



Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας  
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΧΡΟΝΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ  
ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΑΕΡΟΣΚΑΦΟΥΣ CL-415

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Κ. ΤΑΣΙΑΣ

ΜΑΛΑΚΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΚΟΖΑΝΗ 20/9/2020

## ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΜΗ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΗΣ ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΣ

Δηλώνω ρητά ότι η παρούσα Διπλωματική Εργασία με τίτλο:

### ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΧΡΟΝΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

#### ΑΕΡΟΣΚΑΦΟΥΣ CL-415

καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στο πλαίσιο αυτής της εργασίας και αναφέρονται ρητώς μέσα στο κείμενο που συνοδεύουν και η οποία έχει εκπονηθεί στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, υπό την επίβλεψη του κ. Κωσταντίνου Τασιά, αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματός αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και μόνο.

Copyright © Νικόλαος Μαλακός & Κωσταντίνος Τασιάς, 20/9/2020, Κοζάνη

Υπογραφή Φοιτητή

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

## Περίληψη

Το βασικό θέμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η διαχείριση έργου και έχει ως στόχο την χρονική βελτιστοποίηση της ετήσιας συντήρησης του αεροσκάφους CL-415. Αρχικά θα αναλυθεί η σημασία και ο ρόλος της σωστής διαχείρισης έργου και θα αναφερθούν μερικές από τις πιο διαδεδομένες τεχνικές της. Ιδιαίτερη βαρύτητα θα δοθεί στην μέθοδο CPM καθώς θα χρησιμοποιηθεί για την μετέπειτα θεωρητική βελτιστοποίηση του έργου. Στην συνέχεια θα παρουσιαστούν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την λειτουργία και τις κατηγορίες συντήρησης του αεροσκάφους. Το θεωρητικό υπόβαθρο της διαχείρισης έργου και του αεροσκάφους ακολουθείται από την θεωρητική χρονική βελτιστοποίηση της ετήσιας συντήρησης. Παρόλα αυτά η μέθοδος CPM που χρησιμοποιείται για τον θεωρητικό προγραμματισμό του έργου θεωρεί ως δεδομένο την ύπαρξη του διαθέσιμου προσωπικού για όλη την πορεία του έργου αψηφώντας τυχόν ελλείψεις. Όπως είναι λογικό η υπόθεση αυτή δεν ισχύει υπό πραγματικές συνθήκες με αποτέλεσμα να απαιτείται η δημιουργία μίας πιο ρεαλιστικής μεθόδου που να βελτιστοποιεί τις εργασίες με βάση τα πραγματικά δεδομένα. Για αυτό το λόγο δημιουργήθηκε κατάλληλη εφαρμογή στο περιβάλλον του MATLAB με σκοπό την χρονική βελτιστοποίηση της ετήσιας συντήρησης. Η εφαρμογή που σχεδιάστηκε δεν στοχεύει συγκεκριμένα στην βελτιστοποίηση της ετήσιας συντήρησης του αεροσκάφους CL-415 καθώς η χρήση της καθίσταται δυνατή για την αντιμετώπιση των προαναφερθέντων προβλημάτων για έργα όλων των κατηγοριών. Τα θετικά του προγράμματος πέρα από τον αρχικό συντονισμό που θα προσφέρει, είναι ότι θα δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να επαναπρογραμματίσει τη συνέχεια ενός έργου σε οποιαδήποτε μεταβολή μπορεί να προκύψει είτε στο διαθέσιμο προσωπικό είτε στο ωράριο λειτουργίας του. Το τελευταίο κομμάτι της εργασίας αποτελείται από παραδείγματα που επεξηγούν τον τρόπο λειτουργίας του προγράμματος ενώ η διπλωματική εργασία κλείνει παρουσιάζοντας τα τελικά συμπεράσματα καθώς και μελλοντικές αναβαθμίσεις της εφαρμογής.

## Abstract

The main topic of this thesis is project management and aims to optimize the time planning for CL-415 aircraft annual maintenance. At first, the importance of project management will be referred to and some of its most widespread tools will be mentioned. Special emphasis will be given to the CPM method as it will be used for the following theoretical optimization of the project. In the next part, some useful information about technical characteristics, operation system and maintenance categories for CL-415 aircraft will be presented. The theoretical background of project management and CL-415's information will be followed by the theoretical time optimization of the annual maintenance. However, the CPM method that was used for the theoretical planning of the project sets the limitation that the available staff is covering all the requirements ignoring any shortcomings. As it is reasonable, this limitation does not apply under real conditions, resulting in the need of a new more realistic method that could optimize the project based on the real data. For this reason, an application was created in the MATLAB environment in order to optimize the time management of the annual maintenance. The application that was designed does not aim specifically at the CL-415 annual maintenance as it can be used to address the aforementioned problems for projects of all categories. The advantages of this program, apart from the initial optimization, is that it offers the user the ability to reschedule the program if any change occurs in the available staff or the working hours. In the last part how the program works will be explained by some examples and finally the thesis will be closed by presenting the conclusions as well as future upgrades of the application.

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής εργασίας, κύριο Κωσταντίνο Τασιά , για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα πολύ ενδιαφέρον θέμα και για τη διαρκή καθοδήγηση του σε όλο αυτό το διάστημα. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές τις κατεύθυνσης μου κύριο Γεώργιο Νενέ και την κυρία Σοφία Παναγιωτίδου για την συμβολή τους καθόλη την διάρκεια των σπουδών μου. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου καθώς και τους φίλους μου που με στηρίζανε σε όλο αυτό το χρονικό διάστημα.

## Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1ο: Διαχείριση έργου.....	7
1.1 Ιστορικά δεδομένα.....	7
1.2 Ορισμός του έργου .....	7
1.3 Τρίγωνο διαχείρισης έργου .....	8
1.4 Κύκλος ζωής έργου.....	9
1.5 Ο ρόλος της διαχείρισης έργου.....	10
1.6 Δικτυακά διαγράμματα .....	11
1.7 Διάγραμμα GANNT .....	12
1.8 CPM / PERT .....	13
1.8.1 Μέθοδος PERT.....	14
1.8.2 Μέθοδος CPM.....	14
Κεφάλαιο 2ο : Αεροσκάφη CL-415 .....	20
2.1 Ιστορικά στοιχεία .....	20
2.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά αεροσκάφους CL-415 .....	21
2.3 Ο ρόλος και η λειτουργία του CL-415 .....	22
2.4 Τα αεροσκάφη CL-415 στην Ελλάδα.....	24
Κεφάλαιο 3ο: Συντήρηση Αεροσκάφους.....	25
3.1 Επίπεδα συντήρησης αεροσκαφών .....	25
3.2 Πρώτος βαθμός συντήρησης (γραμμής πτήσεων).....	26
3.3 Δεύτερος βαθμός συντήρησης (intermediate).....	26
3.4 Τρίτος βαθμός συντήρησης (overhaul).....	27
3.5 TCTO'S συντήρηση (Time Compliance Technical Orders).....	27
Κεφάλαιο 4ο: Θεωρητικός προγραμματισμός ετήσιας συντήρησης.....	28
4.1 Ετήσια συντήρηση αεροσκάφους CL-415.....	28
4.2 Θεωρητικός Σχεδιασμός.....	28
4.2.1 Φάση Α.....	29
4.2.2 Φάση Β .....	31
4.2.3 Φάση Γ.....	33
4.2.4 Φάση Δ .....	35
4.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων θεωρητικού σχεδιασμού.....	41
Κεφάλαιο 5ο: Προγραμματισμός ετήσιας συντήρησης με περιορισμούς σε ανθρώπινους πόρους ή ωράριο εργασίας.....	43
5.1 Εισροές του προγράμματος.....	44
5.2 Περιγραφή του αλγόριθμου.....	46

5.3	Λειτουργία του προγράμματος.....	50
5.3.1	Εισαγωγή δεδομένων.....	50
5.3.2	Ημερήσια βελτιστοποίηση .....	53
5.4	Αποθήκευση και εισαγωγή έργου.....	57
5.4.1	Αποθήκευση έργου.....	57
5.4.2	Εισαγωγή έργου.....	58
5.5	Ελλείψεις προσωπικού.....	59
5.6	Επιπρόσθετα στοιχεία .....	62
5.7	Αποτελέσματα ετήσιας συντήρησης με την χρήση του προγράμματος .....	64
	Κεφάλαιο 6ο: Συμπεράσματα.....	67
	Βιβλιογραφία.....	68
	Παραρτήματα.....	69
	Παράρτημα Α: Πίνακες εργασιών.....	69
	Φάση Α.....	69
	Φάση Β.....	70
	Φάση Γ .....	72
	Φάση Δ.....	73
	Παράρτημα Β: Αρχείο συνεργείων/παρουσιολόγιο.....	77
	Παράρτημα Γ: Παράδειγμα αποθηκευμένου αρχείου.....	78
	Παράρτημα Δ: Κώδικας MATLAB .....	79

