κάθε τεχνικού (ταχύτητα, ποιότητα κ.α), το επίπεδο εργασιακής του εμπειρίας (εκτελεστής- επιθεωρητής), το πόσες φορές κατά το παρελθόν έχει εκτελέσει την εν λόγω εργασία καθώς επίσης και τους παρόντες τεχνικούς της ημέρας (με βάση τους απόντες για εκτέλεση υπηρεσίας - άδειες προσωπικού). Σαν αποτέλεσμα, είναι δυνατή η σύνθεση της καταλληλότερης ομάδας για την εκτέλεση κάθε εργασίας συντήρησης που έχει προγραμματιστεί την συγκεκριμένη ημέρα. Παράλληλα, επιχειρείται η ανάπτυξη λογισμικού η οποία θα υλοποιεί την παραπάνω διαδικασία μοντελοποιώντας την διαδικασία λήψης απόφασης των Προϊσταμένων της Συντήρησης.

## Εισαγωγή

Στην παρούσα διπλωματική διατριβή πρόκειται να γίνει μία προσπάθεια για την μοντελοποίηση και την προσομοίωση της διαδικασίας συντήρησης ΑΚ, η οποία λαμβάνει χώρα στο συνεργείο ΑΚ της 115ΠΜ. Η διαδικασία μοντελοποίησης θα γίνει αξιοποιώντας τη τεχνική Integration Definition for Function Modeling (IDEF0), που αποτελεί μία μέθοδο η οποία και χρησιμοποιείται για τη μοντελοποίηση των αποφάσεων, δράσεων και ενεργειών σε έναν οργανισμό ή ένα σύστημα (wikipedia, IDEF0, 2014). Παράλληλα, επιχειρείται να γίνει μία καταγραφή της ανάπτυξης εργασιών και ανασχηματισμός σχεδίου δράσης για την επίλυση συνήθων διοικητικών προβλημάτων.

Περιγράφοντας τα σημαντικότερα σημεία της διαδικασίας που ακολουθείται για την Συντήρηση των Α/Κ σε ένα οργανισμό σαν την Πολεμική Αεροπορία, βλέπουμε ότι η διαδικασία συντήρησης χωρίζεται σε τρία βασικά στάδια, τον Α΄, Β΄ και Γ΄ Βαθμό Συντήρησης. Συνοπτικά, σημειώνουμε ότι στον Β΄ Βαθμό Συντήρησης (συνεργείο ΑΚ) εντάσσονται ΑΚ προς επισκευή από το Α΄ Βαθμό Συντήρησης με μη καθορισμένο ρυθμό, αιτία ένταξης και υπόλοιπο ωρών, ενώ αποστέλλονται από αυτόν σε συγκεκριμένα χρονικά πλαίσια στον Γ΄ Βαθμό Συντήρησης. Επιπλέον, η δυνατότητα επισκευής των Εκτός Ενεργεία ΑΚ περιορίζεται σε μέσα και προσωπικό, αλλά και από το διαθέσιμο απόθεμα ανταλλακτικών που δεν μπορεί να είναι άπειρο. Η παραπάνω διαδικασία αναλύεται περαιτέρω στα δύο πρώτα κεφάλαια.

Τέλος, λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω και αξιοποιώντας τις θεωρητικές γνώσεις που αποκτήθηκαν από την παρακολούθηση του κύκλου μαθημάτων του μεταπτυχιακού «Οργάνωση και Διοίκηση», επιχειρείται η δημιουργία ενός στη υπολογιστικού μοντέλου, το οποίο θα έχει ως σκοπό την επιλογή των τεχνικών που θα αποτελούν τη βέλτιστη δυνατή επιλογή για εργασία στην εκάστοτε ομάδα εργασιών, η οποία λαμβάνει χώρα στους ΑΚ οι οποίοι και συντηρούνται.

# 1. Οργάνωση Τεχνικής Υποστήριξης Πολεμικής Αεροπορίας

Η πολυπλοκότητα των αεροπορικών συστημάτων σε συνδυασμό με τα απαιτούμενα μέσα και την απαιτούμενη εμπειρία του τεχνικού προσωπικού που υλοποιεί το έργο της Τεχνικής Υποστήριξης, επιβάλλουν την κλιμάκωση των ενεργειών σε διαδοχικά επίπεδα ή βαθμούς συντήρησης. Τα εν λόγω επίπεδα ή βαθμοί διακρίνονται ως εξής (ΓΕΑ, 2007):

- Στον Α' Βαθμό Συντήρησης (Α' Β.Σ. ή Επίπεδο Οργανικής Συντήρησης / Organizational Level Maintenance / O Level Maintenance)
- Στον Β' Βαθμό Συντήρησης (Β' Β.Σ. ή Επίπεδο Ενδιάμεσης Συντήρησης ή Συντήρησης Βάσης / Intermediate Level Maintenance / I Level Maintenance)
- Στον Γ' Βαθμό Συντήρησης (Γ' Β.Σ. ή Επίπεδο Συντήρησης Εργοστασίου / Depot Level Maintenance).

Ο διαχωρισμός των εργασιών συντήρησης σε Α', Β' και Γ' Β.Σ. γίνεται από τον κατασκευαστή στη φάση σχεδίασης. Στην συνέχεια, η Διοίκηση της Πολεμικής Αεροπορίας αποφασίζει λαμβάνοντας υπόψη μια σειρά από παραμέτρους ποιο από τα παρακάτω συστήματα συντήρησης θα ακολουθήσει:

- Με το αποκεντρωτικό σύστημα συντήρησης, η Μοίρα Συντήρησης εκτελεί τις εργασίες Β' Β.Σ. και ονομάζεται Μοίρα Συντήρησης Βάσης (ΜΣΒ), ενώ οι εργασίες Α' Β.Σ. εκτελούνται από την Τεχνική Υποστήριξη της κάθε Πολεμικής – Εκπαιδευτικής Μοίρας. Το εν λόγω σύστημα ενδείκνυται για Μονάδες που φιλοξενούν Μοίρες με διαφορετικούς τύπους Αεροσκαφών - Ελικοπτέρων.

- Με το συγκεντρωτικό σύστημα συντήρησης, το σύνολο των εργασιών Α' Β.Σ, ανά τύπο, αναλαμβάνεται από μία Μοίρα Συντήρησης Α/Φ (ΜΣΑ), που υποστηρίζει περισσότερες της μίας, Μοίρες Αεροσκαφών - Ελικοπτέρων, ενώ οι εργασίες Β' Β.Σ. εκτελούνται από τη ΜΣΒ. Το εν λόγω σύστημα ενδείκνυται για Μονάδες που φιλοξενούν περισσότερες της μίας Μοίρες με ίδιου τύπου Αεροσκάφη - Ελικόπτερα. Σε Μονάδες με περιορισμένες δυνατότητες Β' Β.Σ., το σύνολο της συντήρησης μπορεί να εκτελείται από μία Μοίρα Συντήρησης Αεροσκαφών (ΜΣΑ).

- Με το ημισυγκεντρωτικό σύστημα συντήρησης, η Μοίρα Συντήρησης Βάσης (ΜΣΒ) εκτελεί τις εργασίες Β' Β.Σ καθώς και την απρογραμματίστη συντήρηση

Α' Βαθμού, ενώ η Τεχνική Υποστήριξη της κάθε Πολεμικής Μοίρας αναλαμβάνει την επανεξυπηρέτηση και επανεξοπλισμό των Αεροσκαφών. Το εν λόγω σύστημα ενδείκνυται για αντιμετώπιση περιπτώσεων υποστελέχωσης σε τεχνικό προσωπικό και ύπαρξη απαίτησης υποστήριξης κλιμακίων επιφυλακής (Readiness).

Ο διαχωρισμός των απαιτήσεων στον Α' Β.Σ. (Μοίρας Αεροσκαφών) και στον Β' Β.Σ. (Μοίρας Συντήρησης), γίνεται ανάλογα με τις απαιτήσεις της τεχνικής βιβλιογραφίας του μέσου, το απαιτούμενο και διαθέσιμο τεχνικό δυναμικό της Μονάδας, τον τύπο ή τύπους των Αεροσκαφών – Ελικοπτέρων που υποστηρίζει η Μονάδα, τα μέσα και τον εξοπλισμό που απαιτούνται, τη θέση της Μονάδας, την αποστολή των Μοιρών Αεροσκαφών - Ελικοπτέρων της Μονάδας κλπ., έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η κάλυψη των επιχειρησιακών αναγκών και των απαιτήσεων Συντηρήσεως με το βέλτιστο δυνατό κόστος.

Αν και δεν αποκλείονται επιμέρους αποκλίσεις, η πλειοψηφία των τεχνικών δραστηριοτήτων που εμπίπτουν στα δύο πρώτα επίπεδα (οργανικής συντήρησης και συντήρησης βάσης) αποτελεί αντικείμενο αρμοδιότητας των Πτερύγων και Σμηναρχιών Μάχης.

Στον πρώτο βαθμό συντήρησης (Α' Β.Σ.) εκτελούνται εργασίες επιθεωρήσεων, εξυπηρέτησης, λίπανσης, ρύθμισης και αντικατάστασης μικρών συγκροτημάτων ή υποσυγκροτημάτων, στο Υλικό (Αεροσκάφος και Εξοπλισμό) που είναι τοποθετημένο. Ενδεικτικά οι εργασίες που είναι δυνατόν να εκτελούνται είναι:

- Μικρής έκτασης ωρολογιακές, ημερολογιακές, προ πτήσεως, μεταξύ πτήσεων και μετά πτήση επιθεωρήσεις, επανεξυπηρέτηση και επανεξοπλισμός των Αεροσκαφών.
- Ημερήσιες, ωρολογιακές, εβδομαδιαίες, μικρής έκτασης επιθεωρήσεις, εξυπηρετήσεις του επίγειου εξοπλισμού υποστήριξης των Αεροσκαφών - Ελικοπτέρων και του υπόλοιπου εξοπλισμού που χρησιμοποιείται.
- Λειτουργικοί έλεγχοι των συστημάτων, αφαίρεση, αντικατάσταση εξαρτημάτων ή και συγκροτημάτων και αποκατάσταση μικρής ή μεγάλης έκτασης βλαβών και λειτουργικών ανωμαλιών.
- Τροποποιήσεις επιπέδου Μοίρας (Α' Β.Σ.).



- Επιθεωρήσεις παραλαβής νέων Αεροσκαφών, αεροκινητήρων, επίγειου εξοπλισμού εξυπηρέτησης Αεροσκαφών - Ελικοπτέρων και υπόλοιπου μείζονος εξοπλισμού, καθώς και επιθεωρήσεις παραλαβής μετά από εκτέλεση εργοστασιακής συντήρησης.

Ο δεύτερος βαθμός συντήρησης (Β' Β.Σ.) είναι υπεύθυνος για την εκτέλεση των προκαθορισμένων απαιτήσεων Συντήρησης, ώστε να είναι δυνατή η άμεση και απευθείας υποστήριξη του Α' Β.Σ. Στο επίπεδο αυτό εκτελούνται εργασίες επιθεωρήσεων, ρυθμίσεων, επισκευής ή αντικατάστασης ή κατασκευής εξαρτημάτων και συγκροτημάτων, και γενικά κάθε είδους εργασίες πέραν των δυνατοτήτων του Α' Β.Σ. Ενδεικτικά οι εργασίες που είναι δυνατόν να εκτελούνται στον Β' Β.Σ., είναι:

- Περιοδικές - Κατά Φάση επιθεωρήσεις, μερικά ή ολικά, των Αεροσκαφών - Ελικοπτέρων, του επίγειου εξοπλισμού εξυπηρέτησης αυτών και του υπόλοιπου εξοπλισμού που χρησιμοποιείται, καθώς και αποκατάσταση μικρής ή μεγάλης έκτασης βλαβών και λειτουργικών ανωμαλιών αυτών.

- Επισκευή και αξιοποίηση των εκτός ενεργείας τμημάτων, εξαρτημάτων, υποσυγκροτημάτων και συγκροτημάτων μείζονος υλικού και υλικού υποστήριξης, καθώς και αντικαταστάσεις μειζόνων υποσυγκροτημάτων για προγραμματισμένη ή απρογραμμάτιστη συντήρηση.

- Περιοδικές επιθεωρήσεις, επισκευή, δοκιμή και αποκατάσταση των βλαβών και λειτουργικών ανωμαλιών των αεροκινητήρων.

- Επιτόπια κατασκευή, ανάλογα με τις υφιστάμενες δυνατότητες μη διαθέσιμων μερών, τμημάτων και εξαρτημάτων.

- Επιθεωρήσεις παραλαβής νέων Αεροσκαφών, αεροκινητήρων, επίγειου εξοπλισμού εξυπηρέτησης Αεροσκαφών- Ελικοπτέρων και υπόλοιπου μείζονος εξοπλισμού, καθώς και επιθεωρήσεις παραλαβής μετά από εκτέλεση εργοστασιακής συντήρησης.

- Εκτέλεση εργασιών απρογραμμάτιστης συντήρησης - επιθεώρησης, που προέρχονται από ειδικές και έκτακτες απαιτήσεις (Ειδικές απαιτήσεις είναι εκείνες οι οποίες απαιτούν εξειδικευμένες γνώσεις και ειδικό εξοπλισμό που διαθέτει ο Β' Β.Σ.).

- Τροποποιήσεις επιπέδου βάσεως στα Αεροσκάφη - Ελικόπτερα και τον υπόλοιπο εξοπλισμό, συμπεριλαμβανομένου και αυτού που βρίσκεται στις αποθήκες εφοδιασμού της Μονάδας.
- Επιθεωρήσεις αποθήκευσης και γενικά προληπτική συντήρηση του εξοπλισμού που βρίσκεται σε αποθήκευση ή απόθεση στις εγκαταστάσεις αρμοδιότητας του Εφοδιασμού.
- Διακριβώσεις, δοκιμές και διασώσεις του εξοπλισμού γενικά.

Ο τρίτος βαθμός συντήρησης (Γ' Β.Σ.) είναι υπεύθυνος για την εκτέλεση των προκαθορισμένων εργασιών συντήρησης ώστε αφενός να αυξάνεται το διαθέσιμο απόθεμα εύχρηστων υλικών και αφετέρου να υποστηρίζεται το έργο των δύο προηγούμενων επιπέδων συντήρησης.