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>: Διαχείριση έργου

### 1.1 Ιστορικά δεδομένα

Η διαχείριση έργου θεωρείται ένας από τους πιο σημαντικούς κλάδους της σύγχρονης αγοράς καθώς πλέον θεωρείται ένα αναπόσπαστο κομμάτι για την επιβίωση μίας επιχείρησης στο σύγχρονο ανταγωνιστικό περιβάλλον. Ο τομέας της διαχείρισης έργου αναπτύχθηκε κυρίως τις τελευταίες δεκαετίες, όμως η πρώτη χρήση της χρονολογείται αρκετά χρόνια πίσω και συγκεκριμένα στην κατασκευή μεγάλων έργων της ιστορίας όπως οι πυραμίδες της Giza το 2550 π.Χ. και του σινικού τείχους κατά την περίοδο 221-206 π.Χ. Η διαχείριση έργου όπως είναι γνωστή σήμερα, ξεκίνησε να εμφανίζεται κατά το τέλος της δεκαετίας του 1950 όπου και χρησιμοποιήθηκε σε στρατιωτικά και διαστημικά προγράμματα με τους Henry Gantt και Henri Fayol να θεωρούνται οι προπάτορες του τομέα. Η επιτυχία που γνώρισε μέσω αυτών των προγραμμάτων ώθησε τις περισσότερες επιχειρήσεις να υιοθετήσουν τις καινούργιες μεθόδους και τεχνικές με αποτέλεσμα η διαχείριση έργου να διαδοθεί γρήγορα σε όλο το κόσμο. Η ραγδαία αναβάθμιση των μοντέλων προγραμματισμού είχε ως αποτέλεσμα το 1967 την ίδρυση της IPMA (International Project Management Association) ως ευρωπαϊκή ομοσπονδία των εθνικών οργανώσεων διαχείρισης έργου. Το 1969 ακολούθησε με την σειρά της η δημιουργία της PMI (Project Management Institute) στις Η.Π.Α. όπου είναι υπεύθυνη για την δημοσίευση του γνωστού οδηγού PMBOK (Project Management Body of Knowledge) στον οποίο περιέχονται γνωστές πρακτικές διαχείρισης για τα έργα όλων των κατηγοριών.

### 1.2 Ορισμός του έργου

Για την καλύτερη κατανόηση της διαχείρισης χρίζεται απαραίτητος ο καθορισμός της έννοιας του έργου. Το έργο περιγράφεται από πολλούς ορισμούς, με αυτούς των PMBOK και Turner να αποτελούν τους πιο γνωστούς και διαδεδομένους στο πέρασμα των χρόνων.

- **Project Management Institute, (PMBOK, 2004):** «...προσωρινό εγχείρημα που στοχεύει στη δημιουργία ενός μοναδικού προϊόντος ή υπηρεσίας. Προσωρινό σημαίνει ότι κάθε έργο έχει καθορισμένο τέλος. Μοναδικό σημαίνει ότι το προϊόν ή υπηρεσία διαφέρει κατά διακριτό τρόπο από όλα τα υπόλοιπα παρόμοια προϊόντα ή υπηρεσίες».
- **Ο Turner (1993) ορίζει ως έργο** «...το εγχείρημα κατά το οποίο άνθρωποι πόροι, μηχανές, οικονομικοί πόροι και πρώτες ύλες οργανώνονται κατά καινοφανή τρόπο, με στόχο την ανάληψη συγκεκριμένου αντικειμένου εργασιών που έχουν συγκεκριμένες προδιαγραφές και υπόκεινται σε δεδομένους κοστολογικούς και χρονικούς περιορισμούς, ώστε να παραχθεί μία επωφελής μεταβολή, η οποία ορίζεται μέσω ποσοτικών και ποιοτικών στόχων».

Κατανοώντας τους παραπάνω ορισμούς διαπιστώνεται ότι ένα έργο καθιστά μία προσωρινή διαδικασία με στόχο την δημιουργία ενός μοναδικού προϊόντος ή υπηρεσίας. Το τελικό προϊόν θα επιφέρει το αντίστοιχο κέρδος βάσει των δυνατοτήτων που είναι ικανό να προσφέρει στον αγοραστή. Τα έργα μπορούν να κατανεμηθούν σε αρκετές κατηγορίες, για παράδειγμα βάσει μεγέθους και αξίας, παρόλα αυτά ανεξαρτήτως κατηγορίας παρατηρείται η ύπαρξη κοινών ιδιοτήτων που μπορούν να περιγράψουν όλα τα είδη τους. Μερικές από τις ιδιότητες ενός έργου είναι:

- Να αποτελείται από μη επαναλαμβανόμενες δραστηριότητες.



- Να απαιτεί τον απαραίτητο σχεδιασμό για το σωστό αποτέλεσμα.
- Η ύπαρξη προσωπικού.
- Η ύπαρξη έναρξης και λήξης.
- Η ύπαρξη περιορισμών σε χρόνο, κόστος, ποιότητα και διαθέσιμους πόρους.

### 1.3 Τρίγωνο διαχείρισης έργου

Από τα βασικά προβλήματα κατά την διεκπεραίωση ενός έργου, είναι οι έντονες αντιπαραθέσεις που δημιουργούνται μεταξύ των εμπλεκόμενων παραγόντων, λόγω της συνεχούς δημιουργίας καινούργιων δεδομένων. Η επιτυχία ενός έργου καθορίζεται κυρίως από την εξισορρόπηση των τριών βασικών δεικτών του χρόνου, της ποιότητας και του κόστους.

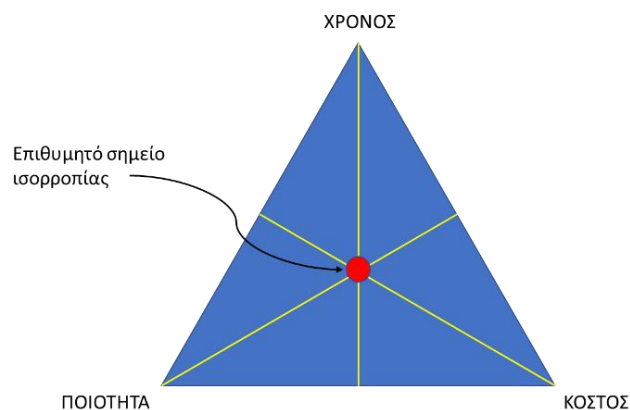
**Χρόνος:** Το έργο θα πρέπει να έχει ολοκληρωθεί εντός των καθορισμένων χρονικών ορίων.

**Ποιότητα:** Το τελικό αποτέλεσμα θα πρέπει να τηρεί τις απαιτούμενες προδιαγραφές.

**Κόστος:** Το συνολικό κόστος του έργου θα πρέπει να βρίσκεται εντός του προϋπολογισμού.

Οι 3 κύριοι δείκτες έχουν ανταγωνιστική σχέση μεταξύ τους καθώς:

- Η βιαστική ολοκλήρωση ενός έργου εντός των απαιτούμενων χρονικών ορίων μπορεί να επιφέρει επιπτώσεις στην ποιότητα και την αξιοπιστία του τελικού προϊόντος-υπηρεσίας αλλά και να αυξήσει σημαντικά το κόστος του.
- Αντίθετα η απαραίτητη τήρηση των προδιαγραφών μπορεί να προκαλέσει την καθυστερημένη ολοκλήρωση ενός έργου με παράλληλη αύξηση του κόστους.
- Τέλος, ο χαμηλός προϋπολογισμός μπορεί να οδηγήσει σε αργοπορημένη ολοκλήρωση του έργου αλλά και χαμηλή ποιότητα.



Εικόνα 1: Τρίγωνο διαχείρισης έργου

Έτσι λοιπόν, αναλόγως με τις ιδιαιτερότητες του έργου θα πρέπει να δοθεί η κατάλληλη βαρύτητα σε κάθε ένα από αυτούς τους δείκτες με σκοπό το επιθυμητό αποτέλεσμα. Για παράδειγμα στη περίπτωση ενός μεγάλου έργου, όπως μίας γέφυρας, δίνεται λιγότερη βαρύτητα στον χρόνο ολοκλήρωσης σε σχέση με την ποιότητα του καθώς το τελικό προϊόν θα πρέπει να είναι ασφαλές για το ευρύ κοινό. Σε αντίθετη περίπτωση, μία εταιρεία που παράγει μαζικά τετράδια δίνει την λιγότερη βαρύτητα στην ποιότητα καθώς θέλει να επιτύχει την μαζική και φθηνή παραγωγή του προϊόντος. Όπως

είναι λογικό θα πρέπει στο εκάστοτε έργο να υπολογιστεί το κατάλληλο σημείο ισορροπίας μεταξύ των 3 δεικτών που θα καθορίζει την βαρύτητα τους. Με αυτό τον τρόπο, είναι ικανό να παρουσιάσουμε την σχέση των 3 δεικτών καθώς και του σημείου ισορροπίας του έργου ως ένα τρίγωνο όπως φαίνεται και στην εικόνα 1. Το τρίγωνο αυτό είναι γνωστό και ως τρίγωνο διαχείρισης έργου.

## 1.4 Κύκλος ζωής έργου

Επιχειρήσεις που αναλαμβάνουν μεγάλα και περίπλοκα έργα είναι λογικό να τα διαιρούν σε μικρότερα κομμάτια (φάσεις) έτσι ώστε να καθίσταται εύκολος ο συντονισμός αλλά και ο έλεγχος όλων των εργασιών κατά την πορεία της υλοποίησής τους. Σύμφωνα με το PMBOK: “...καθώς το κάθε έργο είναι μοναδικό και ενέχει κάποιο βαθμό κινδύνου, οι εταιρείες που αναλαμβάνουν την εκτέλεση έργων συνήθως το υποδιαιρούν σε φάσεις για να υπάρχει καλύτερος διοικητικός έλεγχος. Συλλογικά όλες μαζί, οι φάσεις αυτές συνιστούν τον κύκλο ζωής του έργου”. Διαχωρίζοντας το έργο σε φάσεις στην συνέχεια η κάθε φάση μπορεί να αναλυθεί σε επιμέρους δραστηριότητες που με την σειρά τους μπορούν να διαχωριστούν σε επιμέρους εργασίες. Αυτή η διαδικασία μπορεί να συνεχιστεί μέχρι να καθίσταται ασφαλή η εκτίμηση της χρονικής διάρκειας και του συνολικού κόστους όλων των εργασιών. Ο σύνηθες διαχωρισμός που πραγματοποιείται στα έργα που χρηματοδοτούνται από την ΕΕ αποτελείται από 5 επίπεδα.

Επίπεδο 0: Έργο

Επίπεδο 1: Φάση

Επίπεδο 2: Πακέτο εργασιών

Επίπεδο 3: Δραστηριότητες

Επίπεδο 4: Επιμέρους εργασίες

Ο πιο διαδεδομένος διαχωρισμός ενός έργου σε φάσεις αποτελείται από 4 στάδια όπως φαίνεται και στην εικόνα 2. Τα στάδια αυτά αποτελούν τις φάσεις σύλληψης, σχεδιασμού, εκτέλεσης και λήξης του έργου.

**Στάδιο σύλληψης (αρχικό στάδιο):** Το πρώτο στάδιο αποτελεί την έρευνα σκοπιμότητας του έργου όπου μέσω προσεγγιστικών εκτιμήσεων του χρόνου και των διαθέσιμων πόρων καθορίζεται το κέρδος που μπορεί να προσφέρει η υλοποίηση του. Εφόσον εκτιμηθεί πως η ολοκλήρωση του έργου θα επιφέρει τα απαιτούμενα κέρδη τότε δίνεται η έγκριση για να προχωρήσει στο επόμενο στάδιο.

**Στάδιο σχεδιασμού:** Αφού δοθεί η έγκριση ξεκινάνε οι διαδικασίες προγραμματισμού του έργου. Έχοντας καθορίσει από το αρχικό στάδιο τις προδιαγραφές καθώς και τις προϋποθέσεις που θα πρέπει να τηρεί το τελικό προϊόν, ο υπεύθυνος του έργου καλείται να κατασκευάσει την κατάλληλη πολιτική για την πορεία των εργασιών έτσι ώστε να επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα.

**Στάδιο εκτέλεσης:** Έχοντας κατασκευάσει το πλάνο της πορείας του έργου ξεκινάει η εκτέλεση του. Σε αυτό το στάδιο οι εργασίες πραγματοποιούνται από τα υπεύθυνα συνεργεία ενώ παράλληλα διενεργούνται συνεχείς ποιοτικοί έλεγχοι για την διασφάλιση της απαιτούμενης ποιότητας.

**Στάδιο παράδοσης (στάδιο λήξης):** Αποτελεί τη τελευταία φάση του έργου και υποδηλώνει την ολοκλήρωση και την παράδοση του. Σε αυτό το στάδιο πραγματοποιείται ο τελικός ποιοτικός

έλεγχος ενώ καταγράφεται και η ικανοποίηση του πελάτη. Τέλος αποθηκεύονται χρήσιμες πληροφορίες που εμφανίστηκαν κατά την διάρκεια των εργασιών για μελλοντική χρήση σε αντίστοιχες περιπτώσεις.



Εικόνα 2: Κύκλος ζωής έργου

## 1.5 Ο ρόλος της διαχείρισης έργου

Η πορεία ενός έργου περιγράφεται από επικινδυνότητα και αβεβαιότητα καθώς όπως είναι λογικό κατά την πορεία των εργασιών προκύπτουν συνεχώς καινούργια δεδομένα και καταστάσεις που επηρεάζουν το υπάρχον πρόγραμμα του. Η διαχείριση έργου καλείται να εξισορροπήσει τις ανάγκες αλλά και τις απαιτήσεις του εκάστοτε έργου έτσι ώστε να επιτευχθεί η ομαλή ολοκλήρωση και η ικανοποίηση όλων των προσδοκιών του. Το PMBOK ορίζει πως *... η διαχείριση έργου είναι η εφαρμογή γνώσεων, δεξιοτήτων, εργαλείων και τεχνικών, έτσι ώστε οι δραστηριότητες του έργου να κατευθύνονται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο προς την ικανοποίηση των αναγκών και των προσδοκιών των εμπλεκόμενων στο έργο*. Οι εμπλεκόμενοι παράγοντες εξαρτώνται από την κατηγορία του εκάστοτε έργου.

Το PMBOK έχει διαχωρίσει τα γνωστικά πεδία της διαχείρισης έργου σε 9 υποσύνολα όπως παρουσιάζονται παρακάτω:

1. Διαχείριση φυσικού αντικείμενου του έργου (Project scope management).
2. Διαχείριση χρονοδιαγράμματος του έργου (Project time management).
3. Διαχείριση Κόστους του έργου (Project cost management).
4. Διαχείριση ποιότητας του έργου (Project quality management).
5. Διαχείριση ανθρώπινων πόρων του έργου (Project human resource management).
6. Διαχείριση προμηθειών του έργου (Project Procurement management).
7. Διαχείριση επικοινωνιών του έργου (Project communication management).
8. Διαχείριση κινδύνων του έργου (Project risk management).

9. Διαχείριση ολοκλήρωσης του έργου (Project integration management).
10. Διαχείριση εμπλεκομένων του έργου (Project stakeholders management).

Επιπλέον υπάρχουν 4 γνωστικά πεδία τα οποία φορούν μόνο κατασκευαστικά έργα τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω:

1. Διαχείρισης ασφάλειας έργου (Project Safety Management)
2. Διαχείριση περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων έργου (Project Environmental Management)
3. Οικονομική διαχείριση έργου (Project Financial Management)
4. Διαχείριση απαιτήσεων έργου (Project Claim Management)

## 1.6 Δικτυακά διαγράμματα

Τα δικτυακά διαγράμματα χρησιμοποιούνται για την σχεδίαση και τον έλεγχο της πορείας ενός έργου και αποτελούν το χρονοδιάγραμμα των δραστηριοτήτων του. Σε ένα δικτυακό διάγραμμα απεικονίζεται το σύνολο των εργασιών με τους αντίστοιχους χρόνους καθώς και οι μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις. Ο στόχος των δικτυακών διαγραμμάτων είναι μέσω της γραφικής απεικόνισης του έργου να προσφέρει τον καλύτερο συντονισμό αλλά και έλεγχο των διαδικασιών έτσι ώστε να επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα.

Τα διάφορα δικτυακά διαγράμματα που υπάρχουν έχουν την δυνατότητα να παρουσιάσουν ένα οποιοδήποτε έργο με την διαφορά τους να καθορίζεται από τον τρόπο απεικόνισης της πληροφορίας. Τα πιο διαδεδομένα διαγράμματα αποτελούν τα τοξωτά και κομβικά δίκτυα τα οποία περιγράφουν ένα έργο με την χρήση τόξων και κόμβων.

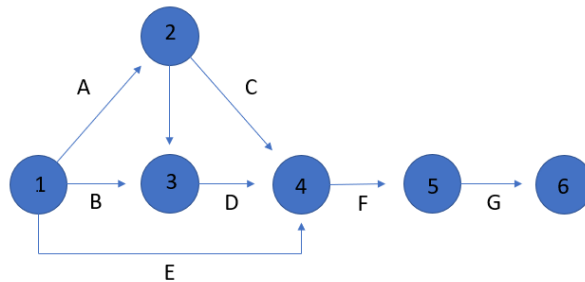
1. Τοξωτά δίκτυα (AOA: Activity On Arrow): Οι κόμβοι στη προκειμένη περίπτωση παρουσιάζουν τις χρονικές στιγμές αρχής και λήξης των εργασιών. Τα βέλη μεταξύ των κόμβων παρουσιάζουν τις εργασίες του έργου.

Κανόνες για ορθή κατασκευή δικτύου AOA.

- i. Όταν στην αρχή ενός χρονικού κόμβου, που αποτελεί την έναρξη μίας εργασίας, καταλήγουν μία οι περισσότερες διαφορετικές εργασίες θα πρέπει να ολοκληρωθούν όλες έτσι ώστε να ξεκινήσει η επόμενη. Για παράδειγμα στην εικόνα 3 η εργασία F ξεκινάει την χρονική στιγμή 4 όπου καταλήγουν οι εργασίες C,D και E. Για την εκκίνηση της F απαιτείται η ολοκλήρωση και των 3<sup>ων</sup> προηγούμενων εργασιών.
- ii. Η κάθε εργασία θα πρέπει να κατέχει μοναδικό συνδυασμό κόμβων έναρξης και λήξης αλλιώς θα πρέπει να δημιουργηθεί μία εικονική εργασία με χρονική διάρκεια ίση με το 0. Για παράδειγμα όπως φαίνεται και στην εικόνα 3 η εργασία που ενώνει τους κόμβους 2 και 3 είναι εικονική και έχει σχεδιαστεί για την αποφυγή κοινού ζεύγους κόμβων μεταξύ των εργασιών A και B.
- iii. Όλες οι εργασίες εξαιρώντας την τελευταία θα πρέπει να συνδέονται με κάποια άλλη. Σε διαφορετική περίπτωση είναι αναγκαία η κατασκευή μίας εικονικής εργασίας.

- iv. Απαγορεύεται η δημιουργία βρόγχων καθώς τότε το σύστημα δεν θα είχε τέλος. Για παράδειγμα στον κόμβο 6 της εικόνας 3 θα ήταν αδύνατη η ύπαρξη μίας εργασία που θα οδηγούσε στον κόμβο 1.