Στο επίπεδο αυτό εκτελούνται εργασίες γενικής ή μερικής επισκευής, τροποποίησης, επαναξιοποίησης ή επανασυναρμολόγησης εξαρτημάτων ή και συγκροτημάτων, κατασκευής επειγόντων μη διαθεσίμων εξαρτημάτων και γενικά κάθε εργασία μη δυνατότητας των άλλων επιπέδων Συντηρήσεως. Κατά κύριο λόγο, το έργο του Γ' Β.Σ. έχουν αναλάβει πιστοποιημένοι εργοστασιακοί φορείς του εξωτερικού (κατασκευάστριες εταιρείες τύπου Pratt & Whitney, GE, Lockheed Martin, Dassault, Snecma κ.α) ή του εσωτερικού (Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία (ΕΑΒ), Εργοστάσια Πολεμικής Αεροπορίας, κ.α). Ενδεικτικά οι εργασίες που είναι δυνατόν να εκτελούνται στον Γ' Β.Σ. είναι:

- Προγραμματισμένη και απρογραμμάτιστη εργοστασιακή συντήρηση των Αεροσκαφών - Ελικοπτέρων, αεροκινητήρων, ηλεκτρονικού εξοπλισμού, επίγειου εξοπλισμού εξυπηρέτησης και του υπόλοιπου μείζονος εξοπλισμού.
- Πλήρης κατασκευή και ανακατασκευή τμημάτων, υποσυγκροτημάτων, συγκροτημάτων και ολόσωμων αυτοδύναμων συστημάτων, εκτέλεση τροποποιήσεων, δοκιμών - λειτουργικών ελέγχων, διακριβώσεων και διασώσεων.
- Παροχή τεχνικής βοήθειας στα επίπεδα Συντηρήσεως Βάσεως και Μοίρας για την επί τόπου εκτέλεση εργασιών, που είναι πέραν των δυνατοτήτων τους.

## 2. Διαδικασίες Συντήρησης Αεροκινητήρων

Στην προαναφερθείσα οργάνωση των διαδικασιών της Τεχνικής Υποστήριξης στην Πολεμική Αεροπορία, ο Αεροκινητήρας αποτελεί συνήθως το σημαντικότερο και πλέον πολύπλοκο υποσυγκρότημα ενός Αεροσκάφους - Ελικοπτέρου. Η αιτία είναι ότι τα περισσότερα από τα Μαχητικά Αεροσκάφη που διαθέτει η χώρα μας είναι μονοκινητήρια (βλέπε F-16, Mirage 2000-5, A-7, κτλ) και ως εκ τούτου σε περίπτωση αστοχίας του δεν δίνεται στον χειριστή η δυνατότητα να συνεχίσει την πτήση και να προσγειωθεί ασφαλώς (παρά μόνο σε εξαιρετικά σπάνιες περιπτώσεις και κάτω από συγκεκριμένες προϋποθέσεις).

Λαμβάνοντας υπόψη την παραπάνω επισήμανση και εστιάζοντας στα πλέον σύγχρονα μονοκινητήρια Μαχητικά Αεροσκάφη που διαθέτει η Πολεμική Αεροπορία της χώρας μας, αποφασίσαμε να ασχοληθούμε με την διαδικασία συντήρησης Β' Βαθμού των Αεροκινητήρων τύπου F100-PW-229. Ο συγκεκριμένος τύπος είναι τοποθετημένος στα Αεροσκάφη τύπου F-16 Block 52+ & Advance και είναι ο πολυπληθέστερα χρησιμοποιούμενος Αεροκινητήρας στην χώρα μας απαριθμώντας περισσότερα από εκατό (100) διαφορετικά τεμάχια (Serial Numbers). Ως σημείο αναφοράς χρησιμοποιήσαμε το Συνεργείο Αεροκινητήρων της 115 Πτέρυγα Μάχης το οποίο αποτελεί τυπικό παράδειγμα οργάνωσης και λειτουργίας, έχοντας συμπληρώσει ήδη έντεκα (11) έτη ορθής λειτουργίας.

Ακολουθώντας την δομή που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα για την οργάνωση των διαδικασιών συντήρησης, εξειδικεύουμε για το κομμάτι της συντήρησης των Αεροκινητήρων αναλόγως.

Ο πρώτος βαθμός συντήρησης Αεροκινητήρων αφορά εργασίες που εκτελούνται με τον Αεροκινητήρα τοποθετημένο επί του Αεροσκάφους. Η εξουσιοδότηση του προσωπικό περιορίζεται σε προκαθορισμένες περιοδικές επιθεωρήσεις σημείων (μικρής έκτασης ωρολογιακές, ημερολογιακές, προ πτήσεως, μεταξύ πτήσεων και μετά πτήση επιθεωρήσεις) και μικρής έκτασης επισκευές (λειτουργικοί έλεγχοι των συστημάτων του Αεροκινητήρα, αφαίρεση, αντικατάσταση εξαρτημάτων αυτού, αποκατάσταση μικρής ή μεγάλης έκτασης βλαβών και λειτουργικών ανωμαλιών, τροποποιήσεις επιπέδου Μοίρας (Α' Β.Σ.)) που τυχόν προκύπτουν ως διορθωτικές ενέργειες για την αποκατάσταση βλαβών.

Η φιλοσοφία συντήρησης με την οποία προχώρησε η σχεδίαση των Αεροκινητήρων τύπου F100-PW-229 διαφέρει σημαντικά από τους παλαιότερους τύπους Αεροκινητήρων Μαχητικών Αεροσκαφών. Η κύρια διαφορά τους είναι ότι στον εν λόγω τύπο δεν προβλέπεται περιοδική – προληπτική συντήρηση Β' Β.Σ (με την συμπλήρωση προκαθορισμένων ωρών πτήσης) παρά μόνο «Συντήρηση κατά Περίπτωση» ή όπως αναφέρεται διεθνώς, “On Condition Maintenance”.

Στην περίπτωση που, κατά τις επιθεωρήσεις Α' Β.Σ, διαπιστωθεί κάποια βλάβη ή αποκατάσταση της οποίας (σύμφωνα με το troubleshooting των τεχνικών εγχειριδίων) οδηγεί στην αφαίρεση του Αεροκινητήρα από το Αεροσκάφος για αποσυναρμολόγηση τότε έχουμε την ένταξη του στο Συνεργείο Αεροκινητήρων της Μοίρας Συντήρησης Βάσης το οποίο και αποτελεί τον δεύτερο βαθμό συντήρησης. Επιπλέον, ένας Αεροκινητήρας μπορεί να ενταχθεί στον δεύτερο βαθμό συντήρησης και σε περιπτώσεις όπου σε κάποιον Αεροκινητήρα εντοπίζεται μία βλάβη επιπέδου Α' Β.Σ, αλλά κρίνεται χρονικά μη συμφέρουσα η αποκατάστασή της στην Πολεμική Μοίρα εφόσον υπάρχει εφεδρικός εν ενεργεία Αεροκινητήρας που μπορεί να τοποθετηθεί στην θέση του.

Όταν ένας Αεροκινητήρας ενταχθεί για συντήρηση στο Συνεργείο της Μοίρας Συντήρησης Βάσης, το εξουσιοδοτημένο προσωπικό εκτελεί μια επιθεώρηση παραλαβής (Receiving Inspection), όπως αναλύεται παρακάτω, και αφού γίνει μια αξιολόγηση των ευρημάτων που προέκυψαν καταστρώνεται το πλάνο συντήρησης. Σε αυτό προβλέπεται η αλληλουχία των εργασιών που θα εκτελεστούν και καθορίζεται η προτεραιότητα που θα δοθεί στην συντήρηση του κάθε Αεροκινητήρα λαμβάνοντας υπόψη μια σειρά από παραμέτρους. Το εύρος των εκτελούμενων εργασιών είναι ευρύ και σε ορισμένα τμήματα ταυτίζεται με αυτό της εργοστασιακής συντήρησης (τρίτος βαθμός).

Μετά την αποκατάσταση της / των βλάβης/ βλαβών για την οποία εντάχθηκε (ή διαπιστώθηκε κατά του ελέγχους της επιθεώρησης παραλαβής) και την συναρμολόγηση του Αεροκινητήρα, είναι απαραίτητη η εκτέλεση λειτουργικών ελέγχων (εκκίνηση στο έδαφος) πριν την τοποθέτησή του σε Αεροσκάφος. Για το λόγο αυτό, στο Β' Β.Σ υπάγεται και το Δοκιμαστήριο Αεροκινητήρων το οποίο εκτελεί εργασίες άλλες από το προσωπικό του Συνεργείου.

Η πλήρης ανάλυση των διαδικασιών που διέπουν το Β' Β.Σ Αεροκινητήρων καθώς και οι ρόλοι των εμπλεκόμενων σε αυτό προσώπων παρουσιάζεται στην επόμενη ενότητα. Για την αναπαράσταση τους επιλέχθηκε η Μοντελοποίηση του Συνεργείου A-K της Μοίρας Συντήρησης Βάσης με την μεθοδολογία IDEF0, ώστε να είναι δυνατή και άμεση η κατανόησή τους με απλά σχήματα.

Ακολουθώντας τις τεχνικές οδηγίες της κατασκευάστριας εταιρείας, τα υποσυγκροτήματα του Αεροκινητήρα παρακολουθούνται ξεχωριστά από το γραφείο Επιθεώρησης. Μετά την συμπλήρωση των προκαθορισμένων από τον κατασκευαστή ωρών πτήσης ή θερμικών κύκλων καταπόνησης, που υπολογίζονται από τα καταγραφικά συστήματα του κάθε Αεροκινητήρα, γίνεται αφαίρεση του υποσυγκροτήματος και αποστολή του στον Γ' Βαθμό Συντήρησης (Εργοστασικού Επιπέδου Συντήρηση από πιστοποιημένο φορέα) για επισκευή.

Στον Γ' Βαθμό συντήρησης, κατά αντιστοιχία με την προηγούμενη ενότητα γίνεται πλήρης ανακατασκευή τμημάτων, υποσυγκροτημάτων, συγκροτημάτων και ολόσωμων αυτοδύναμων συστημάτων. Επιπλέον, εκτελούνται τροποποιήσεις που δεν δύναται να εκτελεστούν σε επίπεδο συντήρησης Μονάδος καθώς επίσης και δοκιμές – λειτουργικού έλεγχου μετά το πέρας των ως άνω εργασιών.

### 3. Μεθοδολογία IDEF0

Η IDEF0 αποτελεί ένα μεθοδολογικό πλαίσιο μοντελοποίησης δραστηριοτήτων που περιγράφουν τις λειτουργίες ενός συστήματος και τις αλληλοσυσχετίσεις μεταξύ τους, με απώτερο σκοπό την ανάπτυξη, αναδιοργάνωση και ενοποίηση πληροφοριακών συστημάτων και επιχειρηματικών διαδικασιών. Αποτελεί μέρος της ευρύτερης οικογένειας μεθόδων IDEF που είναι βασισμένη στη γλώσσα μοντελοποίησης SADT (wikipedia, IDEF, 2014) (Κοντογιάννης, 2007).

Πρωτοεμφανίστηκε κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '70, όταν η Πολεμική Αεροπορία των ΗΠΑ ανέπτυξε το πρόγραμμα "Integrated Computer Aided Manufacturing" (ICAM), επιδιώκοντας να αυξήσει την κατασκευαστική παραγωγικότητα μέσω της συστηματικής εφαρμογής της τεχνολογίας των υπολογιστών. Το πρόγραμμα ICAM προσδιόρισε την ανάγκη για καλύτερη ανάλυση και αποδοτικότερες τεχνικές επικοινωνίας μεταξύ των αναλυτών, όσον αφορά στη βελτίωση της παραγωγικότητας. Ως αποτέλεσμα, το 1981 αναπτύχθηκε μια σειρά από τεχνικές που είναι γνωστή ως τεχνικές IDEF (ICAM Definition), οι οποίες στοχεύουν στα ακόλουθα (Standards, 1993):

- IDEF0, χρησιμοποιείται για την παραγωγή λειτουργικών μοντέλων, δηλαδή δομημένων απεικονίσεων λειτουργιών, δραστηριοτήτων και διεργασιών ενός συστήματος ή μιας θεματικής περιοχής.
- IDEF1, χρησιμοποιείται για την παραγωγή πληροφοριακών μοντέλων, τα οποία αντιπροσωπεύουν τη δομή και τη σημασιολογία των πληροφοριών ενός συστήματος ή μιας θεματικής περιοχής.
- IDEF2, χρησιμοποιείται για την παραγωγή δυναμικών μοντέλων, τα οποία αντιπροσωπεύουν τα χρονικά μεταβαλλόμενα χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς ενός συστήματος ή μιας θεματικής περιοχής.

Το βασικό δομικό στοιχείο στην IDEF0 είναι ένα πλαίσιο εισόδων, εξόδων, ελέγχων και μηχανισμών (Inputs, Controls, Outputs, Mechanisms-ICOM). Οι είσοδοι είναι δεδομένα και στοιχεία τα οποία μετατρέπονται σε εξόδους, μέσω της περιγραφόμενης διαδικασίας (Press, 2001). Τα στοιχεία ελέγχου παρουσιάζουν τις συνθήκες κάτω από τις οποίες είναι εφικτό να παραχθούν οι ζητούμενες έξοδοι. Οι μηχανισμοί μας δείχνουν τους πόρους που θα χρησιμοποιηθούν για την περάτωση

της διαδικασίας και τέλος οι έξοδοι περιγράφουν δεδομένα και στοιχεία τα οποία παράγονται μέσω της περιγραφόμενης διαδικασίας. Όλες οι σχέσεις δεν είναι υποχρεωτικές για κάθε διαδικασία. Συγκεκριμένα, κάθε οντότητα θα πρέπει να έχει τουλάχιστον έναν μηχανισμό ελέγχου ώστε να διασφαλίζεται ότι είναι γνωστός ο τρόπος εκτέλεσης της δραστηριότητας και μία έξοδο για να υπάρχει διασύνδεση με άλλες διαδικασίες, ενώ οι είσοδοι και οι μηχανισμοί είναι σχέσεις προαιρετικές. Επίσης, παρέχεται και η δυνατότητα κάθε οντότητα να έχει περισσότερες από μία σχέσεις σε κάθε κατηγορία οι οποίες διαχωρίζονται έχοντας η κάθε μια τη δική της ονομασία (wikipedia, IDEF0, 2014).

Το κυριότερο πλεονέκτημα της μεθόδου IDEF0 έγκειται στο ότι τα μοντέλα που αναπτύσσονται μπορούν να ακολουθήσουν μια ιεραρχική δομή, η οποία αναπτύσσεται από πάνω προς τα κάτω, από γενικότερα χαρακτηριστικά, δηλαδή, προς πιο εξειδικευμένα (top - down approach) (Standards, 1993). Οι κανόνες που διέπουν την ιεραρχία σε ένα σύστημα που περιγράφεται μέσω της IDEF0 χαρακτηρίζονται από το έντονο στοιχείο της κληρονομικότητας. Κάθε διαδικασία που αναλύεται, μεταβιβάζει στον απόγονό της τα γενικά της χαρακτηριστικά. Έτσι, οι είσοδοι του πλαισίου γονέα αποτελούν και τις εισόδους στο διάγραμμα των απογόνων του.