ΕΡΓΑΣΙΑ	ΕΞΑΡΤΗΣΕΙΣ
A	-
B	-
C	A
D	A, B
E	-
F	C, E, D
G	F

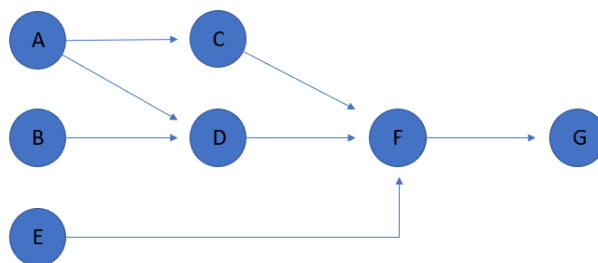


Εικόνα 3: Δικτυακό διάγραμμα τύπου AOA

2. Κομβικά δίκτυα (AON:Activities on nodes):Κατασκευάζονται ομοίως με την χρήση κόμβων και βελών με την διαφορά ότι στην προκειμένη περίπτωση οι εργασίες απεικονίζονται ως κόμβοι και οι σχέσεις μεταξύ τους παρουσιάζονται ως βέλη.

Η μεγάλη διαφορά μεταξύ των δύο δικτύων είναι ότι το δίκτυο AOA απεικονίζει την χρονική εξέλιξη ενός έργου καθώς το διαχωρίζει σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η τοποθέτηση των εργασιών με βάση τον χρόνο εκκίνησης δηλαδή όσο οι εργασίες πλησιάζουν το τέλος του δικτύου τόσο αυξάνεται και ο χρόνος εκκίνησης τους. Στην περίπτωση του δικτύου AON δεν δίνεται η βαρύτητα στον χρόνο αλλά στις εξαρτήσεις μεταξύ των εργασιών. Έτσι λοιπόν στην προκειμένη περίπτωση απεικονίζεται η λογική διαδοχή των εργασιών βάσει των μεταξύ τους σχέσεων.

ΕΡΓΑΣΙΑ	ΕΞΑΡΤΗΣΕΙΣ
A	-
B	-
C	A
D	A, B
E	-
F	C, E, D
G	F



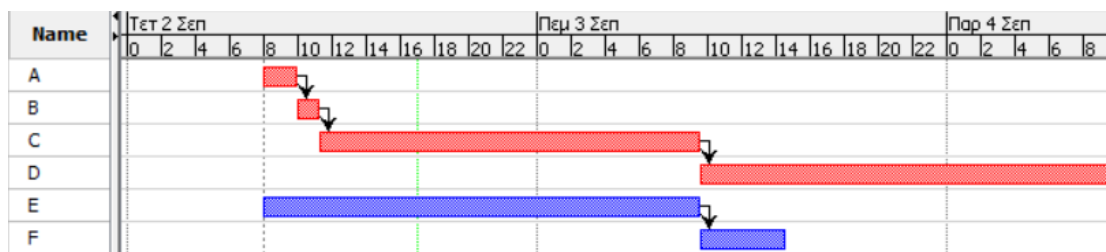
Εικόνα 4: Δικτυακό διάγραμμα τύπου AON

## 1.7 Διάγραμμα GANNT

Το διάγραμμα GANNT αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία γραφικής απεικόνισης και ελέγχου ενός έργου. Αναπτύχθηκε κατά την διάρκεια του πρώτου παγκοσμίου πολέμου από τον Henry Gantt με σκοπό τον έλεγχο ναυπηγικών έργων μέσω της γραφικής τους απεικόνισης. Το διάγραμμα Gantt ουσιαστικά αποτελεί ένα κάθετο ραβδόγραμμα παρουσίασης των εργασιών. Παρά την απλή μορφή του έχει παραμείνει ένα από τα πιο σημαντικά εργαλεία της διαχείρισης έργου, καθώς

έχει την δυνατότητα να προσφέρει τις απαραίτητες πληροφορίες που θα καταστήσουν τον συντονισμό και τον συνεχή έλεγχο ενός έργου ευκολότερο.

Ο οριζόντιος άξονας του διαγράμματος αποτελεί τον άξονα του χρόνου. Έτσι λοιπόν κατά την κατασκευή του διαγράμματος θα χρειαστεί αρχικά ο απαραίτητος μετασχηματισμός του άξονα στις κατάλληλες μονάδες που περιγράφουν το έργο όσο το δυνατό καλύτερα και με μεγαλύτερη ακρίβεια. Στην συνέχεια στο κεντρικό κομμάτι του διαγράμματος προθέτονται οι εργασίες ως ράβδοι όπου τοποθετούνται παράλληλα μεταξύ τους. Η αρχή και το τέλος της εκάστοτε ράβδου υποδηλώνει την χρονική στιγμή έναρξης και λήξης της κάθε εργασίας ενώ το μήκος υποδηλώνει την συνολική διάρκεια της. Στην εικόνα 5 παρουσιάζεται ένας παράδειγμα διαγράμματος GANNT.



Εικόνα 5: Παράδειγμα διαγράμματος GANNT

Στο παραπάνω διάγραμμα GANNT παρουσιάζεται ένα έργο που αποτελείται από 6 εργασίες όπως φαίνεται και στην αριστερή στήλη. Παρατηρώντας το διάγραμμα συμπεραίνεται ότι το έργο ξεκινάει το πρωί της Τετάρτης 2 Σεπτεμβρίου στις 8:00πμ και εκτιμάτε ότι θα ολοκληρωθεί το πρωί της Παρασκευής 4 Σεπτεμβρίου στις 9:00πμ.

Οι σχέσεις μεταξύ των εργασιών απεικονίζονται στο διάγραμμα ως βέλη που ενώνουν τις αντίστοιχες ράβδους. Για παράδειγμα στο προηγούμενο διάγραμμα φαίνεται πως η έναρξη της εργασίας B προϋποθέτει την ολοκλήρωση της εργασίας A. Αυτή η εξάρτηση παρουσιάζεται στο διάγραμμα μέσω της δημιουργίας ενός βέλους που ξεκινάει από την εργασία A και καταλήγει στην εργασία B

## 1.8 CPM / PERT

Η διαχείριση έργων με την πάροδο των χρόνων έχει αποκτήσει αρκετές τεχνικές και εργαλεία, με τις μεθόδους PERT και CPM να αποτελούν τις πιο διαδεδομένες εξ αυτών. Το γεγονός ότι αυτές οι δύο τεχνικές χρησιμοποιούνται από τα τέλη της δεκαετίας του 1950 μέχρι και σήμερα, φανερώνει την αξιοπιστία καθώς και την ευχρηστία τους. Συγκρίνοντας τις δύο τεχνικές μεταξύ τους γίνεται εύκολα αντιληπτό πως η λειτουργία τους βασίζεται στον εντοπισμό των κρίσιμων εργασιών, δηλαδή των εργασιών όπου μία ενδεχόμενη καθυστέρηση θα επηρεάσει τον συνολικό χρόνο λήξης του έργου. Αυτή η διαδικασία εντοπισμού πραγματοποιείται εύκολα μέσω της σχεδίασης των δικτυακών διαγραμμάτων και των απαραίτητων εκτιμήσεων της εκάστοτε μεθόδου.

Για την χρήση των προαναφερθέντων μεθόδων απαιτούνται 3 βασικές πληροφορίες:

1. Το σύνολο των εργασιών που αποτελούν το έργο.
2. Τις εξαρτήσεις μεταξύ των εργασιών.
3. Την χρονική διάρκεια της εκάστοτε εργασίας.

### 1.8.1 Μέθοδος PERT

Η τεχνική PERT αναπτύχθηκε για πρώτη φορά από τον αμερικάνικο στρατό που την εφάρμοσε στο πρόγραμμα POLARIS. Η περιπλοκότητα καθώς και η σημασία του προγράμματος ανάγκασε τους υπεύθυνους να αναζητήσουν μία μέθοδο που θα τους επέτρεπε τον σωστό προγραμματισμό του εγχειρήματος. Η τεχνική PERT αποτελεί μια πιθανοθεωρητική μέθοδο όπου έχει ως στόχο την χρονική βελτιστοποίηση ενός έργου πραγματοποιώντας 3 εκτιμήσεις σχετικά με την διάρκεια όλων των εργασιών. Αυτό συμβαίνει διότι στην πράξη οι θεωρητικοί χρόνοι των εργασιών δεν συμπίπτουν με τους πραγματικούς καθώς η ύπαρξη πολλών παραγόντων έχει την ικανότητα είτε να επισπεύσει είτε να καθυστερήσει τον συνολικό χρόνο που απαιτείται για την ολοκλήρωσή τους. Οι εκτιμήσεις που πραγματοποιούνται στην μέθοδο PERT για την κάθε εργασία ξεχωριστά είναι:

1. Αισιόδοξος χρόνος (o) : Η μικρότερη χρονική διάρκεια που μπορεί να χρειαστεί για την ολοκλήρωση της εργασίας.
2. Απαισιόδοξος χρόνος (p): Η μεγαλύτερη χρονική διάρκεια που μπορεί να χρειαστεί για την ολοκλήρωση της εργασίας.
3. Πιθανότερος χρόνος (m): Ο πιθανότερος χρόνος ολοκλήρωσης μίας εργασίας οπου και αποτελεί την ρεαλιστικότερη τιμή συγκριτικά με τις 2 προηγούμενες εκτιμήσεις.



Εικόνα 6: Εκτιμήσεις με την χρήση της μεθόδου PERT

Η μέθοδος PERT υποθέτει πως ο χρόνος των εργασιών ακολουθεί κατανομή “Βήτα” όπως φαίνεται και στην εικόνα 6. Η τελική εκτίμηση του χρόνου της εκάστοτε εργασίας υπολογίζεται από τη σχέση :

$$\mu = (o + 4 * m + p) / 6$$

### 1.8.2 Μέθοδος CPM

Η μέθοδος CPM αναπτύχθηκε από την εταιρεία Du Pout Corporation & Remington Rand Univac τα τέλη του 1950 με σκοπό την ελαχιστοποίηση του συνολικού χρόνου απόκρισης από την ολοκλήρωση του τελικού προϊόντος μέχρι την παράδοσή του. Αρχικά η μέθοδος CPM για την βελτιστοποίηση του συνολικού χρόνου ολοκλήρωσης ενός έργου βασίστηκε εξ ολοκλήρου στις αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των εργασιών. Με την πάροδο των χρόνων η ανάπτυξη της τεχνολογίας



βοήθησε αρκετά στην αναβάθμιση της τεχνικής προσθέτοντας καινούργια στοιχεία όπως ο έλεγχος των διαθέσιμων υλών αλλά και του προσωπικού καθιστώντας την έως και σήμερα ένα από τα μεγαλύτερα και πιο σημαντικά εργαλεία στην διαχείριση έργου.

Η τεχνική CPM αποτελεί μια αλγοριθμική μέθοδο όπου με την χρήση του δικτυακού διαγράμματος υπολογίζει τους θεωρητικούς χρόνους έναρξης και λήξης όλων των εργασιών και έχει ως αποτέλεσμα τον εντοπισμό του κρίσιμου μονοπατιού. Το κρίσιμο μονοπάτι υποδηλώνει το μονοπάτι με την μεγαλύτερη χρονική διάρκεια όπου και καθορίζει τον συνολικό χρόνο ολοκλήρωσης ενός έργου.

Οι θεωρητικοί χρόνοι που υπολογίζει η μέθοδος CPM είναι:

1. **Νωρίτερη έναρξη (ES):** Αποτελεί την νωρίτερη χρονική στιγμή που μπορεί να ξεκινήσει η εκάστοτε εργασία. Η χρονική στιγμή εκκίνησης των εργασιών όπου δεν εξαρτώνται από άλλες ταυτίζεται με την χρονική στιγμή έναρξης του έργου ( $ES=0$ ). Για μία εργασία X όπου έχει μία ή περισσότερες εξαρτήσεις ο ES υπολογίζεται ως  $ES(X)=\max EF(Y)$ , με Y το σύνολο των προηγούμενων εργασιών.
2. **Νωρίτερη λήξη (EF):** Αποτελεί τον νωρίτερο χρόνο που μπορεί να ολοκληρωθεί μία εργασία και υπολογίζεται ως το άθροισμα του νωρίτερου χρόνου εκκίνησης και της χρονικής διάρκειας της εργασίας.
3. **Αργότερη έναρξη (LS):** Αποτελεί την αργότερη χρονική στιγμή που μπορεί να ξεκινήσει μία εργασία. Υπολογίζεται ως η αφαίρεση της χρονικής διάρκειας της εργασίας από την αργότερη λήξη LF.
4. **Αργότερη λήξη (LF):** Αποτελεί την αργότερη χρονική στιγμή ολοκλήρωσης μίας εργασίας και υπολογίζεται ως το άθροισμα του αργότερου χρόνου έναρξης και της χρονικής διάρκειας της εκάστοτε εργασίας.

Έχοντας υπολογίσει τις παραπάνω χρονικές στιγμές για όλες τις εργασίες, υπολογίζεται το χρονικό περιθώριο της εκάστοτε εργασίας (Total slack) ως:

$$\text{Total Slack} = \text{Αργότερος Χρόνος Έναρξης (LS)} - \text{Νωρίτερος χρόνος έναρξης (ES)}$$

Ο δείκτης total slack καθορίζει το χρονικό περιθώριο που μπορεί να καθυστερήσει μία εργασία χωρίς να επηρεάσει τον συνολικό χρόνο ολοκλήρωσής του έργου. Συγκεκριμένα όταν ο δείκτης είναι ίσος με το 0 τότε η εργασία συγκαταλέγεται στο κρίσιμο μονοπάτι και άρα σε περίπτωση ενδεχόμενης καθυστέρησής της θα επηρεαστεί και ο συνολικός χρόνος ολοκλήρωσης του έργου. Στην περίπτωση όπου ο δείκτης είναι θετικός τότε η τιμή του total slack δείχνει τον χρόνο όπου μπορεί να καθυστερήσει η εργασία χωρίς να επηρεάσει τον τελικό χρόνο ολοκλήρωσης του έργου. Για την καλύτερη κατανόηση θα παρουσιαστεί ένα παράδειγμα της μεθόδου CPM. Ο πίνακας 1 παρουσιάζει τις εργασίες του παραδείγματος, ενώ ο πίνακας 2 παρουσιάζει την σημασία των κελιών του εκάστοτε κόμβου. Στο διάγραμμα 1 απεικονίζεται το διάγραμμα του παραδείγματος με την χρήση της μεθόδου CPM.

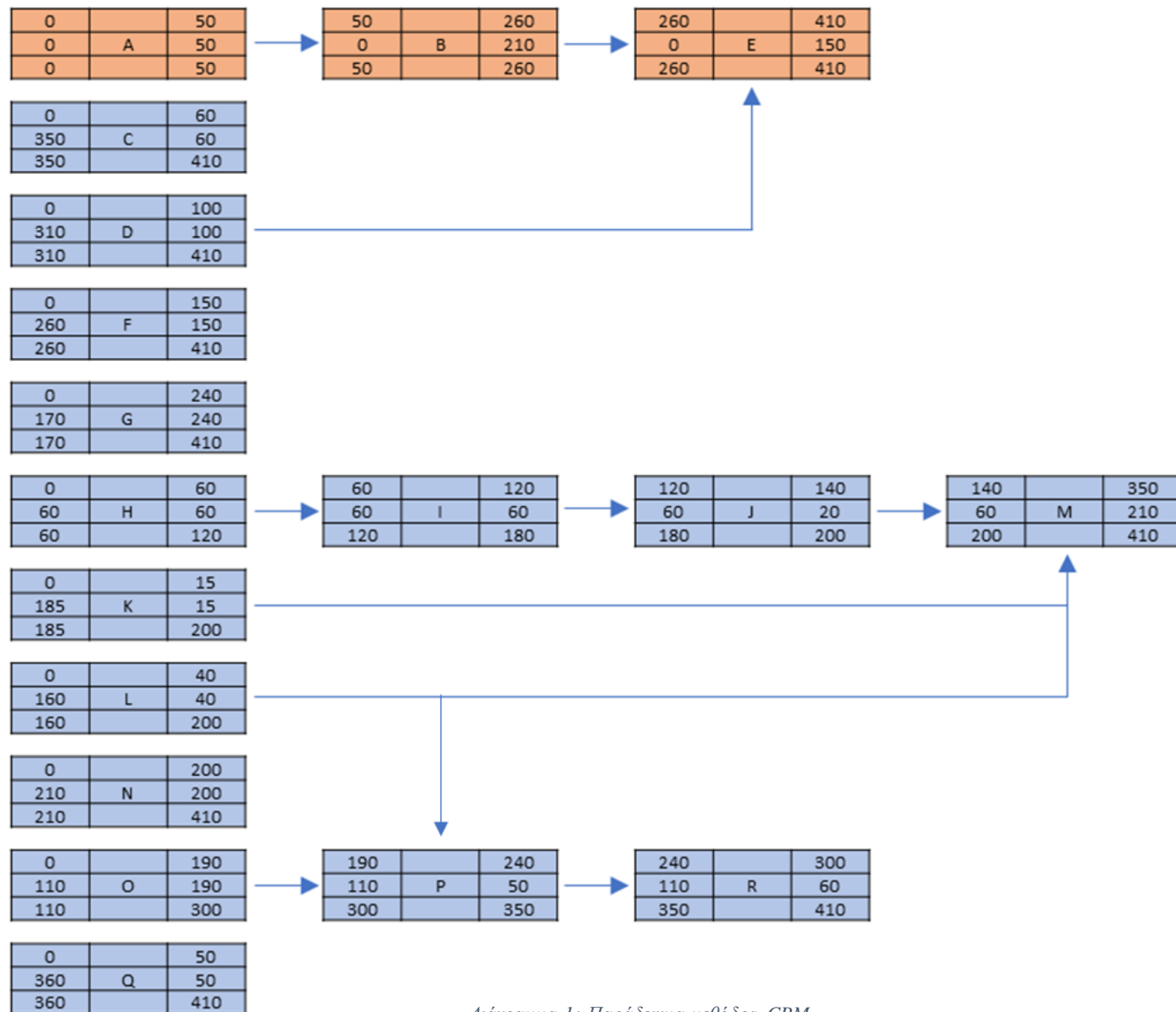


Εργασίες	Εξαρτήσεις	Διάρκεια εργασίας(Λεπτά)
A	-	50
B	A	210
C	-	60
D	-	100
E	B, D	150
F	-	150
G	-	240
H	-	60
I	H	60
J	I	20
K	-	15
L	-	40
M	K, J, L	210
N	-	200
O	-	190
P	O, L	50
Q	-	50
R	P	60

Πίνακας 1: Πίνακας εργασιών παραδείγματος CPM

ΝΩΡΙΤΕΡΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ(ES)		ΝΩΡΙΤΕΡΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΛΗΞΗΣ(EF)
SLACK TIME	ΕΡΓΑΣΙΑ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ
ΑΡΓΟΤΕΡΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΕΝΑΡΞΗΣ(LS)		ΑΡΓΟΤΕΡΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΛΗΞΗΣ(LF)

Πίνακας 2: Σημασία των κελιών στους εκάστοτε κόμβους



Διάγραμμα 1: Παράδειγμα μεθόδου CPM

Η μέθοδος CPM πραγματοποιείται βάσει αλγορίθμου τριών βημάτων.