Μερικά ακόμα ουσιαστικά χαρακτηριστικά της IDEF0 συνοψίζονται παρακάτω (Standards, 1993):

- Στην IDEF0 υπάρχει απουσία της συνισταμένης του χρόνου, δηλαδή δεν μελετάται η αλληλουχία των δραστηριοτήτων. Αντικείμενο της μοντελοποίησης είναι ο τρόπος επικοινωνίας και σύνδεσης των δραστηριοτήτων μεταξύ τους, η ροή της πληροφορίας μέσα στο σύστημα, καθώς και η επίτευξη των συνολικών στόχων.
- Η γλώσσα IDEF0 χαρακτηρίζεται από απλότητα ως προς τα σημασιολογικά στοιχεία και τα σύμβολα που χρησιμοποιεί. Αναλυτικότερα χρησιμοποιούνται δύο μόνο γραφικά στοιχεία, τα πλαίσια που απεικονίζουν τις λειτουργίες του συστήματος και τα βέλη που στοχεύουν στην απόδοση του τρόπου των συνδέσεων των λειτουργιών.
- Παρέχεται η δυνατότητα λεκτικής τεκμηρίωσης των περιγραφόμενων από το μοντέλο λειτουργιών. Τα μοντέλα της IDEF0 αποσκοπούν στην αποδοτικότερη

επικοινωνία μεταξύ των αναλυτών, των σχεδιαστών συστημάτων και των χρηστών, δίνοντας έμφαση στη σταδιακή αποκάλυψη της λεπτομέρειας.

- Παρατηρείται έλλειψη του χρονικού στοιχείου στη ροή των διαδικασιών και των πληροφοριών. Το χαρακτηριστικό αυτό όμως, μπορεί να θεωρηθεί και ως ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματά της, αφού επιτρέπει στον αναλυτή να επικεντρωθεί στη αλληλουχία των διαδικασιών και να μελετήσει τις αλληλεξαρτήσεις σε λογικό και οργανωτικό επίπεδο, απαλλαγμένος από τους περιορισμούς που θέτει η χρονική διάταξη των εργασιών και ο πραγματικός τρόπος με το οποίο εκτελούνται.

Από τα παραπάνω λοιπόν, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι ένα μοντέλο IDEF0 αναφέρεται στο τρόπο με τον οποίο επιτυγχάνονται οι στόχοι από το πληροφοριακό σύστημα (λειτουργίες – operations). Επομένως, η μοντελοποίηση με την IDEF0 αποσκοπεί στην περιγραφή των διαφόρων λειτουργιών και των μεταξύ τους σχέσεων, καθώς και στην κατανόηση και βελτίωση του συστήματος (wikipedia, IDEF0, 2014).



#### **4. Μοντελοποίηση και Ανάλυση Συστήματος Β' Βαθμού Συντήρησης Αεροκινητήρων (τύπου F100-PW-229), σύμφωνα με την μεθοδολογία IDEF0**

Το Συνεργείο Αεροκινητήρων της 115 Πτέρυγας Μάχης, το οποίο όπως προαναφέρθηκε θα χρησιμοποιηθεί για την παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή, διαθέτει έξι (6) σταθμούς αποσυναρμολόγησης Αεροκινητήρων για επισκευή. Ως εκ τούτου, υπάρχει δυνατότητα για παράλληλη αποκατάσταση βλαβών - επισκευή έως και έξι διαφορετικών Αεροκινητήρων από αντίστοιχες ομάδες εργασίας.

Κάθε ομάδα εργασίας δύναται να αποτελείται από έναν εξουσιοδοτημένο Επιθεωρητή Εργασιών Επιπέδου Δεξιότητας (ΕΔ) 5, έναν εξουσιοδοτημένο (έμπειρο) Εκτελεστή Εργασιών ΕΔ 5 και δύο Εκτελεστές Εργασιών ΕΔ 3.

- Ως Εκτελεστής ΕΔ 3 ορίζεται ένας εκπαιδευμένος τεχνικός (σε θεωρία και πράξη) που έχει από ένα έως πέντε χρόνια εμπειρίας στο συγκεκριμένο αντικείμενο εργασίας και έχει επιτύχει σε όλα τα ενδιάμεσα στάδια της περιοδικής αξιολόγησης τεχνικών.
- Ως Εκτελεστής ΕΔ 5 (έμπειρος) ορίζεται ένας εκπαιδευμένος τεχνικός που διετέλεσε με επιτυχία Εκτελεστής ΕΔ 3, έχει συμπληρώσει από πέντε έως και επτά χρόνια εμπειρίας στο συγκεκριμένο αντικείμενο εργασίας και ολοκλήρωσε με επιτυχία όλα τα ενδιάμεσα στάδια της περιοδικής αξιολόγησης τεχνικών.
- Ως Επιθεωρητής ΕΔ 5 ορίζεται ένας έμπειρος τεχνικός που διετέλεσε με επιτυχία Εκτελεστής ΕΔ 5, έχει πάνω από επτά χρόνια εμπειρίας στο συγκεκριμένο αντικείμενο εργασίας, ολοκλήρωσε με επιτυχία όλα τα ενδιάμεσα στάδια της περιοδικής αξιολόγησης τεχνικών και πληρεί τις ελάχιστες δυνατές προϋποθέσεις που έχουν τεθεί από το Αρχηγείο (π.χ Πιστοποιημένη γνώση Αγγλικών, κτλ).

Την αξιολόγηση – εξουσιοδότηση του τεχνικού προσωπικού σε κάποιο από τα παραπάνω επίπεδα δεξιότητας αναλαμβάνει ο Επιθεωρητής Ελέγχου ποιότητας (Ε.Δ.7) ο οποίος θα πρέπει να είναι ένας έμπειρος Επιθεωρητής Εργασιών (για τουλάχιστον δύο χρόνια) που έχει λάβει κατάλληλες εκπαιδεύσεις και πιστοποιήσεις για την εκτέλεση των καθηκόντων του.

Η Αρχική Μοντελοποίηση του συστήματος λειτουργίας του συγκεκριμένου Συνεργείου κατά IDEF0, απεικονίζεται στο σχεδιάγραμμα 1 και αποτυπώνει την οργάνωση της διαδικασίας αποκατάστασης βλαβών ως εξής:

Η σχεδίαση PLAN των διαδικασιών Συντήρησης εκδίδεται από την κατασκευάστρια εταιρεία Pratt & Whitney (M1) και την Διεύθυνση Αεροπορικής Υποστήριξης (M2).

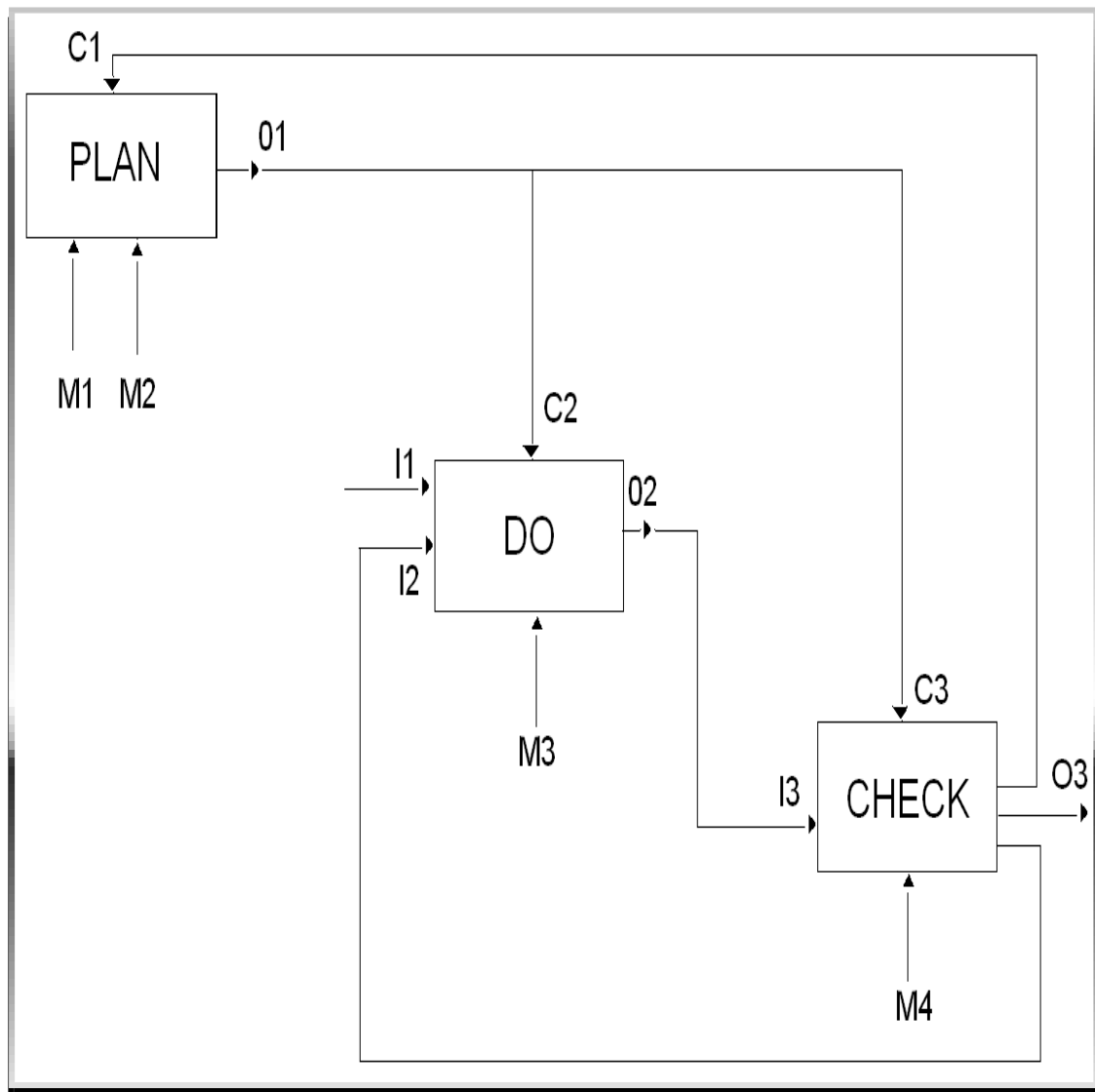
Αυτή, διανέμεται με την μορφή Τεχνικών Οδηγιών και Διαταγών Συντήρησης (O1) και αποτελεί κριτήριο ελέγχου πιστής εφαρμογής κατά την διαδικασία εκτέλεσης (C2) και επιθεώρησης (C3) των επισκευών που πραγματοποιούνται.

Η είσοδος των A-K στο Συνεργείο 2ου Βαθμού Συντήρησης (DO) γίνεται όπως αναλύθηκε στην εισαγωγή, μετά από επιθεωρήσεις που εκτελούνται στον 1ο Βαθμό Συντήρησης (I1).

Μετά την εκτέλεση της επισκευής από το Συνεργείο A-K 2ου Βαθμού Συντήρησης και την αποκατάσταση της βλάβης (O2) από το κατάλληλα εξουσιοδοτημένο προσωπικό (M3), το μητρώο καταγραφής εκτελεσθέντων εργασιών αποτελεί αντικείμενο επεξεργασίας (I3) για το Γραφείο Επιθεώρησης Εργασιών (Check).

Σε περίπτωση διαπίστωσης παραλήψεων από το προσωπικό επάνδρωσης του γραφείου επιθεώρησης (M4) στην διαδικασία συντήρησης, ο A-K επιστρέφει στο Συνεργείο 2ου Βαθμού (Re-Work ή I2) για να εκτελεστούν οι εκκρεμούσες εργασίες συντήρησης.

Επιπλέον, στην περίπτωση εκείνη όπου σημειώνονται κενά στην διατιθέμενη βιβλιογραφία συντήρησης και στις εκδοθείσες Διαταγές Συντήρησης, το Γραφείο Επιθεώρησης διαβιβάζει το feedback (C1) προς τους μηχανισμούς σχεδίασης για την παροχή κατάλληλα τροποποιημένων οδηγιών που θα επιτρέψουν την συνέχιση των διαδικασιών συντήρησης.



Σχεδιάγραμμα 1: Αρχική Μοντελοποίηση Διαδικασίας Συντήρησης Αεροκινητήρων Α/Φ F-16

Η παραπάνω ανάλυση αποτελεί μια γενικότερη προσέγγιση της διαδικασίας που ακολουθείται στο συγκεκριμένο Σύστημα και δεν δίνει την δυνατότητα εξαγωγής ικανοποιητικών συμπερασμάτων. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο προχωρήσαμε στην περαιτέρω ανάλυση της διαδικασίας εκτέλεσης (DO) η οποία και αποτελεί το βασικό αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας.

Στο επόμενο σχεδιάγραμμα (2) γίνεται Μοντελοποίηση της διαδικασίας που ακολουθείται από το προσωπικό του Συνεργείου 2ου Βαθμού Συντήρησης (M3) μετά την ένταξη των Εκτός Ενεργείας Αεροκινητήρες σε αυτό. Το οργανόγραμμα του συνεργείου προβλέπει το Διοικητικό Τμήμα (που αποτελείται από τον Διοικητή Σμήνους και τον Προϊστάμενο Παραγωγής), το προσωπικό εκτέλεσης των εργασιών συντήρησης (το οποίο είναι εξουσιοδοτημένο να εκτελεί συγκεκριμένες εργασίες με βάση την τεχνική εμπειρία του κάθε ατόμου και την λήψη ανάλογης εκπαίδευσης)

και τέλος το προσωπικό του Δοκιμαστηρίου το οποίο πραγματοποιεί τον έλεγχο της λειτουργικότητας του Αεροκινητήρα μετά την πραγματοποίηση της επισκευής. Συγκεκριμένα, ο Αεροκινητήρας εκκινείται και ελέγχεται για την λειτουργικότητά του ως αυτόνομο εξάρτημα πριν την αποδέσμευσή του προς χρήση και την τοποθέτησή του σε κάποιο Αεροσκάφος.

Σημειώνεται επίσης ότι στην δύναμη του Συνεργείου ανήκουν και διάφορα άλλα συνεργεία (Bench Stock, Tool Shop, κτλ) τα οποία λειτουργούν υποστηρικτικά στην διαδικασία παραγωγής και δεν αποτελούν αντικείμενο μελέτης της Μεθοδολογίας IDEFO.

Προχωρώντας σε περαιτέρω ανάλυση του σχεδιαγράμματος 2 σύμφωνα με την μεθοδολογία IDEFO, διαπιστώνονται τα εξής:

Οι πληροφορίες εισόδου (I1) και (I2) για τους Εκτός Ενεργεία A-K που εντάσσονται στο συνεργείο A-K με μία από τις δύο περιπτώσεις που αναλύθηκε παραπάνω, καταλήγουν σε μία κοινή πληροφορία για το Διοικητικό Τμήμα (PLAN 2) αφού και στις δύο περιπτώσεις ακολουθείται κοινή πορεία αποκατάστασης βλάβης.