**Βήμα 1:** Πέρασμα προς τα εμπρός. Πραγματοποιείται έλεγχος από την αρχή του έργου προς το τέλος για τον υπολογισμό των νωρίτερων χρόνων έναρξης και λήξης. Για τον υπολογισμό των ES και EF οι εργασίες διαχωρίζονται σε 3 κατηγορίες αναλόγως το πλήθος των εξαρτήσεων τους.

1. **Εργασίες χωρίς εξάρτηση:** Εφόσον δεν υπάρχει εξάρτηση η εκκίνηση των συγκεκριμένων εργασιών ταυτίζεται με την έναρξη του έργου. Επομένως ο νωρίτερος χρόνος έναρξης ορίζεται ίσος με το 0 ( $ES=0$ ), ενώ ο νωρίτερος χρόνος λήξης ταυτίζεται με την χρονική διάρκεια της εκάστοτε εργασίας. Οι εργασίες του παραδείγματος που ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία είναι οι A,C,D,F,G,H,K,L,N,O,Q
2. **Εργασίες με μία εξάρτηση:** Στην προκειμένη περίπτωση η εκκίνηση των συγκεκριμένων εργασιών καθορίζεται από την λήξη των προηγούμενων. Για παράδειγμα η εργασία B εξαρτάται μόνο από την εργασία A και άρα όπως είναι λογικό ο νωρίτερος χρόνος έναρξης της B ταυτίζεται με τον νωρίτερο χρόνο λήξης της A. Ο υπολογισμός του νωρίτερου χρόνου λήξης της εκάστοτε εργασίας υπολογίζεται ως το άθροισμα του νωρίτερου χρόνου έναρξης με την χρονική διάρκειά της. Οι εργασίες του παραδείγματος που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία είναι οι B,I,J,R.
3. **Εργασίες με πολλαπλές εξαρτήσεις :** Σε αυτή την κατηγορία δουλεύουμε με αντίστοιχο τρόπο όπως την προηγούμενη περίπτωση με την διαφορά ότι η τιμή ES καθορίζεται από την μέγιστη τιμή των EF των προηγούμενων εργασιών. Για παράδειγμα η εργασία E εξαρτάται από τις εργασίες B με  $EF=260$  λεπτά και D με  $EF=100$  λεπτά. Εφόσον για την εκκίνηση της εργασίας E είναι απαραίτητη η λήξη όλων των προηγούμενων εργασιών είναι λογικό πως ο ES της εργασίας E να ισούται με 260 λεπτά. Αντίστοιχα ο EF υπολογίζεται ως το άθροισμα της ES με την χρονική διάρκεια της εκάστοτε εργασίας. Οι εργασίες του παραδείγματος που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία είναι οι E,M,P.

**Βήμα 2:** Πέρασμα προς τα πίσω. Πραγματοποιείται έλεγχος από το τέλος του έργου προς την αρχή για τον υπολογισμό των αργότερων χρόνων έναρξης (LS) και λήξης (LF).

Υπολογίζοντας όλους του χρόνους ES, EF εντοπίζεται ο μέγιστος αριθμός από τις τιμές EF όπου και αποτελεί τον μέγιστο χρόνο ολοκλήρωσης του έργου που στην προκειμένη περίπτωση υπολογίζεται στα 410 λεπτά. Ταξινομώντας τις εργασίες σε 3 κατηγορίες είναι ικανός ο υπολογισμός των απαιτούμενων χρόνων LS και LF.

1. **Εργασίες που δεν αποτελούν εξάρτηση:** Οι συγκεκριμένες εργασίες όπως είναι λογικό δεν καθορίζουν την εκκίνηση κάποιας άλλης με αποτέλεσμα ο αργότερος χρόνος λήξης (LF) τους να αντιστοιχεί στον μέγιστο χρόνο λήξης του έργου δηλαδή τα 410 λεπτά. Ο αργότερος χρόνος έναρξης (LS) της εκάστοτε εργασίας υπολογίζεται αφαιρώντας από το LF την χρονική διάρκεια της. Οι εργασίες του παραδείγματος που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία είναι οι E,C,F,G,M,N,R,Q.
2. **Εργασίες που καθορίζουν μία και μοναδική διαφορετική εργασία:** Σε αυτή την περίπτωση ανήκουν οι εργασίες όπου η λήξη τους καθορίζει την έναρξη μίας και μοναδικής διαφορετικής εργασίας. Ο LF ταυτίζεται με τον LS της επόμενης εργασίας.

Για παράδειγμα η εργασία B οδηγεί μόνο στην εργασία E και άρα ο LF της B ισούται με το LS της E δηλαδή 260 λεπτά όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 2. Αντίστοιχα το LS της εκάστοτε εργασίας υπολογίζεται αφαιρώντας την χρονική διάρκεια από το LF. Οι εργασίες του παραδείγματος που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία είναι οι A,B,D,H,I,J,K,O,P.

3. **Εργασίες που καθορίζουν πολλαπλές διαφορετικές εργασίες :** Στην προκειμένη περίπτωση για τον υπολογισμό του LF ελέγχονται όλοι οι χρόνοι LS των επόμενων εργασιών με σκοπό την εύρεση της ελάχιστης τιμής. Για παράδειγμα η εργασία L οδηγεί στις εργασίες M με LS=200 λεπτά και P με LS=300 λεπτά. Ο LF της εργασίας L καθορίζεται από την μικρότερη τιμή και άρα σε αυτήν την περίπτωση ισούται με 200 λεπτά. Αντίστοιχα το LS της εκάστοτε εργασίας υπολογίζεται αφαιρώντας την χρονική διάρκεια από το LF. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει μόνο μία εργασία του παραδείγματος και συγκεκριμένα η εργασία L.

**Βήμα 3:** Υπολογισμός Slack time και καθορισμός κρίσιμου μονοπατιού.

Τέλος έχοντας υπολογίσει όλους τους χρόνους ES, EF, LS, LF υπολογίζεται το Slack time για όλες τις εργασίες μέσω της αφαίρεσης LS-ES. Το θετικό Slack time υποδηλώνει κατά πόσο μια εργασία μπορεί να καθυστερήσει χωρίς να καθυστερήσει ολόκληρο το έργο ενώ το μηδενικό Slack time δείχνει πως η εργασία ανήκει στο κρίσιμο μονοπάτι και άρα οποιαδήποτε καθυστέρηση θα επηρεάσει την χρονική ολοκλήρωση του έργου. Στο παραπάνω παράδειγμα διαπιστώνεται πως οι κρίσιμες εργασίες είναι οι A, B, E καθώς είναι και αυτές με μηδενικό slack time και για αυτό το λόγο παρουσιάζονται στο διάγραμμα 1 με κόκκινο χρώμα.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> : Αεροσκάφη CL-415

### 2.1 Ιστορικά στοιχεία



Εικόνα 7: Αεροσκάφος CL-415

Η αρχική ιδέα για τα πρώτα αεροσκάφη CL είχε να κάνει με την δημιουργία ενός αμφίβιου αεροσκάφους μεταφοράς. Παρόλα αυτά έπειτα από αίτημα των δασικών αρχών του Κεμπέκ για έναν αποτελεσματικό τρόπο παροχής νερού σε δασικές περιοχές, το αρχικό αεροσκάφος μετατράπηκε σε πυροσβεστικό με τίτλο CL-215 με την πρώτη του πτήση να χρονολογείται το 1969. Το 1986 κατασκευάστηκε μία νέα εξελιγμένη έκδοση του αρχικού αεροσκάφους επωνομαζόμενη ως CL-215T, η οποία περιελάμβανε βελτιώσεις στον σχεδιασμό καθώς επίσης και αναβαθμίσεις στα πτερύγια και στους κινητήρες του αεροσκάφους. Λόγω της τεράστιας επιτυχίας, το 1991 η εταιρεία Canadair αποφάσισε την παραγωγή ενός καινούργιου μοντέλου με νέο cockpit, αναβαθμισμένη αεροδυναμική και εξελιγμένο σύστημα απελευθέρωσης νερού. Το νέο μοντέλο ονομάστηκε CL-415 και αποτελεί μέχρι και σήμερα ένα από τα πιο σύγχρονα εργαλεία για την ανίχνευση και καταστολή μίας πυρκαγιάς.

Η εκκίνηση της παραγωγής του CL-415 χρονολογείται το 1993, ενώ τέθηκε για πρώτη φορά σε ενεργό υπηρεσία το 1994. Τα δικαιώματα των αεροσκαφών τύπου CL ανήκαν στην κατασκευάστρια εταιρεία Canadair μέχρι το έτος 1996 διότι την συγκεκριμένη χρονιά η εταιρεία εξαγοράστηκε από την γαλλική Bombardier με αποτέλεσμα να παραχωρήσει και τα δικαιώματα των αεροσκαφών της. Το 2016 η Viking air αγόρασε τα δικαιώματα για το CL-415 και εξέφρασε το ενδιαφέρον για την επανέναρξη της παραγωγής αεροσκαφών τέτοιας κατηγορίας. Το 2018 έγινε πραγματικότητα αυτή η σκέψη μέσω της δρομολόγησης ενός προγράμματος αναβάθμισης των αεροσκαφών CL-215 και CL-415 σε ένα καινούργιο μοντέλο CL-415EAF όπου και θεωρείται η βάση για την μελλοντική ανάπτυξη του CL-515.