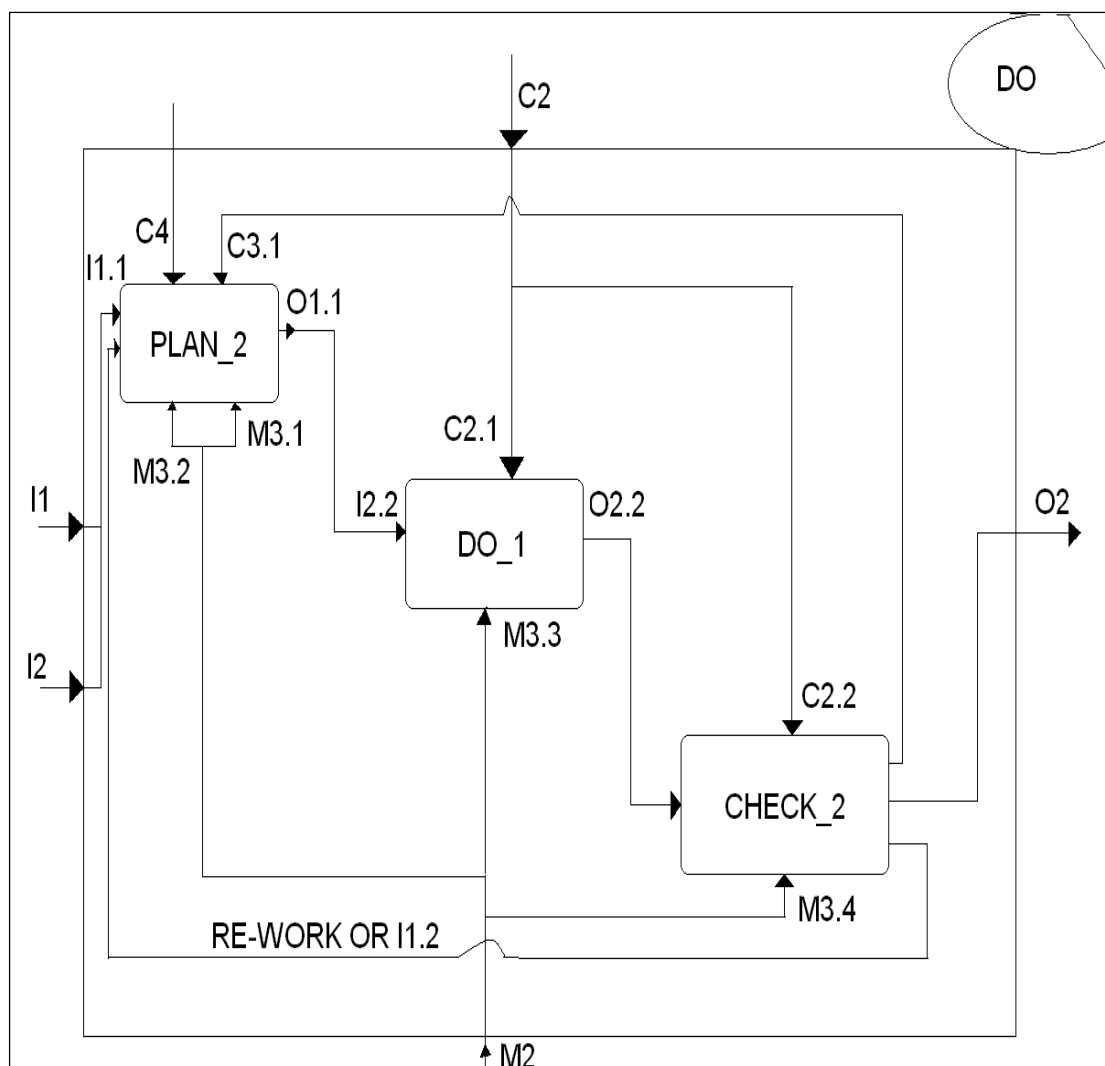
Το Διοικητικό Τμήμα με τα δύο μέλη που προαναφέρθηκαν (M3.1 και M3.2), αφού συνεκτιμήσουν τα δεδομένα που έχουν στην διάθεσή τους σχετικά με τον εκτιμώμενο χρόνο αποκατάστασης της εκάστοτε βλάβης, την διαθεσιμότητα σε ανταλλακτικά και προσωπικό, προχωρούν στην εξαγωγή (O1.1) μια σειράς προτεραιότητας βάση της οποίας θα επισκευαστούν οι εντεταγμένοι Αεροκινητήρες έτσι ώστε να διασφαλίζεται η συνεχής και ροή των εργασιών συντήρησης.

Κύριος παράγοντας επόπτευσης των αποφάσεων που λαμβάνονται από το Διοικητικό Τμήμα αποτελεί ο εκάστοτε Διοικητής της Μοίρας Συντήρησης Βάσης (C4) και κατ' επέκταση η Διοίκηση της Μονάδας.

Αφού δοθούν οι προτεραιότητες και οι ανάλογες κατευθύνσεις για την διαδικασία συντήρησης κάθε Αεροκινητήρας, ως είσοδο (I2.2) στο προσωπικό εκτέλεσης (M3.3) των εργασιών συντήρησης (DO\_1), λαμβάνουν χώρα οι διαδικασίες αποκατάστασης που προβλέπονται στα ανάλογα προαναφερθέντα τεχνικά εγχειρίδια (C2.1) και προκύπτει ως έξοδος (O2.2) ένας επισκευασμένος Αεροκινητήρας που θα οδηγηθεί για έλεγχο στο Δοκιμαστήριο Αεροκινητήρων.

Εκεί θα λάβει χώρα η Δοκιμή του Αεροκινητήρα από το προσωπικό (M3.4) που έχει λάβει την αντίστοιχη εκπαίδευση για την εκτέλεση αυτής της διαδικασίας σύμφωνα πάντα με τα προαναφερθέντα τεχνικά εγχειρίδια που το αφορούν (C2.2).

Τα αποτελέσματα της Δοκιμής επιστρέφουν σαν πληροφορία (feedback) στο Διοικητικό Τμήμα (C3.1) για αξιοποίηση. Στις περιπτώσεις εκείνες που τα αποτελέσματα αυτά γίνονται αποδεκτά από τα C2.2, τότε ο Αεροκινητήρας αποδεσμεύεται για τελικό έλεγχο των μητρώων (O2) προς το Γραφείο Επιθεώρησης. Σε διαφορετική περίπτωση, γίνεται επανένταξη του για αποκατάσταση ως Εκτός Ενεργείας (Re-Work ή I1.2) και το Διοικητικό Τμήμα καλείται να επανακαθορίσει τα δεδομένα και να δώσει εκ νέου προτεραιότητες προς το DO\_1 με την διαδικασία που μόλις περιγράψαμε.



Σχεδιάγραμμα 2: Μοντελοποίηση κατά IDEFO των Διαδικασιών Β' Β.Σ Αεροκινητήρων F-16

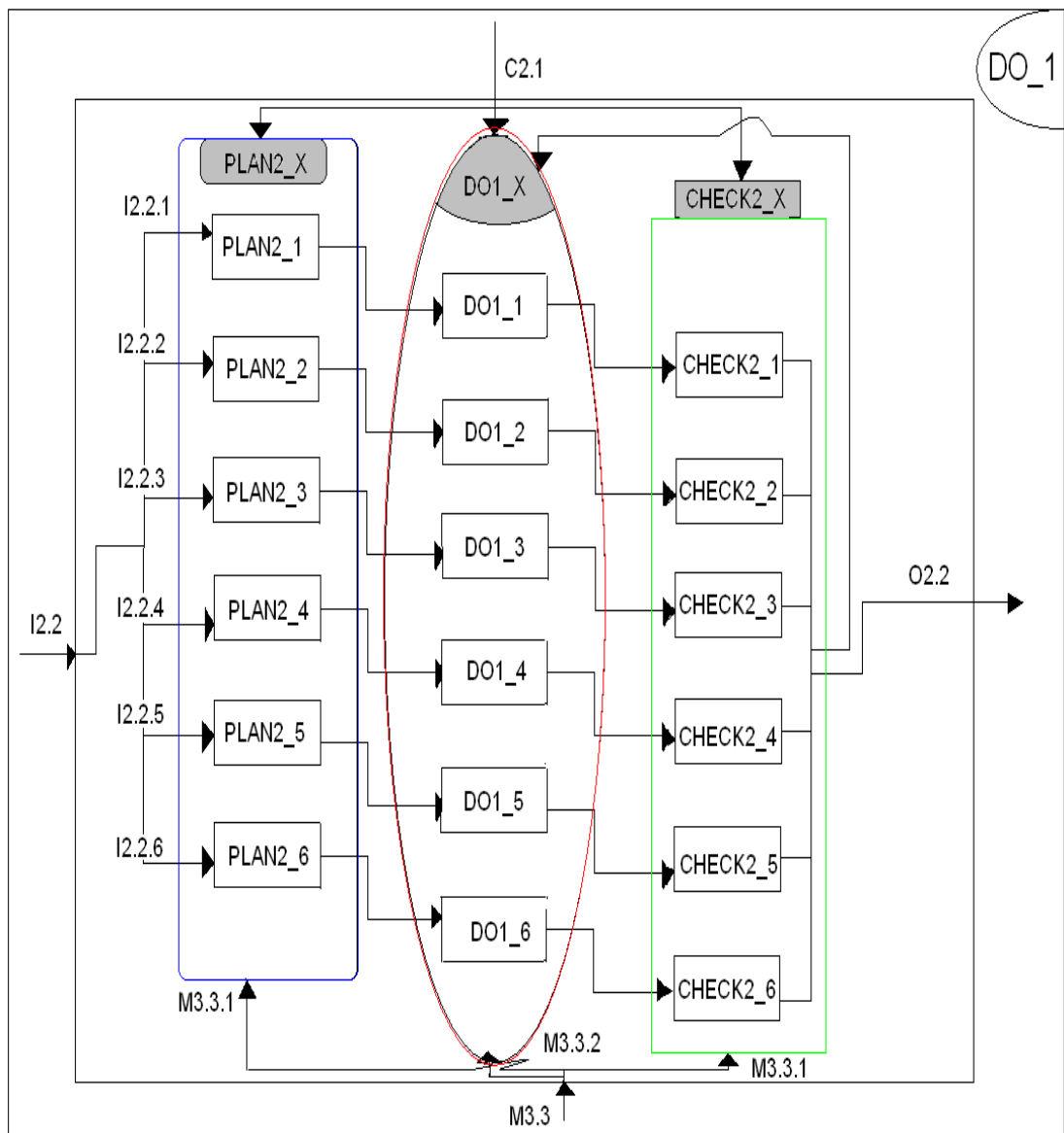
Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι, το μεγαλύτερο μέρος του ανθρώπινου δυναμικού που βρίσκεται τοποθετημένο σε ένα Συνεργείο Αεροκινητήρων ανήκει με βάση το οργανόγραμμα στο τμήμα εκτέλεσης των εργασιών συντήρησης (DO\_1), θεωρήσαμε απαραίτητο να προχωρήσουμε σε περαιτέρω ανάλυση αυτού. Έτσι δημιουργήσαμε το σχεδιάγραμμα 3 στο οποίο αποτυπώνεται η λειτουργία του εν λόγω τομέα.

Όπως αναλύεται στο σχεδιάγραμμα 3, κάθε εισερχόμενος Εκτός Ενεργεία Αεροκινητήρας (I 2.2) μπορεί να δοθεί ως είσοδος σε οποιαδήποτε από τις έξι ομάδες εργασίας είναι διαθέσιμη να τον δουλέψει (I 2.2.1 - I 2.2.6).

Σε κάθε μία από τις έξι ομάδες εργασίας, ο Επιθεωρητής Εργασιών (M3.3.1) αναλαμβάνει την σχεδίαση των βημάτων που θα ακολουθηθούν για την επισκευή του εκάστοτε Αεροκινητήρα (PLAN 2.1 – PLAN 2.6) σύμφωνα πάντα με τις ανάλογες οδηγίες που παρέχουν τα διαθέσιμα τεχνικά εγχειρίδια (C.2.1).

Το αποτέλεσμα της σχεδίασης αυτής αποτελεί την είσοδο την αντίστοιχης υπο-ομάδα εργασίας (M3.3.2) με τους τρεις Εκτελεστές Εργασιών που αναφέρθηκαν παραπάνω, ενώ ο έλεγχος της ορθής εκτέλεσής (CHECK 2.1-CHECK 2.6) του πραγματοποιείται από τον ίδιο επιθεωρητή που οργάνωσε την σχεδίαση ή και από οποιοδήποτε άλλον από τους υπόλοιπους πέντε είναι διαθέσιμος (M3.3.1).

Στην περίπτωση εκείνη όπου το αποτέλεσμα κρίνεται ως αποδεκτό από το Επιθεωρητή Εργασιών που εκτελεί τον Έλεγχο, ο Αεροκινητήρας προωθείται στο Δοκιμαστήριο για έλεγχο λειτουργικότητας. Σε διαφορετική περίπτωση, δίδεται οδηγία στην υποομάδα των Εκτελεστών Εργασιών για επανάληψη της διαδικασίας επισκευής (Re-Work ή C5).



Σχεδιάγραμμα 3: Μοντελοποίηση κατά IDEF0 Διαδικασιών Συνεργείου Α-Κ Β'Β.Σ Α/Φ F-16

## 5. Ανάπτυξη προγράμματος επιλογής ομάδας τεχνικών ανά εργασία

Στην παρούσα διπλωματική διατριβή επιλέχθηκε να αναλυθεί περαιτέρω η διαδικασία επιλογής ομάδας, μία διαδικασία στην οποία έγινε αναφορά σε προηγούμενα κεφάλαια. Η επιλογή αυτού του θέματος έγινε για διάφορους λόγους, οι οποίοι σχετίζονται τόσο με θέματα παραγωγής και απόδοσης όσο και με την υλοποίηση της διαδικασίας αυτής καθεαυτής. Πρέπει να σημειωθεί ότι η παραγωγικότητα του συνεργείου ΑΚ είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο το οποίο και επηρεάζεται άμεσα από την επιλογή ομάδων από τον αποφασίζοντα. Επομένως, βλέπουμε ότι δεν είναι μια διαδικασία η οποία πρέπει να αμεληθεί. Παράλληλα, όσο το δυνατόν ορθότερη απόφαση που θα έχει τα επιθυμητά αποτελέσματα απαιτεί αρκετό χρόνο για την υλοποίησή της, γεγονός που καθιστά ακόμα πιο σημαντική την ύπαρξη ενός προγράμματος το οποίο θα αξιοποιείται από τον αποφασίζοντα για την επιλογή των ομάδων εργασιών.

Το συγκεκριμένο πρόγραμμα έχει ως βασικό σκοπό να δώσει την όσο το δυνατόν πιο έγκυρη εκτίμηση της ομάδας εργασίας λαμβάνοντας υπόψιν μια πολυκριτήρια διαδικασία (Ν. Ματσατσίνης, 2007). Επισημαίνεται ότι πρόκειται να χρησιμοποιείται από τον αποφασίζοντα συμβουλευτικά και όχι να αποδίδει από μόνο του την εκάστοτε ομάδα εργασίας. Ο λόγος που επιλέχτηκε να επιτελεί αυτό το ρόλο είναι λόγω της αυξημένης μεταβλητότητας καθώς και της ύπαρξης πολλών αστάθμητων παραγόντων οι οποίοι και δεν επιτρέπουν στο πρόγραμμα να τις λάβει υπόψιν. Έτσι, όπως θα δούμε παρακάτω θα αποτελεί ένα συμβουλευτικό εργαλείο στα χέρια του αποφασίζοντα που θα λαμβάνει υπόψιν τους σταθερούς παράγοντες που χρειάζεται να λάβει κάποιος υπόψιν για την επιλογή αποδίδοντας τη βέλτιστη κατ' αυτό επιλογή δίνοντας έτσι τη δυνατότητα να ελαχιστοποιηθούν τα λάθη, ενώ παράλληλα θα επιτρέπει στον αποφασίζοντα να αξιολογήσει τους παράγοντες οι οποίοι και δεν είναι δυνατόν να συνυπολογιστούν από το πρόγραμμα.