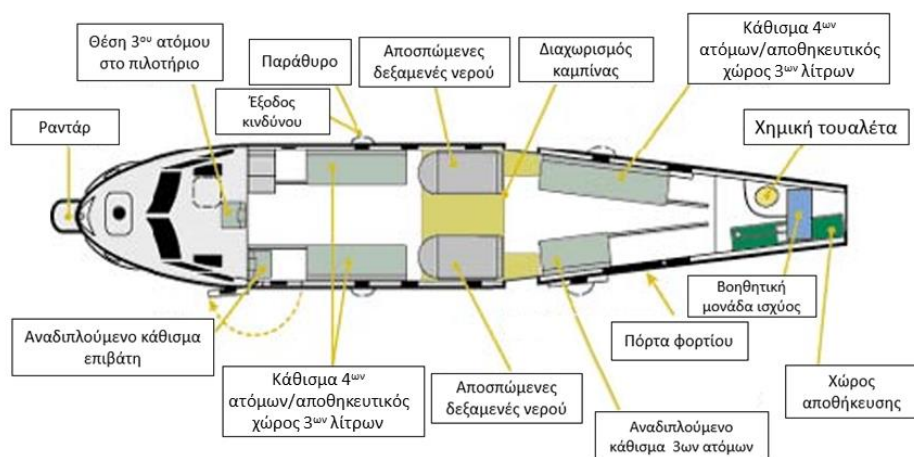
Μέχρι και σήμερα ένας μεγάλος αριθμός μονάδων CL επιχειρεί σε 11 χώρες όπως παρουσιάζεται και στον πίνακα 3, με την Ελλάδα να διαθέτει υπό την κατοχή της 18 αεροσκάφη.

Χώρα	Μονάδες αεροσκαφών CL
Καναδάς	64
Κροατία	6
Γαλλία	12
Ελλάδα	18
Ιταλία	19
Νότια Κορέα	1
Μαλαισία	2
Μαρόκο	5
Ισπανία	21
Τουρκία	9
Η.Π.Α.	4

Πίνακας 3: Πλήθος αεροσκαφών CL ανά χώρα

## 2.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά αεροσκάφους CL-415

- Το αεροσκάφος φτάνει σε μήκος τα 19,8 μέτρα με το άνοιγμα φτερών να υπολογίζεται στα 28,6 μέτρα και το ύψος του να αγγίζει τα 8,9 μέτρα.
- Το πλήρωμα του CL-415 αποτελείται από 2 πιλότους, ενώ μπορεί να χωρέσει επιπλέον 9 με 10 επιβάτες
- Το μέγιστο φορτίο που μπορεί να μεταφέρει αγγίζει τους 3 τόνους.
- Χρησιμοποιεί 2 κινητήρες τύπου PW-123AF turboprop
- Η μέγιστη ποσότητα καυσίμου υπολογίζεται ίση με 4650 κιλά.
- Το βάρος του αεροσκάφους με άδειο φορτίο υπολογίζεται ίσο με 12820 κιλά ενώ το μέγιστο βάρος για απογείωση από την στεριά έχει όριο τα 19890 κιλά.
- Το μέγιστο βάρος απογείωσης από την θάλασσα έχει όριο τα 17170 κιλά.
- Το μέγιστο βάρος αποθηκευμένου νερού υπολογίζεται ίσο με 6140 κιλά.
- Το μέγιστο βάρος για προσγείωση έχει όριο τα 16780 κιλά.



Εικόνα 8: Περιγραφή καμπίνας αεροσκάφους CL-415

### ***Απόδοση αεροσκάφους CL-415***

- Η μέγιστη ταχύτητα του αεροσκάφους αγγίζει τα 360km/h .
- Η βέλτιστη απόδοση επιτυγχάνεται στην ταχύτητα των 333km/h.(Cruise speed)
- Η ελάχιστη ταχύτητα που απαιτείται για την διατήρηση ύψους υπολογίζεται ίση με 126km/h.(Stall speed)
- Η μέγιστη απόσταση που μπορεί να διανύσει χωρίς ανεφοδιασμό αγγίζει τα 2443km.
- Το υψομετρικό όριο λειτουργίας αγγίζει τα 4500 μέτρα.
- Η ικανότητα απόκτησης ύψους υπολογίζεται ίση με 8,1m/s.
- Απαιτείται διάδρομος απογείωσης 840 μέτρων στη στεριά και 815 μέτρων στο νερό.
- Απαιτείται διάδρομος προσγείωσης 675 μέτρων στη στεριά και 665 μέτρων στο νερό.
- Η απογείωση και η προσγείωση σε υδάτινη περιοχή απαιτεί το βάθος του νερού να ξεπερνάει το όριο των 1,8 μέτρων.
- Η δυνατότητα λήψης νερού υπολογίζεται ίση με 5455 λίτρα ανά 12 δευτερόλεπτα.

### **2.3 Ο ρόλος και η λειτουργία του CL-415**

Το αεροσκάφος CL αποτελεί την βέλτιστη λύση για άμεση καταστολή μίας πυρκαγιάς, ενώ ο κύκλος καυσίμου 4 ωρών αυξάνει κατακόρυφα την αποδοτικότητα του κοντά σε υδάτινες περιοχές. Επιπλέον για την περαιτέρω αύξηση της αποδοτικότητας του αεροσκάφους οι πιλότοι προσπαθούν κατά την διάρκεια της αποστολής να ανεφοδιάζονται με νερό πετώντας κατά την φορά του ανέμου και κάνοντας ρίψη κόντρα σε αυτήν. Σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης ο υπεύθυνος δίνει την εντολή άμεσης απογείωσης του αεροσκάφους όπου κατά μέσο όρο το πλήρωμα θα χρειαστεί περίπου 15 λεπτά από την εντολή μέχρι την απογείωση. Το αεροσκάφος γίνεται αποδοτικότερο όταν απογειώνεται άδειο και γεμίζει κατά την πορεία του προς το σημείο ρίψης. Ιδανικά χρειάζεται 11 δευτερόλεπτα για να ανεφοδιαστεί πλήρως, όμως λόγω διάφορων παραγόντων όπως της έντασης του ανέμου και της μορφολογίας του εδάφους η μέση παραμονή του στο νερό αυξάνεται στα 15 με 20 δευτερόλεπτα. Ο χρόνος αυτός μπορεί να αυξηθεί περαιτέρω σε περίπτωση που το αεροσκάφος χρειαστεί να πραγματοποιήσει κάποιον απαραίτητο ελιγμό με σκοπό την αποφυγή πιθανού κινδύνου. Στη συνέχεια για την αποδοτικότερη ρίψη το πλήρωμα λαμβάνει συνεχώς καινούργιες πληροφορίες από τις δυνάμεις εδάφους ενώ χρησιμοποιούνται συστήματα IR sensors με σκοπό τον ακριβή εντοπισμό της εστίας της φωτιάς. Ο ανεφοδιασμός για την επόμενη ρίψη εξαρτάται από την απόσταση που βρίσκεται η υδάτινη περιοχή από την εστία της πυρκαγιάς με τους μέσους χρόνους ανεφοδιασμού να παρουσιάζονται στον πίνακα 4.

Όπως προαναφέρθηκε τα αεροσκάφη CL-415 κατά την διάρκεια ενός περιστατικού έχουν συνεχή επικοινωνία με τις δυνάμεις εδάφους. Πέρα από την συνεχή πληροφόρηση των πιλότων σχετικά με την εξάπλωση της φωτιάς η διαρκής επικοινωνία αποτρέπει πιθανές ρίψεις που πιθανώς να είναι επικίνδυνες για τις δυνάμεις εδάφους. Έτσι λοιπόν σε περίπτωση που το προσωπικό δεν τηρεί τους απαραίτητους κανόνες ασφαλείας, δηλαδή να απέχει τουλάχιστον 60 μέτρα από το σημείο ρίψης, τότε

το αεροσκάφος αναγκάζεται να καθυστερήσει την επέμβαση του μέχρι την απαραίτητη απομάκρυνση των δυνάμεων.



Εικόνα 9: Βέλτιστη πορεία αεροσκάφους CL-415 κατά την πυρόσβεση

Λεπτά	Μίλια
3	1
4	3
6	6
9	10
12	15

Πίνακας 4: Μέσοι χρόνοι ανεφοδιασμού CL-415

#### **Πλεονεκτήματα του CL-415**

- Μεγάλες και συχνές ρίψεις νερού για την καταπολέμηση μίας πυρκαγιάς.
- Συνεχής πυρόσβεση καθώς ο κύκλος καυσίμου φτάνει έως και 4 ώρες.
- Συνεχής ενημέρωση για οποιοδήποτε έκτακτο περιστατικό.
- Ικανότητα επικοινωνίας με τις μονάδες εδάφους για την σωστή ενημέρωση και ανανέωση των πληροφοριών.

#### **Μειονεκτήματα CL-415**

- Απαιτείται κατάλληλη υδάτινη περιοχή εντός 30 ναυτικών μιλίων.
- Αδύνατη η ρίψη νερού σε κατοικημένες περιοχές.
- Απαιτεί λειτουργία κατά VFR, δηλαδή απαιτείται ο πιλότος να έχει την απαραίτητη όραση έτσι ώστε να λειτουργήσει το αεροσκάφος. Για αυτό το λόγο σε κακές καιρικές συνθήκες που η ορατότητα είναι μειωμένη η λειτουργία τους καθίσταται αδύνατη.