## 5.1 Περιγραφή κριτηρίων για επιλογή ομάδων

### 5.1.1 Εκτελούμενες εργασίες

Όπως είδαμε σε προηγούμενη ενότητα καθημερινά οι εργασίες που οι τεχνικοί του συνεργείου καλούνται να εκτελέσουν είναι μεταβαλλόμενες ως προς το είδος της κάθε εργασίας. Σαν αποτέλεσμα, η επιλογή των ομάδων εργασίας δεν ακολουθεί ένα συγκεκριμένο μοτίβο αλλά καθημερινά μεταβάλλεται. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι εργασίες, έτσι όπως έχουν ομαδοποιηθεί για να είναι πιο εύκολη η αντιμετώπισή τους.

RECEIVING INSPECTION	RI	CORE MODULE INSTALLATION	CI
ENG DISASSY	ED	AUGMENTOR REMOVAL	AR
ENG ASSY	EA	AUGMENTOR INSTALLATION	AI
RCDTM REMOVAL	HR	AUGMENTOR DISASSY-INSPECTION	AD
RCDTM DISASSY-INSPECTION	HD	AUGMENTOR REPAIR-ASSY	AA
RCDTM REPAIR-ASSY	HA	FAN MODULE REMOVAL	FR
RCDTM INSTALLATION	HI	FAN MODULE INSTALLATION	FI
COM. CHAM. REMOVAL	CHR	FAN MODULE DISASSY-INSPECTION	FD
COM. CHAM. DISASSY-ASSY	CHAD	FAN MODULE REPAIR-ASSY	FA
COMB. CHAM. INSTALLATION	CHI	GEARBOX REMOVAL	GR
FDTM REMOVAL	LR	GEARBOX INSTALLATION	GI
FDTM DISASSY-INSPECTION	LD	MODULE CONTAINING	MC
FDTM REPAIR-ASSY	LA	TEST CELL DRESSING-TOΠ.	TD
FDTM INSTALLATION	LI	TEST CELL CORE RUN IN	TC
CORE MODULE REMOVAL	CR	TEST CELL ACCEPTANCE	TA
CORE MOD. DISSASY-INSPECTION	CD	FINAL AFTER TEST	ZZ
CORE MOD. REPAIR-ASSY	CA	TROUBLESHOOTING	TR

Πίνακας 1: ομάδες εργασιών

Ο μέγιστος αριθμός των κινητήρων που επισκευάζονται καθημερινά είναι έξι (6). Με βάση τον παραπάνω πίνακα καταλαβαίνουμε ότι ο συνδυασμός των εργασιών που εκτελούνται καθημερινά είναι ιδιαίτερα μεγάλος. Αυτό είναι λογικό, δεδομένου ότι ο κάθε κινητήρας βρίσκεται σχεδόν πάντα σε διαφορετική φάση συντήρησης, με αποτέλεσμα οι απαιτήσεις εργασίας να διαφοροποιούνται καθημερινά. Την αλληλουχία των εργασιών που πρέπει να εκτελεσθούν την λαμβάνουμε από την διπλωματική εργασία με τίτλο: «Μοντελοποίηση διαδικασίας επιλογής Αεροκινητήρα για επισκευή σε συνεργείο της Πολεμικής Αεροπορίας».

### 5.1.2 Απαιτήσεις εκτελούμενων εργασιών

Ανάλογα με τη φύση της κάθε ομάδας εργασιών διαφοροποιούνται και οι απαιτήσεις από την ομάδα εργασίας που θα την αναλάβει. Τα στοιχεία που καταλήξαμε ότι χαρακτηρίζουν την κάθε ομάδα εργασίας είναι τα ακόλουθα:

- Εμπειρία που απαιτείται για να εκτελεστεί η κάθε ομάδα εργασίας
- Η ταχύτητα που πρέπει να υλοποιηθεί το έργο
- Το επίπεδο της ποιότητας εργασίας που απαιτεί
- Αριθμός των τεχνικών για την εκτέλεση της εργασίας

Πιο συγκεκριμένα, ο παράγοντας της εμπειρίας συμβάλει καθοριστικά στην εκτέλεση μιας ομάδας εργασιών. Υπάρχουν εργασίες η οποίες είναι ιδιαίτερα απαιτητικές και είναι πολύ δύσκολο να αντιμετωπιστούν από κάποιον χωρίς προηγούμενη εμπειρία πάνω σε αυτές. Επίσης, υπάρχουν εργασίες, η εκτέλεση των οποίων είναι καθοριστική για την εξέλιξη της συντήρησης των αεροκινητήρων, όπως το receiving inspection, με βάση το οποίο γίνεται ο έλεγχος για το τι πραγματικά συμβαίνει στο αεροκινητήρα. Εργασίες σαν τις προηγούμενες είναι λογικό να είναι προτιμότερο να τις αντιμετωπίσουν τεχνικοί με μεγάλη εμπειρία. Αντίθετα, υπάρχουν εργασίες οι οποίες δεν είναι ιδιαίτερα απαιτητικές ή εμφανίζονται πιο συχνά με αποτέλεσμα να μπορούν να εκτελεστούν από λιγότερο έμπειρους τεχνικούς.

Όσον αφορά την ταχύτητα εκτέλεσης της κάθε ομάδας εργασίας, υπάρχουν εργασίες οι οποίες είναι γρήγορα εκτελέσιμες ενώ άλλες το αντίθετο. Βάσει του προηγούμενου ισχυρισμού μία εργασία η οποία ενδείκνυται να αντιμετωπιστεί γρήγορα είναι σημαντικό να αποδοθεί σε μια ομάδα τεχνικών οι οποίοι δουλεύουν γρήγορα. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η διαφύλαξη της γρήγορης απόδοσης των αεροκινητήρων σε λειτουργική κατάσταση.

Το επόμενο χαρακτηριστικό είναι ιδιαίτερα κρίσιμο για την διαφύλαξη της ασφάλειας του αεροκινητήρα. Υπάρχουν ομάδες εργασίας οι οποίες απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή από τους τεχνικούς και άλλες πάλι λιγότερη. Είναι λογικό οι πρώτες να αναθέτονται σε τεχνικούς με τα αντίστοιχα προσόντα.

Τέλος, ανάλογα με τη φύση της εργασίας είναι φορές που απαιτούνται αρκετοί τεχνικοί και άλλες όχι. Έτσι, έχουμε εργασίες όπως engine assy που απαιτούνται τέσσερις τεχνικοί και άλλες που είναι δυνατόν να υλοποιηθούν με μόνο δύο. Από την παραπάνω ανάλυση, ήταν απαραίτητη η σύσταση ενός πίνακα στον οποίο φαίνονται οι ομάδες εργασίας μαζί με τα χαρακτηριστικά τους, και ακολουθεί παρακάτω (στον πίνακα οι ομάδες εργασιών έχουν σημειωθεί με τις συντομογραφίες τους):

Ομάδα εργασιών	Ταχύτητα	Εμπειρία	Ποιότητα εργασίας	Αριθμός εκτελεστών
RI	-1	-3	2	1
ED	-1	-2	3	3
EA	-3	1	2	3
HR	-1	2	3	3
HD	1	1	3	2
HA	-3	-3	-3	2
HI	3	3	2	2
CHR	-3	-2	-1	2
CHAD	3	3	3	1
CHI	-2	2	-1	2
LR	-1	-2	3	2
LD	-1	2	3	2
LA	-1	-3	2	2
LI	-1	-2	3	2
CR	-3	1	2	2
CD	-1	2	3	3
CA	1	1	3	2
CI	-3	-3	-3	3
AR	3	3	2	3
AI	-3	-2	-1	3
AD	3	3	3	3
AA	-2	2	-1	3
FR	-1	-2	3	3
FI	-1	2	3	3
FD	-1	-3	2	2
FA	-1	-2	3	2
GR	-3	1	2	3
GI	-1	2	3	3
MC	1	1	3	2
TD	-3	-3	-3	3
TC	3	3	2	3
TA	-3	-2	-1	3
ZZ	3	3	3	1
TR	-2	2	-1	3

Πίνακας 2: χαρακτηριστικά ομάδας εργασιών

Όπως βλέπουμε στον πίνακα που προηγείται οι βαθμολογία που αποδίδεται σε κάθε τεχνικό έχει σαν ελάχιστη τιμή το -3 και σαν μέγιστη το 3. Έτσι, κάποιο τεχνικός που δεν έχει ικανοποιητική απόδοση σε κάποιο κριτήριο βαθμολογείται αρνητικά από -1 έως -3 ενώ κάποιος με ικανοποιητική απόδοση βαθμολογείται θετικά από το 1 έως το 3.

### 5.1.3 Διαθέσιμοι τεχνικοί

Το συνεργείο Α/Κ αυτή τη στιγμή διαθέτει ένα σύνολο 24 τεχνικών (έξι επιθεωρητών και δεκαοχτώ εκτελεστών), τους οποίους οι προϊστάμενοι πρέπει να χωρίζουν σε ομάδες οι οποίοι θα αναλάβουν τελικά την εκτέλεση των εργασιών. Όπως είδαμε και στην εισαγωγή, το σύνολο αυτό σχεδόν ποτέ δεν μπορεί να παρευρίσκεται στο συνεργείο για εργασία. Καθημερινά, λόγω της φύσης του επαγγέλματος είναι λογικό οι τεχνικοί να ασχολούνται με την εκπλήρωση άλλων καθηκόντων. Άρα, οι διαθέσιμοι τεχνικοί καθημερινά διαφοροποιούνται, με βάση αυτό το στοιχείο θα πρέπει να γίνει και η ορθή επιλογή των ομάδων εργασίας από τον αποφασίζοντα, το οποίο είναι και το αντικείμενο της εργασίας.

### 5.1.4 Χαρακτηριστικά τεχνικών

Μετά την ανάλυση των χαρακτηριστικών της κάθε ομάδας εργασίας, πρέπει να γίνει και μία αντίστοιχη ανάλυση των χαρακτηριστικών των τεχνικών του συνεργείου. Τα χαρακτηριστικά που καταλήξαμε ότι περιγράφουν πλήρως τους τεχνικούς του συνεργείου είναι τα ακόλουθα:

- Επίπεδο δεξιότητας
- Ποιότητα εργασίας
- Ταχύτητα εργασίας
- Εμπειρία
- Μέρες απασχόλησης ανά εργασία ανά αεροκινητήρα

Όπως είδαμε στην εισαγωγή, το επίπεδο δεξιότητας χαρακτηρίζει τον κάθε τεχνικό και ταυτόχρονα του αποδίδει διαφορετικές ευθύνες και υποχρεώσεις. Έτσι

για παράδειγμα, ένας τεχνικός επιπέδου δεξιότητας 7 ή αλλιώς επιθεωρητής εργασιών είναι αυτός που πέρα από την εργασία του στον αεροκινητήρα ουσιαστικά επιβλέπει την υπόλοιπη ομάδα τεχνικών ώστε να διασφαλιστεί ο έλεγχος των υπολοίπων. Είναι παράλληλα αυτός που αναθέτει στα υπόλοιπα άτομα τα έργα που θα πρέπει να εκτελέσουν. Από τα προηγούμενα, για να συσταθεί κάθε ομάδα είναι απαραίτητη η ύπαρξη του τεχνικού επιπέδου δεξιότητας 7. Στην συνέχεια, η ομάδα συμπληρώνεται από τεχνικούς χαμηλότερου επιπέδου δεξιότητας, με αποτέλεσμα μία πλήρης ομάδα να αποτελείται από ένα επιθεωρητή, ένα τεχνικό επιπέδου δεξιότητας 5, ένα τεχνικό επιπέδου δεξιότητας 3 και ένα τεχνικό επιπέδου 3 (βοηθός εκτελεστή).

Από τα χαρακτηριστικά των εργασιών προκύπτει και η αντίστοιχη απαίτηση για απόδοση χαρακτηριστικών που θα ακολουθούν αυτά των εργασιών. Έτσι, έχουμε τα χαρακτηριστικά: ποιότητα, ταχύτητα, εμπειρία. Τα συγκεκριμένα έχουν αξιολογηθεί παρακάτω ανεξάρτητα από το επίπεδο δεξιότητας. Με άλλα λόγια, για το χαρακτηριστικό ποιότητα εργασίας του κάθε τεχνικού για τους τεχνικούς επιπέδου 3, για παράδειγμα, έχουν αξιολογηθεί σε σύγκριση με τους υπόλοιπους τεχνικούς του ίδιου επιπέδου και μόνο. Σε αντίθετη περίπτωση τα τρία τελευταία χαρακτηριστικά θα μπορούσαν να θεωρηθούν ότι προκύπτουν από το επίπεδο δεξιότητας του κάθε τεχνικού.

Τεχνικοί	Επίπεδο	Ταχύτητα	Εμπειρία	Ποιότητα εργασίας
a1	7	3	2	3
a2	7	3	4	4
a3	7	3	3	5
a4	7	4	3	4
a5	7	3	2	3
a6	7	4	5	5
b1	5	4	5	5
b2	5	4	3	4
b3	5	3	4	4
b4	5	3	3	3
b5	5	2	3	3
b6	5	3	3	3
b7	5	3	4	4
b8	5	3	3	3
b9	5	2	3	3
b10	5	3	3	3
c1	3	3	3	4
c2	3	3	2	3
c3	3	4	5	5
c4	3	2	1	5
c5	3	1	5	5
c6	3	4	4	4
c7	3	5	5	2
c8	3	3	3	3

Πίνακας 3: χαρακτηριστικά τεχνικών

Επισημαίνεται ότι, οι τεχνικοί στους τεχνικούς έχουν δοθεί τα αρχικά a, b και c για είναι ευδιάκριτο το επίπεδο εξειδίκευσης του καθενός. Στη συνέχεια της εργασίας όμως, θα τους βλέπουμε όλους με a.

Τέλος, οι μέρες απασχόλησης του κάθε τεχνικού ανά ομάδα εργασίας ανά αεροκινητήρα είναι ένα χαρακτηριστικό ιδιαίτερα σημαντικό για την τελική επιλογή της σύστασης των ομάδων. Με την διατήρηση μίας ομάδας τεχνικών καθ' όλη τη διάρκεια της εκτέλεσης της κάθε ομάδας εργασίας διαφυλάσσεται η ομαλή ροή των εργασιών, χωρίς να εγκυμονεί κίνδυνος ασυνεννοησίας μεταξύ των τεχνικών. Ταυτόχρονα, οι τεχνικοί μπορούν να είναι πιο αποδοτικοί δεδομένου ότι δε χρειάζεται να εξοικειώνονται καθημερινά με μια εργασία διαφορετική από την προηγούμενη. Επομένως, ο αποφασίζοντας, για την αποδοτικότερη εκμετάλλευση του προσωπικού του είναι σημαντικό να διατηρεί τους τεχνικούς στην ίδια εργασία μέχρι την ολοκλήρωση της. Παρόλα αυτά είναι σχεδόν αδύνατο να είναι σταθερές οι

ομάδες εργασίας από μέρα σε μέρα λόγω των μεγάλης διαφοροποίησης της παρουσίας των τεχνικών.

### 5.1.5 Απαίτηση αεροκινητήρων

Είναι σημαντικό στην όλη διαδικασία επιλογής της ομάδας που θα εκτελέσει κάθε εργασία να λάβουμε υπόψιν και τον αεροκινητήρα στον οποίο θα γίνει η εργασία. Κατά τη διάρκεια της συντήρησης των αεροκινητήρων υπάρχουν διαφορετικές απαιτήσεις ως προς το χρόνο απόδοσης τους. Έτσι, για ένα αεροκινητήρα τον οποίο είναι μεγάλη η απαίτηση για την γρήγορη απόδοσή του θα πρέπει καθημερινά να εργάζονται σε αυτόν τεχνικοί οι οποίοι είναι αρκετά γρήγοροι στην εργασία τους.

## 5.2 Έμμεσα συμπεράσματα για την επιλογή ομάδας εργασίας

Από την προηγούμενη ανάλυση των στοιχείων που επηρεάζουν την διαδικασία επιλογής των τεχνικών, προκύπτουν οι ακόλουθοι περιορισμοί:

- Κάθε ομάδα εργασίας πρέπει να αποτελείται από ένα επιθεωρητή και τουλάχιστον ένα εκτελεστή.
- Αν ένας επιθεωρητής έχει αναλάβει μία ομάδα εργασιών και για κάποιο λόγο δεν είναι διαθέσιμος, τότε η συγκεκριμένη εργασία δεν πρέπει να πραγματοποιηθεί.
- Η διαδικασία επιλογής δε γίνεται αποδίδοντας σε όλους τους τεχνικούς μία βαθμολογία και στη συνέχεια με βάση αυτή να αποδοθούν σε ομάδες, αλλά αντίθετα η αξιολόγηση γίνεται μεταξύ τεχνικών του ίδιου επιπέδου.
- Αν μία ομάδα δεν συμπληρώνει τον απαιτούμενο αριθμό για την εκτέλεση της ομάδας εργασιών τότε αυτές δεν είναι δυνατόν να εκτελεστούν.

### 5.3 Ανάλυση διαδικασίας επιλογής

Η διαδικασία επιλογής των ομάδων εργασίας όπως φαίνεται από τις προηγούμενες παραγράφους είναι μία διαδικασία πολυκριτήρια και δυναμική δεδομένου ότι οι παράμετροι της απόφασης διαφοροποιούνται καθημερινά. Σαν στάδια λήψης της απόφασης σε καθημερινή βάση, μπορούμε να διακρίνουμε τα εξής:

- Έλεγχος των τεχνικών που είναι διαθέσιμοι.
- Προσδιορισμός των εργασιών που θα εκτελεστούν σε κάθε Α/Κ.
- Έλεγχος των απαιτήσεων της κάθε εργασίας
- Αντιστοίχιση των τεχνικών σε κάθε εργασία ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους
- Σύνθεση ομάδων

Η παραπάνω διαδικασία θα αναλυθεί παρακάτω έτσι όπως μοντελοποιήθηκε ώστε να υπάρχει η δυνατότητα λήψης της βέλτιστης απόφασης από ένα υπολογιστικό πρόγραμμα που θα εγγυάται την ορθότητα της απόφασης καθότι έχει αποκλειστεί ο ανθρώπινος παράγοντας, στην μέχρι τώρα αξιολόγηση των δεδομένων τα οποία και πρέπει να συνυπολογίζονται καθημερινά στη διαδικασία επιλογής (Ματσατσίνης, 2010).

### 5.4 Παρουσίαση προγράμματος

Παρακάτω θα δούμε κάποια σημαντικά στοιχεία του προγράμματος, τα οποία και οδηγούν στην επιλογή της ομάδας. Επισημαίνεται ότι για τον έλεγχο των τεχνικών που είναι διαθέσιμοι θα αξιοποιείται το παρουσιολόγιο του συνεργείου ΑΚ στο οποίο αναγράφονται καθημερινά οι απόντες.

Προτού προχωρήσουμε όμως πρέπει να ορίσουμε πως θα συναντήσουμε παρακάτω κάποιες από τις έννοιες που προαναφέραμε:

$a_{\{1,2,...,24\}}$ : είναι το σύνολο των τεχνικών του συνεργείου, ενώ

$g_{\{1,...,5\}}$ : είναι το σύνολο των κριτηρίων.



### 5.4.1 Ημερολόγιο εργασιών

Σαν πρώτο βήμα για την σύσταση του προγράμματος και καθοριστική για την εξέλιξη του είναι η σύσταση ενός ηλεκτρονικού ημερολογίου εργασιών. Σαν σκοπό έχει την καθημερινή εισαγωγή από το χρήστη όλης της πληροφορίας που μπορεί να συλλεχθεί και έχει σχέση με τις εργασίες στους αεροκινητήρες. Έτσι, σαν στοιχεία εισόδου στο ημερολόγιο εργασιών προκύπτουν τα παρακάτω:

- Ημερομηνία εργασίας
- Αεροκινητήρας στον οποίο έγινε η εργασία
- Εργασία η οποία εκτελέστηκε
- Το ποσοστό στο οποίο έχει υλοποιηθεί η εργασία μέχρι το τέλος της ημέρας.
- Κάποια σχόλια που περιγράφουν την εργασία που εκτελέστηκε
- Τα μέλη της ομάδας που εκτέλεσαν την εργασία

Όλα τα παραπάνω στοιχεία συλλέγονται στον πρόγραμμα με τον πίνακα που ακολουθεί:

Ημερομηνία	A/K	εργασία	ποσοστό	σχόλια	επιθεωρητής	εκτελεστής 1	εκτελεστής 2	εκτελεστής 3
18/5/2013	721203	RI	20%		a1	a8	a15	a21
19/5/2013	721203	RI	100%		a1		a15	
20/5/2013	721203	ED	100%		a1	a8	a15	a21
20/5/2013	721220	RI	100%		a3	a11		a24
20/5/2013	721220	ED	100%		a3	a12	a13	
20/5/2013	747520	RI	30%		a4	a7	a14	a19
24/5/2013	747505	RI	100%		a5		a7	a22
24/5/2013	747520	RI	100%		a4	a7		a19
24/5/2013	721230	AD	100%		a6	a10	a12	

Πίνακας 4: ημερολόγιο εργασιών συνεργείου αεροκινητήρων

Στον πίνακα παρατηρούμε ότι γίνεται η είσοδος όλων των στοιχείων που προαναφέραμε. Όλα τα στοιχεία εισάγονται από το χρήστη, ακόμα και οι τεχνικοί που δουλεύουν σε κάθε αεροκινητήρα κάθε μέρα. Ο λόγος που επιλέξαμε να μην γίνεται αυτό αυτόματα από το πρόγραμμα είναι ότι πιθανόν κατά τη διάρκεια της ημέρας μπορεί να εμφανιστεί κάποια άλλη απαίτηση με αποτέλεσμα είτε οι ομάδα εργασίας να ασχοληθεί με κάποιο άλλο έργο, το οποίο στην συνέχεια θα καταγραφεί στο ημερολόγιο, είτε η ομάδα στην πορεία θα μειωθεί ή θα αυξηθεί κατά ένα ή περισσότερους τεχνικούς, γεγονός που πάλι πρέπει να καταγραφεί στο ημερολόγιο.

### 5.4.2 Εργασίες ανά αεροκινητήρα

Το πρόγραμμα πρέπει να ενημερώνεται για τις εργασίες που θα εκτελεστούν σε κάθε αεροκινητήρα. Η συγκεκριμένη πληροφορία λαμβάνεται από την διπλωματική εργασία με τίτλο «Μοντελοποίηση διαδικασίας επιλογής Αεροκινητήρα για επισκευή σε συνεργείο της Πολεμικής Αεροπορίας». Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι η είσοδος των εργασιών πρέπει να γίνει με τρόπο τέτοιο ώστε να φαίνεται η σειρά με την οποία πρόκειται να εκτελεστούν οι εργασίες. Έτσι, έχουμε τον παρακάτω πίνακα:

A/K	ΕΡΓΑΣΙΑ ΑΝΑ Α/Κ								
<b>721203</b>	RI	ED	LR	LD	LA	CD	CA	LI	FR
<b>721220</b>	RI	ED	LR	LD	LA	HR	HD	HA	CHR
<b>747520</b>	RI	ED	FR	FD	FA	FI	EA	TD	TA
<b>721200</b>	RI	ED	LR	FR	AR	CR	GR	LI	AI
<b>747505</b>	RI	ED	LR	AR	AD	AA	LD	LA	CD

A/K	ΕΡΓΑΣΙΑ ΑΝΑ Α/Κ								
<b>721203</b>	FD	FA	FI	EA	TD	TA	ZZ		
<b>721220</b>	CHAD	CHI	HI	LI	FR	FI	TD	TA	ZZ
<b>747520</b>	ZZ								
<b>721200</b>	CI	FI	GI	TD	TC	TA			
<b>747505</b>	CA	LI	FR	FD	FA	FI	TA	ZZ	

Πίνακας 5: ομάδες εργασιών ανά κινητήρα

Είναι χαρακτηριστικό ότι δεν εκτελούνται οι ίδιες ομάδες εργασιών σε κάθε αεροκινητήρα, και η αλληλουχία των εργασιών είναι διαφορετική.

### 5.4.3 Πολυκριτήριος πίνακας τεχνικών

Το αντικείμενο που διαπραγματεύεται η εργασία είναι οι επιλογή τεχνικών, για αυτούς λοιπόν πρέπει να συνταχθεί ένας πίνακας στον οποίο να φαίνονται όλα τα κριτήρια βάση των οποίων γίνεται η επιλογή τους. Έτσι συντάχθηκε ο πίνακας που ακολουθεί:

a(τεχνικοί)	g1(επίπεδο δεξιότητας)	g2(ποιότητα εργασίας)	g3(ταχύτητα εργασίας)	g4(εμπειρία)
a1	7	3	5	5
a2	7	4	3	4
a3	7	5	3	3
a4	7	4	4	3
a5	7	3	3	2
a6	7	5	4	5
a7	5	5	4	5
a8	5	4	4	3

Πίνακας 6: κριτήρια επιλογής τεχνικών

721220	RI	ED	EA	HR	HD
a1	1	1			
a2			3		
a3			1	1	
a4	1		1	3	
a5	1		1		
a6			1		

Πίνακας 7: κριτήρια επιλογής τεχνικών (αριθμός ημερών εργασίας ανά ΑΚ)

Όπως μπορούμε να διακρίνουμε στον παραπάνω πίνακα οι ημέρες εργασίας δηλώνονται ανά ΑΚ, που σημαίνει ότι το πρόγραμμα θα δημιουργεί ένα τέτοιο πίνακα για κάθε σταθμό εργασίας όπου και υλοποιούνται οι εργασίες συντήρησης.

## 5.5 Περιγραφή διαδικασίας επιλογής

Από τις προηγούμενες παραγράφους είδαμε όλη τη πληροφορία που χρειάζεται το πρόγραμμα για να καταλήξει στην τελική πρόταση βέλτιστης επιλογής. Σε αυτή τη παράγραφο θα εστιάσουμε στην διαδικασία που ακολουθείται από το πρόγραμμα για την επιλογή αυτή.

Έτσι, αρχικά γίνεται η σύσταση ενός πίνακα στον οποίο φαίνεται η βαθμολογία που λαμβάνει κάθε ένας από τους τεχνικούς για κάθε ένα από τους κινητήρες με βάση την βαθμολογία που τους αποδόθηκε για κάθε ένα από τα κριτήρια της ποιότητας, ταχύτητας και εμπειρίας. Η απόδοση αυτής της βαθμολογίας γίνεται βάσει του τύπου:

$$U_i = U_{1,i} / W_1 + U_{2,i} / W_2 + U_{3,i} / W_3$$

Όπου,  $U_i$  είναι η χρησιμότητα του τεχνικού  $i$

W1, W2, W3 είναι οι τιμές των κριτηρίων που απαιτούνται ανά εργασία και προκύπτουν από τον πίνακα 4.

U1,i, U2,i, U3,i, είναι οι μερικές χρησιμότητες για κάθε ένα από τα κριτήρια για τον κάθε τεχνικό i.

Οι μερικές χρησιμότητες U1,i, U2,i, U3,i, για κάθε ένα από τα κριτήρια για κάθε τεχνικό προκύπτει από τον πίνακα χαρακτηρισμού των τεχνικών. Επομένως, ένας τεχνικός που στα κριτήρια ποιότητα εμπειρία και ταχύτητα έχει λάβει τις τιμές 3, 2, -2 αντίστοιχα για μία εργασία η οποία έχει εκτιμηθεί ότι για την υλοποίησή της απαιτούνται οι τιμές 5, 4 και 3 αντίστοιχα, από τη σχέση της ολικής χρησιμότητας θα είναι  $((3/1)+(2/-2)+(-2/3)) / 3 = 0,443$ .

Έτσι, για ένα τεχνικό του οποίου οι ικανότητες είναι ανώτερες των απαιτήσεων που θέτει η κάθε ομάδα εργασίας βλέπουμε ότι η ολική χρησιμότητά του θα είναι αρκετά υψηλή. Επομένως, για την καλύτερη αξιοποίησή του θα πρέπει να αναλάβει μία ομάδα εργασιών με υψηλές απαιτήσεις. Αντίθετα, για ένα τεχνικό του οποίου οι ικανότητες είναι μικρότερες των απαιτήσεων για την εκάστοτε ομάδα εργασιών, η ολική χρησιμότητά του για την εργασία θα είναι πολύ μικρή, γεγονός που δεν επιτρέπει την αξιοποίησή του για την διεκπεραίωση την εν λόγω εργασίας. Βλέπουμε λοιπόν ότι η ιδανική αντιστοίχιση τεχνικού-ομάδας εργασιών έχει σαν βέλτιστη τιμή το 1. Άρα, η καλύτερη δυνατή επιλογή τεχνικού για την εκτέλεση μιας ομάδας εργασιών θα είναι ο τεχνικός με την ελάχιστη απόκλιση από την μονάδα.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται ο προηγούμενος συλλογισμός που αποδίδει την ολική χρησιμότητα του κάθε τεχνικού ανά εργασία:

	RI	ED	EA	HR	HD	HA	HI	CHR	CHAD	CHI	LR
<b>a1</b>	-0,72	-1,00	0,83	-0,33	2,00	-0,89	1,06	-1,67	0,89	-1,17	-1,00
<b>a2</b>	-0,78	-1,22	1,67	0,11	2,78	-1,22	1,44	-2,33	1,22	-1,17	-1,22
<b>a3</b>	-0,50	-0,94	1,50	0,06	2,56	-1,22	1,50	-2,50	1,22	-1,67	-0,94
<b>a4</b>	-1,00	-1,39	1,22	-0,39	2,78	-1,22	1,44	-2,28	1,22	-1,50	-1,39
<b>a5</b>	-0,72	-1,00	0,83	-0,33	2,00	-0,89	1,06	-1,67	0,89	-1,17	-1,00
<b>a6</b>	-1,06	-1,61	2,06	0,06	3,56	-1,56	1,83	-2,94	1,56	-1,50	-1,61
<b>b1</b>	-1,06	-1,61	2,06	0,06	3,56	-1,56	1,83	-2,94	1,56	-1,50	-1,61

Πίνακας 8: ολική χρησιμότητα τεχνικών ανά εργασία

Επισημαίνεται ότι στον πίνακα αυτό έχουν αποδοθεί οι ολικές χρησιμότητες ανά τεχνικό και εργασία με βάση τον συλλογισμό που περιγράφηκε προηγουμένως. Αξίζει

βέβαια να σημειωθεί ότι στον πίνακα δεν γίνεται καμία αναφορά στον ΑΚ τον οποίο είναι προτιμότερο να εργαστούν, αλλά μόνο στην εκάστοτε ομάδα εργασιών. Στην συνέχεια λοιπόν, θα πρέπει να εισάγουμε και το τελευταίο κριτήριο που αφορά στην επιλογή των τεχνικών και είναι ο χρόνος εργασίας του ανά εργασία και ΑΚ.

Ο εκάστοτε τεχνικός για κάθε μία ομάδα εργασίας που πρόκειται να γίνει ανά κινητήρα θα λάβει έξι διαφορετικές τιμές ολικής χρησιμότητας για κάθε ένα από τους κινητήρες που συντηρούνται. Για να είναι δυνατό αυτό, θα πρέπει το πρόγραμμα να δημιουργεί ένα πίνακα ολικών χρησιμοτήτων των τεχνικών ανά εργασία για κάθε σταθμό εργασίας, που όπως προαναφέρθηκε είναι έξι. Σε αυτούς τους πίνακες τώρα πρέπει να ληφθεί υπόψιν και το τελευταίο κριτήριο, ο χρόνος ανά ομάδα εργασιών.

Εισάγοντας λοιπόν και το τελευταίο κριτήριο στο πρόγραμμα προκύπτει ένας πίνακας της μορφής που ακολουθεί. Η κάθε τιμή που βλέπουμε να αποδίδεται σε κάθε τεχνικό έχει βγει συνυπολογίζοντας της ημέρες που έχει εργαστεί σε κάθε ομάδα εργασίας ανά ΑΚ καθώς επίσης και της ολικής χρησιμότητάς του που είδαμε παραπάνω. Ο συνδυασμός αυτός προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της χρησιμότητας ανά εργασία και ΑΚ με την ανοιγμένη διάρκεια της εργασίας που έχει δαπανήσει για να ολοκληρώσει την εκάστοτε ομάδα εργασιών, οι οποία υπολογίζεται ως εξής: μία εργασιομέρα συν το σύνολο των εργασιομερών ανά ομάδα εργασίας για κάθε τεχνικό δια την εκτιμώμενη διάρκεια περάτωσης του έργου. Έτσι, αξιοποιώντας τα δεδομένα του παρακάτω πίνακα, για τον τεχνικό a1 η ανοιγμένη διάρκεια της εργασίας του είναι  $(1+1) / 2 = 1$ , ενώ για τον τεχνικό a2 θα είναι  $(1 + 0) / 2 = 0,5$  και για τον a3 θα είναι  $(1+5) / 1 = 6$ .

Εκτιμώμενη διάρκεια ανά ομάδα εργασίας:	2	3	5	1
Ομάδες εργασίας στον ΑΚ:721220	RI	ED	EA	HR
a1	1	1		
a2			3	
a3			1	5

Πίνακας 9: ημέρες εργασίας ανά ομάδα εργασίας στον εκάστοτε ΑΚ για κάθε τεχνικό

Στη συνέχεια όπως προαναφέρθηκε πολλαπλασιάζεται με την ολική χρησιμότητα με αποτέλεσμα να καταλήξουμε στον πίνακα που ακολουθεί, στον οποίο πλέον συνυπολογίζονται όλα τα κριτήρια επιλογής:

Τελευταία εργασία	Τεχνικός	Εργασίες							
0	a1	RI	ED	EA	HR	HD	HA	HI	CHR
0	a2	-0,72	-0,67	0,17	-0,33	1,00	-0,44	1,06	-1,67
1	a3	-0,39	-0,41	1,33	0,11	1,39	-0,61	1,44	-2,33
0	a4	-0,25	-0,31	0,60	0,11	1,28	-0,61	1,50	-2,50
0	a5	-0,50	-0,46	1,71	-0,39	1,39	-0,61	1,44	-2,28
0	a6	-0,36	-0,33	0,17	-0,33	1,00	-0,44	1,06	-1,67
1	b1	-0,53	-0,54	0,41	0,06	1,78	-0,78	1,83	-2,94
0	b2	-1,06	-0,54	0,82	0,22	1,78	-0,78	1,83	-2,94

Πίνακας 10: τελικός πίνακας απόδοσης χρησιμότητας τεχνικών για την εκάστοτε εργασία

Εξετάζοντας τον συλλογισμό που μόλις περιγράφηκε, προκύπτουν τα ακόλουθα:

1. Όσο αυξάνει ο χρόνος που έχει δαπανήσει κάθε τεχνικός σε μία ομάδα εργασίας τόσο αυξάνει και ο ανηγμένος χρόνος του.

2. Όσο αυξάνει ο πραγματικός χρόνος εργασίας ενός τεχνικού σε μία ομάδα εργασιών προς την τιμή της εκτιμώμενης διάρκειας τόσο ο ανηγμένος χρόνος τείνει να λάβει την τιμή 1.

3. Αντίστοιχα, όσο αυξάνει ο πραγματικός χρόνος εργασίας πέραν της εκτιμώμενης διάρκειας ο ανηγμένος χρόνος λαμβάνει τιμές μεγαλύτερες της μονάδας.

4. Σε περίπτωση που κανένας τεχνικός δεν έχει εργαστεί στον εκάστοτε ΑΚ σε μια ομάδα εργασιών τότε για όλους ο ανηγμένος χρόνος θα είναι ίδιος. Επομένως, για την αρχική επιλογή τεχνικού, λαμβάνεται υπόψιν μόνο η ολική χρησιμότητα των τεχνικών ανά εργασία.

Από την παρατήρηση 2 και 4, αντιλαμβανόμαστε ότι ένας τεχνικός για να επιλεγεί κατά την έναρξη της ομάδας εργασίας θα πρέπει να είναι ο καταλληλότερος με βάση την ολική χρησιμότητά του. Στη συνέχεια, όσο αυξάνει ο χρόνος εργασίας του στην εν λόγω ομάδα εργασιών χωρίς όμως να ξεπεράσει τον εκτιμώμενο χρόνο τόσο θα αυξάνει και το γινόμενο ανηγμένου χρόνου ολικής χρησιμότητας τείνοντας προς τη μονάδα. Άρα, κατά την επόμενη επιλογή θα είναι ακόμα καταλληλότερος για την συγκεκριμένη ομάδα εργασιών.

Αν όμως, υπερβεί την εκτιμώμενη διάρκεια εργασίας τότε το γινόμενο θα αρχίσει να αυξάνει με αποτέλεσμα η διαφορά από τη μονάδα να αυξάνει και επομένως να

υποδηλώνεται ότι ο εν λόγω τεχνικός δεν είναι κατάλληλος για τη συγκεκριμένη εργασία με αποτέλεσμα κάποιος άλλος να αποτελεί την βέλτιστη επιλογή.

## 5.6 Αυτοβελτίωση του προγράμματος

Σε αυτό το σημείο βέβαια πρέπει να αναφερθούμε στην δυνατότητα αυτοβελτίωσης του προγράμματος. Από τα παραπάνω, θα ήταν δυνατόν να διαμορφώνει από μόνο του το πρόγραμμα της μερικής χρησιμότητες των τεχνικών ανάλογα με το πώς αποδίδουν στην κάθε εργασία. Έτσι, το πρόγραμμα θα είχε τη δυνατότητα να προσαρμόζει τις αρχικές τιμές που δίδονται από τους αποφασίζοντες σε συνάρτηση με τη βάση γνώσης του. Δυστυχώς όμως, σε αυτή την περίπτωση δεν θα λαμβάνονταν υπόψιν παράγοντες οι οποίοι και δεν έχουν συνυπολογιστεί στην διαδικασία που περιγράφηκε προηγουμένως, όπως για παράδειγμα μία αστοχία ενός υλικού ή ένα εργαλείου που είχε σαν αποτέλεσμα την καθυστέρηση των εργασιών από κάποιους τεχνικούς. Σε αυτή τη περίπτωση το πρόγραμμα θα αξιολογούσε αρνητικά τους τεχνικούς χωρίς όμως αυτό να ανταποκρίνεται στη πραγματικότητα. Αυτός είναι και ο λόγος που προτιμήθηκε τελικά να παραμένουν σταθερές οι μερικές χρησιμότητες των τεχνικών και να διαμορφώνονται όποτε αυτό απαιτείται από τον αποφασίζοντα.

## 5.7 Απόδοση ομάδων εργασίας

Το τελικό στάδιο είναι η απόδοση της κάθε ομάδας τεχνικών που θα ασχοληθεί με τις εργασίες που πρόκειται να υλοποιηθούν. Το πρόγραμμα του οποίου ο ρόλος είναι συμβουλευτικός προτείνει στον αποφασίζοντα τις βέλτιστες επιλογές ανά εργασία με βάση τη διαδικασία που περιγράφηκε προηγουμένως. Η τελική ανάθεση όμως των εργασιών στους τεχνικούς γίνεται από τον αποφασίζοντα, ο οποίος πρέπει να έχει τη δυνατότητα διαφορετικής επιλογής από αυτή του προγράμματος δεδομένου ότι το περιβάλλον εργασίας επηρεάζεται από αστάθμητους παράγοντες οι οποίοι και δεν είναι δυνατόν να συνυπολογιστούν από το πρόγραμμα.

Η απόδοση λοιπόν της ομάδας για την κάθε ομάδα εργασίας γίνεται στο παράθυρο που εμφανίζει το πρόγραμμα όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:

Engine Selection for Maintenance:

Task Selection:

Group Selection - Inspector:

Group Selection - Operator1:

Group Selection - Operator2:

Group Selection - Operator3:

OK Clear Cancel

Εικόνα 1: παράθυρο εργασίας προγράμματος

Όπως βλέπουμε τα χωρία που αναγράφονται με το που ανοιχτεί το παράθυρο από τον αποφασίζοντα είναι ο ΑΚ και οι εργασίες που θα εκτελεστούν σε αυτόν καθώς και η ομάδα τεχνικών που θα τις αναλάβει. Στην επιλογή του εκάστοτε ΑΚ το πρόγραμμα υποδηλώνει τις δυνατές επιλογές ΑΚ όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:

Dock	EngineSN
1	721220
3	721215

Εικόνα 2: ΑΚ προς εργασία

Όπως είδαμε είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τον αποφασίζοντα να γνωρίζει το ποιοι τεχνικοί εργάστηκαν τελευταία φορά στον εκάστοτε ΑΚ, έτσι με το που επιλεγεί κάποιος ΑΚ από το προηγούμενο 'dropdown' αμέσως εμφανίζεται στο παράθυρο ένα χωρίο στο οποίο και αναγράφονται οι τεχνικοί που εργάστηκαν τελευταία φορά στο συγκεκριμένο ΑΚ.

Engine S/N:	721220
Inspector	a3
Operator	b1

Εικόνα 3: τεχνικοί που εργάστηκαν τελευταία φορά στον ΑΚ

Στη συνέχεια, γίνεται η επιλογή της ομάδας εργασιών που πρόκειται να υλοποιηθούν την συγκεκριμένη ημέρα. Την επιλογή αυτή την υλοποιεί ο



αποφασίζοντας και όχι το πρόγραμμα από μόνο του δεδομένου ότι είναι δυνατόν μία εργασία να μην ολοκληρωθεί για διάφορους λόγους και αντί αυτής να εκτελεστεί κάποια άλλη εργασία. Η επιλογή της εργασίας παρουσιάζεται στην εικόνα που ακολουθεί:

Engine Selection for Maintenance: 721220

Task Selection:

- RI
- ED
- EA
- HR
- HD
- HA
- HI
- CHR

Group Selection - Inspector:

Group Selection - Operator1:

Group Selection - Operator2:

Group Selection - Operator3:

Engine S/N: 721220  
Inspector: a3  
Operator: b1

OK Clear Cancel

Εικόνα 4: επιλογή ομάδας εργασιών

Έχοντας πλέον επιλέξει ΑΚ και ομάδα εργασίας είναι η στιγμή της επιλογής των τεχνικών που θα εργαστούν. Έτσι, επιλέγοντας το χωρίο 'inspector' παρατηρούμε ότι αναγράφονται όλοι οι επιθεωρητές καθώς και η τιμή καταλληλότητας που τους αποδίδει το πρόγραμμα. Σε αυτό το σημείο ο αποφασίζων θα επιλέξει αν θα ακολουθήσει την βέλτιστη επιλογή με βάση τα στοιχεία που λαμβάνει υπόψιν το πρόγραμμα και θα επιλέξει τον επιθεωρητή του οποίου η τιμή που του αποδίδεται είναι η πλησιέστερη στη μονάδα. Ή θα παραβλέψει την εκτίμηση του προγράμματος επιλέγοντας κάποιον άλλο στη θέση του. Η διαδικασία φαίνεται παρακάτω:

Engine Selection for Maintenance: 721220

Task Selection: RI

Group Selection - Inspector:

Group Selection - Operator1:

Group Selection - Operator2:

Group Selection - Operator3:

a1	-0,72
a2	-0,39
a3	-0,25
a4	-0,50
a5	-0,36
a6	-0,53

Engine S/N: 721220  
Inspector: a3  
Operator: b1

OK Clear Cancel

Εικόνα 5: επιλογή επιθεωρητών που θα αναλάβουν την εκάστοτε εργασία

Όμοια, γίνεται η ίδια διαδικασία για την ανάθεση των εργασιών στους εκτελεστές οι οποίοι και αναγράφονται σαν 'operator 1, 2 και 3' όπου και για αυτούς ο αποφασίζων έχει τη δυνατότητα να επιλέξει αυτόν που κρίνει αυτός σαν καλύτερη επιλογή ή να επιλέξει αυτόν που προτείνει το πρόγραμμα.

Engine Selection for Maintenance: 721220

Task Selection: RI

Group Selection - Inspector: a3

Group Selection - Operator1:

Group Selection - Operator2:

Group Selection - Operator3:

b1	-1,06
b2	-1,00
b3	-0,39
b4	-0,42
b5	-0,50
b6	-0,42
b7	-0,39
b8	-0,42

Engine S/N: 721220  
Inspector: a3  
Operator: b1

OK Cancel

Εικόνα 6: επιλογή εκτελεστών που θα αναλάβουν την εκάστοτε εργασία

## 6. Συμπεράσματα

Από την παραπάνω ανάλυση, προκύπτει καταρχήν η απόδοση μίας ολοκληρωμένης πρότασης για την επιλογή της σύστασης των ομάδων εργασίας. Δεδομένου ότι η διαδικασία επιλογής είναι πολυκριτήρια και μάλιστα αναφέρεται ξεχωριστά σε κάθε επίπεδο δεξιότητας των τεχνικών, έχουμε τη λήψη απόφασης από ένα σύστημα τεχνητής νοημοσύνης που ελαχιστοποιεί την πιθανότητα λάθους προτείνοντας στον αποφασίζοντα την βέλτιστη επιλογή.

Ο ανθρώπινος παράγοντας και το ενδεχόμενο λάθος μειώνεται δεδομένου ότι στη διαδικασία απόφασης το πρόγραμμα συνυπολογίζει όλα τα στοιχεία που επηρεάζουν την ανάθεση εργασιών και τα οποία συμμετέχουν σε κάθε επιλογή. Παράλληλα, δίνεται η δυνατότητα ο αποφασίζων να αποκλίνει από τις προτεινόμενες ομάδες από το πρόγραμμα επιτρέποντας έτσι στην διαδικασία επιλογής τον συνεκτίμηση αστάθμητων παραγόντων οι οποίοι δεν είναι δυνατόν να μοντελοποιηθούν.

Ταυτόχρονα, ο εκάστοτε αποφασίζων κερδίζει χρόνο, αυξάνει την αποδοτικότητα εκμετάλλευσης του ανθρώπινου δυναμικού και μειώνει του χρόνους απόδοσης των αεροκινητήρων. Ο λόγος αυτός άλλωστε ήταν που επιλέχθηκε να γίνει η μοντελοποίηση της διαδικασίας επιλογής ομάδας εργασίας σε πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Όπως είδαμε παραπάνω δεν είναι δυνατόν να υπάρξει διαδικασία μάθησης του συστήματος, αλλά αυτό δεν υποβιβάζει την αξία του δεδομένου ότι ο αποφασίζων έχει τη δυνατότητα να διαμορφώσει τις αρχικές τιμές που αποδίδονται στα χαρακτηριστικά των τεχνικών και των ομάδων εργασιών, δεδομένου ότι η διαμόρφωσή τους θα απαιτεί ελάχιστες μεταβολές σε βάθος χρόνου.

Όσον αφορά την διαδικασία επιλογής λήφθηκαν υπόψιν όλες οι σταθερές παράμετροι επιλογής των ομάδων εργασίας, καταλήγοντας σε αποτελέσματα που ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του συνεργείου. Επισημαίνεται ότι οι προτεινόμενες ομάδες συγκρίθηκαν με αυτές των αποφασιζόντων και διαπιστώθηκε ότι η λήψη απόφασης από το σύστημα τεχνητής νοημοσύνης, υπό φυσιολογικές συνθήκες εργασίας, οδηγεί σε ορθότερα αποτελέσματα σε σχέση με αυτά που

απέδιδαν οι αποφασίζοντες. Το παραπάνω είναι φυσικό επακόλουθο της πολυκριτήριας λήψης απόφασης που κάνει τη λήψη απόφασης ιδιαίτερα δύσκολη.

Συνοψίζοντας, με την δημιουργία του συστήματος καταλήγουμε στα ακόλουθα:

- Καλύτερη εκμετάλλευση του προσωπικού
- Ορθότερη λήψη απόφασης
- Εξοικονόμηση χρόνου
- Αύξηση παραγωγικότητας συνεργείου

Από τα παραπάνω, είναι ξεκάθαρο ότι η σύσταση ενός τέτοιου συστήματος τεχνητής νοημοσύνης είναι αναγκαία το συνεργείο ΑΚ, αλλά επίσης και για συνεργεία πολύ μεγαλύτερου αριθμού εργαζομένων όπου η διαδικασία επιλογής ομάδων εργασίας αποτελεί ακόμα πιο σημαντική διαδικασία για την υλοποίηση του έργου.

## Βιβλιογραφία

- Press, D. A. (2001). *Systems Engineering Fundamentals*. DAU Press.
- Standards, D. F. (1993, December). *INTEGRATION DEFINITION FOR FUNCTION MODELING (IDEF0)*. Ανάκτηση από IDEF0: <http://www.idef.com/pdf/idef0.pdf>
- wikipedia. (2014, September 4). *IDEF*. Ανάκτηση από wikipedia: <http://en.wikipedia.org/wiki/IDEF>
- wikipedia. (2014, Οκτώβριος 1). *IDEF0*. Ανάκτηση από wikipedia: <http://en.wikipedia.org/wiki/IDEF0>
- ΓΕΑ. (2007). *ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ Α/Φ-Ε/Π ΠΤΕΡΥΓΩΝ - ΣΜΗΝΑΡΧΙΩΝ ΠΟΛΕΜΙΚΗΣ ΑΕΡΟΠΟΡΙΑΣ*. Αθήνα: ΥΑΕ.
- Κοντογιάννης. (2007). *Μοντελοποίηση και Ανάλυση Συστημάτων Ανθρώπου Μηχανής. Σημειώσεις Πολυτεχνείου Κρήτης*. Χανιά.
- Ματσατσίνης, Ν. (2010). *Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων*. Χανιά: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Ν. Ματσατσίνης, Κ. Ζ. (2007). *Συστήματα Αποφάσεων με Πολλαπλά Κριτήρια*. Χανιά: Κλειδάριθμος.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### Κώδικας Προγραμματισμού Μοντέλου σε VBA

```
Attribute VB_Name = "Module1"
Option Base 1

Sub Engine_Status_Click()

    Dim EngineSN As Double
    Dim DockStation As Integer
    Dim FilePath As String, FileName As String
    Dim AInterestCell As Variant
    Dim EngineStatus()
    Dim FileAlreadyOpenFlag As Boolean
    Dim Counter1 As Integer, Counter2 As Integer, Counter3 As Integer
    Dim appExcel As Object
    Dim objDoc As Object
    Dim tmpDoc As Object
    Dim WorkSheetName As String
    Dim Stations(), StationsUsed(), EmptyStations()
    Dim EngineTasks(34)
    Dim StationsFlag As Boolean, EmptyStationsFlag As Boolean,
    EnginesFlag As Boolean

    Application.Calculation = False
    Application.ScreenUpdating = False
    ActiveWorkbook.Worksheets("databases").Activate

    Set AInterestCell = Range("a1:z10").Find(what:="FilePath", _
        searchorder:=xlByRows, MatchCase:=True)
    If Not AInterestCell Is Nothing Then
        AInterestCell = AInterestCell.Address
        FilePath = Range(AInterestCell).Offset(0, 1)
    End If
    Set AInterestCell = Range("a1:z10").Find(what:="FileName", _
        searchorder:=xlByRows, MatchCase:=True)
    If Not AInterestCell Is Nothing Then
        AInterestCell = AInterestCell.Address
        FileName = Range(AInterestCell).Offset(0, 1)
    End If

    Set appExcel = GetObject(, "Excel.Application")
    For Each tmpDoc In appExcel.Workbooks
        If StrComp(tmpDoc.FullName, FilePath & FileName,
            vbTextCompare) = 0 Then
            Set objDoc = tmpDoc
            FileAlreadyOpenFlag = True
            Exit For
        End If
    Next tmpDoc
    If FileAlreadyOpenFlag = False Then
        On Error Resume Next
        Set objDoc = appExcel.Workbooks.Open(FilePath & FileName)
        On Error GoTo 0
        'If the file is not found, we need to end the sub and let the
        user know
        If objDoc Is Nothing Then
            MsgBox "Unable to find the Excel file.", vbCritical,
                "File Not Found"
```

```

        Set appExcel = Nothing
        Set objDoc = Nothing
        Exit Sub
    End If
End If

'Workbooks.Open (FilePath & FileName)
Workbooks(FileName).Activate
ActiveWorkbook.Worksheets("temporary").Activate
ActiveSheet.Range("J1").Select
Counter2 = 0
With ActiveCell
    For Counter1 = 1 To 6
        If IsEmpty(.Offset(Counter1, 6)) = False Then Counter2 =
Counter2 + 1
    Next Counter1
    ReDim EngineStatus(Counter2, 37)
    For Counter1 = 1 To Counter2
        EngineStatus(Counter1, 1) = .Offset(Counter1, 6).Value
        EngineStatus(Counter1, 2) = .Offset(Counter1, 0).Value
        EngineStatus(Counter1, 3) = .Offset(Counter1, 5).Value
        EngineStatus(Counter1, 4) = CStr(.Offset(Counter1,
0).Value) & CStr(.Offset(Counter1, 4).Value)
    Next Counter1
End With
ActiveWorkbook.Worksheets("estimated_time").Activate
ActiveSheet.Range("B1").Select
With ActiveCell
    For Counter1 = 1 To UBound(EngineStatus, 1)
        For Counter2 = 1 To 1000
            If IsEmpty(.Offset(Counter2, 0)) = True Then Exit For
            If IsNumeric(.Offset(Counter2, -1)) Then
                If EngineStatus(Counter1, 4) = .Offset(Counter2,
0).Value Then
                    EngineStatus(Counter1, 5) = .Offset(Counter2,
4).Value
                    EngineStatus(Counter1, 6) = .Offset(Counter2,
5).Value
                    EngineStatus(Counter1, 7) = .Offset(Counter2,
6).Value
                    EngineStatus(Counter1, 8) = .Offset(Counter2,
7).Value
                    EngineStatus(Counter1, 9) = .Offset(Counter2,
8).Value
                    EngineStatus(Counter1, 10) =
.Offset(Counter2, 9).Value
                    EngineStatus(Counter1, 11) =
.Offset(Counter2, 10).Value
                    EngineStatus(Counter1, 12) =
.Offset(Counter2, 11).Value
                    EngineStatus(Counter1, 13) =
.Offset(Counter2, 12).Value
                    EngineStatus(Counter1, 14) =
.Offset(Counter2, 13).Value
                    EngineStatus(Counter1, 15) =
.Offset(Counter2, 14).Value
                    EngineStatus(Counter1, 16) =
.Offset(Counter2, 15).Value
                    EngineStatus(Counter1, 17) =
.Offset(Counter2, 16).Value

```

```

        EngineStatus(Counter1, 18) =
.Offset(Counter2, 17).Value
        EngineStatus(Counter1, 19) =
.Offset(Counter2, 18).Value
        EngineStatus(Counter1, 20) =
.Offset(Counter2, 19).Value
        EngineStatus(Counter1, 21) =
.Offset(Counter2, 20).Value
        EngineStatus(Counter1, 22) =
.Offset(Counter2, 21).Value
        EngineStatus(Counter1, 23) =
.Offset(Counter2, 22).Value
        EngineStatus(Counter1, 24) =
.Offset(Counter2, 23).Value
        EngineStatus(Counter1, 25) =
.Offset(Counter2, 24).Value
        EngineStatus(Counter1, 26) =
.Offset(Counter2, 25).Value
        EngineStatus(Counter1, 27) =
.Offset(Counter2, 26).Value
        EngineStatus(Counter1, 28) =
.Offset(Counter2, 27).Value
        EngineStatus(Counter1, 29) =
.Offset(Counter2, 28).Value
        EngineStatus(Counter1, 30) =
.Offset(Counter2, 29).Value
        EngineStatus(Counter1, 31) =
.Offset(Counter2, 30).Value
        EngineStatus(Counter1, 32) =
.Offset(Counter2, 31).Value
        EngineStatus(Counter1, 33) =
.Offset(Counter2, 32).Value
        EngineStatus(Counter1, 34) =
.Offset(Counter2, 33).Value
        EngineStatus(Counter1, 35) =
.Offset(Counter2, 34).Value
        EngineStatus(Counter1, 36) =
.Offset(Counter2, 35).Value
        EngineStatus(Counter1, 37) =
.Offset(Counter2, 36).Value
        End If
    End If
Next Counter2
Next Counter1
End With
Workbooks("group selection.xlsm").Activate
'Workbooks(FileName).Close (False)

ActiveWorkbook.Worksheets("temporary").Activate
ActiveSheet.Range("B4").Select
Counter3 = Application.WorksheetFunction.Count(Range("B:B"))
If Counter3 <> 0 Then ActiveSheet.Range("B5:AL" & CStr(4 +
Counter3)).Clear
ActiveCell.Offset(1, 0).Resize(UBound(EngineStatus, 1),
UBound(EngineStatus, 2)).Value = EngineStatus
If Counter3 > 0 Then EnginesFlag = True
If Counter3 = 0 Then EnginesFlag = False
Counter3 = Application.WorksheetFunction.Count(Range("B:B"))
ReDim StationsUsed(Counter3)
For Counter1 = 1 To Counter3

```



```

        StationsUsed(Counter1) = ActiveCell.Offset(Counter1, 0).Value
Next Counter1

Stations = Array(1, 2, 3, 4, 5, 6)
StationsFlag = False
EmptyStationsFlag = False
Counter3 = 0
For Counter1 = 1 To UBound(Stations)
    For Counter2 = 1 To UBound(StationsUsed)
        If Stations(Counter1) = StationsUsed(Counter2) Then
StationsFlag = True
        Next Counter2
        If StationsFlag = False Then
            Counter3 = Counter3 + 1
            ReDim Preserve EmptyStations(Counter3)
            EmptyStations(Counter3) = Stations(Counter1)
            EmptyStationsFlag = True
        End If
        StationsFlag = False
    Next Counter1

If EnginesFlag = True Then
    For Counter1 = 1 To UBound(StationsUsed)
        If ActiveCell.Offset(Counter1, 1).Value =
Worksheets("Dock" &
CStr(StationsUsed(Counter1))).Range("B2").Value Then
            Else
                Worksheets("Dock" &
CStr(StationsUsed(Counter1))).Range("B2").Value =
ActiveCell.Offset(Counter1, 1).Value
                For Counter2 = 1 To UBound(EngineTasks)
                    EngineTasks(Counter2) =
ActiveCell.Offset(Counter1, 3 + Counter2).Value
                Next Counter2
                ActiveWorkbook.Worksheets("Dock" &
CStr(StationsUsed(Counter1))).Activate
                Counter2 =
Application.WorksheetFunction.CountA(Range("B:B")) - 1
                ActiveSheet.Range("C1:AJ1").Clear
                ActiveSheet.Range("C3:AJ" & CStr(2 + Counter2)).Clear
                ActiveSheet.Range("C1:AJ1").Value = EngineTasks
                ActiveWorkbook.Worksheets("temporary").Activate
            End If
        Next Counter1
    End If

If EmptyStationsFlag = True Then
    For Counter1 = 1 To UBound(EmptyStations)
        ActiveWorkbook.Worksheets("Dock" &
CStr(EmptyStations(Counter1))).Activate
        ActiveSheet.Range("B2").Clear
        Counter2 =
Application.WorksheetFunction.CountA(Range("B:B"))
        ActiveSheet.Range("C1:AJ1").Clear
        ActiveSheet.Range("C3:AJ" & CStr(2 + Counter2)).Clear
    Next Counter1
End If

GroupSelectionForm.Show
ActiveWorkbook.Worksheets("Control Panel").Activate

```

```
Application.ScreenUpdating = True  
Application.Calculation = True  
  
End Sub
```