## 2.4 Τα αεροσκάφη CL-415 στην Ελλάδα

Τα πυροσβεστικά αεροπλάνα τύπου CL-415 αποκτήθηκαν από την ελληνική πολεμική αεροπορία το έτος 1999 και εντάχθηκαν στην 383 μοίρα ειδικών επιχειρήσεων και αεροπυρόσβεσης που είχε ως έδρα την 112 Πτέρυγα μάχης στην αεροπορική βάση της Ελευσίνας. Το 2006 μετεγκαταστάθηκε στην 113 πτέρυγα μάχης που εδρεύει στο αεροδρόμιο 'Μακεδονία' στην Θεσσαλονίκη. Αυτή τη στιγμή η Ελλάδα έχει υπό την κατοχή της 7 αεροσκάφη τα οποία εκτελούν αποστολές όπως:

- Υποστήριξη επιχειρήσεων αεροπυρόσβεσης .
- Επιτήρηση δασικών περιοχών με δυνατότητα άμεσης επέμβασης.
- Ελαφρές τακτικές μεταφορές
- Έρευνα για ναυαγούς και διάσωση με τη χρήση ελαστικής λέμβου.

Ειδικότερα τα αναβαθμισμένα αεροσκάφη τύπου MP μπορούν να εκτελέσουν ακόμα περισσότερες αποστολές οι οποίες είναι του τύπου :

- Έρευνα για ναυαγούς με εξελιγμένα συστήματα τύπου (radar,SLAR,FLIR)
- Μεταφορά ασθενών
- Ρίψεις αλεξιπτωτιστών
- Επιτήρηση θαλασσίων περιοχών

Η βασική αποστολή του CL-415 γενικότερα είναι η άμεση επέμβαση σε περιστατικά πυρκαγιάς και ο λόγος που η ελληνική πολεμική αεροπορία έχει επιλέξει να έχει υπό την κατοχή της αυτού του είδους το πυροσβεστικό είναι επειδή θεωρείται ένα από τα πιο αξιόπιστα αεροσκάφη. Επιπλέον ο αμφίβιος χαρακτήρας του επιτρέπει την εκμετάλλευση της πληθώρας υδάτινων περιοχών που διαθέτει η Ελλάδα όπως λίμνες και θάλασσες με σκοπό τον συχνό αλλά και γρήγορο ανεφοδιασμό του. Για να αυξηθεί επιπλέον η απόδοση του αεροσκάφους, το φορτίο συχνά εμπλουτίζεται με ειδικό αφρό που ενισχύει την ικανότητα καταπολέμησης της φωτιάς, ενώ η ύπαρξη 4<sup>ov</sup> θυρών ρίψης επιτρέπει στο αεροσκάφος την κατάλληλη προσέγγισή του εκάστοτε περιστατικού.

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>: Συντήρηση Αεροσκάφους

### 3.1 Επίπεδα συντήρησης αεροσκαφών



Εικόνα 10: Αεροσκάφος CL-415 κατά της συντήρηση

Η χρήση των αεροσκαφών CL-415 προϋποθέτει την λειτουργία τους σε ένα πολύ απαιτητικό περιβάλλον καθώς πραγματοποιούνται συνεχείς υδροληψίες θαλασσινού νερού και ρίψεις από πολύ χαμηλά υψόμετρα. Οι δυσχερείς συνθήκες που επικρατούν σε αυτό το περιβάλλον, λόγω των πολλών αναταράξεων και αιφνίδιων ρευμάτων αέρα, αυξάνουν κατακόρυφα την πιθανότητα ατυχήματος. Για αυτό το λόγο η διατήρηση του αεροσκάφους στα βέλτιστα επίπεδα λειτουργίας κρίνεται απαραίτητη για την άμεση και ασφαλή αντιμετώπιση όλων των έκτακτων περιστατικών. Η επίτευξη της βέλτιστης λειτουργίας πραγματοποιείται μέσω συνεχών ελέγχων και προγραμματισμένων συντηρήσεων που στοχεύουν στον άμεσο εντοπισμό και την γρήγορη επιδιόρθωση των εμφανιζόμενων βλαβών. Οι εργασίες συντήρησης οι οποίες εφαρμόζονται στα αεροσκάφη της πολεμικής αεροπορίας, συμπεριλαμβανομένων και των πυροσβεστικών, μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις βασικές κατηγορίες ανάλογα τον τρόπο, τον χρόνο και την πολυπλοκότητα τους. Στο κεφάλαιο 3 θα αναλυθούν τα επίπεδα συντήρησης των αεροσκαφών τα οποία είναι:

1. **Πρώτος βαθμός συντήρησης ή συντήρηση γραμμής πτήσεων:** Αποτελείται από καθημερινούς ελέγχους και εργασίες που πραγματοποιούνται μεταξύ των πτήσεων και αποσκοπούν στην διατήρηση του αεροσκάφους στην καλύτερη δυνατή κατάσταση.
2. **Δεύτερος βαθμός συντήρησης ή συντήρηση intermediate:** Αποτελείται από δυσκολότερες και πιο χρονοβόρες εργασίες συγκριτικά με τον 1<sup>ο</sup> βαθμό και πραγματοποιούνται ανά προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα.
3. **Τρίτος βαθμός συντήρησης ή συντήρηση overhaul:** Αποτελεί την πιο βαριά συντήρηση που μπορεί να υποστεί ένα αεροσκάφος καθώς αυτό μεταφέρεται στο συνεργείο του κατασκευαστή με σκοπό την επαναφορά του στα εργοστασιακά επίπεδα λειτουργίας.

### 3.2 Πρώτος βαθμός συντήρησης (γραμμής πτήσεων)

Καθημερινά το αεροσκάφος επιχειρεί συχνές πτήσεις είτε πυρόσβεσης είτε μεταφοράς, ενώ υπάρχουν περίοδοι υψηλού κινδύνου που το αναγκάζουν να βρίσκεται στον αέρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Έτσι λοιπόν η καθημερινή διαθεσιμότητα του αεροσκάφους, απαιτεί τον διαρκή έλεγχο με σκοπό την εξακρίβωση της ορθής λειτουργίας του. Οι έλεγχοι αυτοί πραγματοποιούνται κατά την απογείωση και προσγείωση του αεροσκάφους διότι έχει αποδειχθεί ότι είναι οι δύο χρονικές στιγμές με την μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης βλάβης. Η συντήρηση πρώτου βαθμού λαμβάνει χώρα στις εγκαταστάσεις της πολεμικής αεροπορίας και έχει ως στόχο την διατήρηση του αεροσκάφους στην βέλτιστη δυνατή κατάσταση. Τα συνεργεία που πραγματοποιούν τους ελέγχους αναλογούν στα συστήματα του αεροσκάφους όπως π.χ. υδραυλικά, ραντάρ και ηλεκτρονικά. Ο πρώτος βαθμός συντήρησης περιλαμβάνει διαδικασίες όπως:

- Έλεγχος αεροσκάφους και υποσυστημάτων
- Διάγνωση βλαβών και επιδιόρθωση τους
- Ανεφοδιασμός αεροσκάφους
- Αφαιρέσεις ή προσθέσεις εξαρτημάτων

Συγκεκριμένα ο έλεγχος μετά την πτήση αποτελεί την πιο σημαντική διεργασία, διότι τότε έχει παρατηρηθεί η εμφάνιση των περισσότερων δυσλειτουργιών. Επομένως έπειτα από κάθε προσγείωση, το αεροσκάφος μεταφέρεται στο χώρο συντήρησης όπου πραγματοποιείται άμεσος έλεγχος και επιδιόρθωση των συστημάτων του, έτσι ώστε να καθίσταται διαθέσιμο για την επόμενη πτήση σε σύντομο χρονικό διάστημα. Σε περίπτωση εντοπισμού βλάβης αποστέλλεται το υπεύθυνο συνεργείο προκειμένου να επιδιορθωθεί άμεσα το σφάλμα. Η παραπάνω διαδικασία περιγράφει τις προγραμματιστές συντηρήσεις γραμμής πτήσεων, παρόλα αυτά υπάρχουν και οι προγραμματισμένες οι οποίες λαμβάνουν χώρα στο πέρας κάποιου συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος το οποίο συνήθως καθορίζεται από τον κατασκευαστή. Συνοψίζοντας, ο πρώτος βαθμός συντήρησης είναι υπεύθυνος για την συνεχή διαθεσιμότητα των αεροσκαφών η οποία επιτυγχάνεται μέσω πολλαπλών ελέγχων και επιδιορθώσεων που πραγματοποιούνται καθημερινά μεταξύ των πτήσεων.

### 3.3 Δεύτερος βαθμός συντήρησης (intermediate)

Το δεύτερο στάδιο συντήρησης αποτελείται από εκτεταμένες εργασίες όπως επιθεωρήσεις και επισκευές εξαρτημάτων, οι οποίες λαμβάνουν χώρα στην Μοίρα Συντήρησης Βάσης (Μ.Σ.Β.). Συγκριτικά με τον 1<sup>ο</sup> βαθμό οι ενέργειες που λαμβάνουν χώρα σε αυτό το στάδιο συντήρησης είναι προγραμματισμένες, συνήθως από τον κατασκευαστή του αεροσκάφους, και μπορούν να διαχωριστούν σε 2 μεγάλες κατηγορίες.

- **Ημερολογιακές επιθεωρήσεις**

Οι επιθεωρήσεις αυτής της κατηγορίας είναι προκαθορισμένες από τον κατασκευαστή να πραγματοποιούνται σε συγκεκριμένες ημερομηνίες έπειτα από την απόκτηση του αεροσκάφους. Οι συντηρήσεις αναλόγως της πολυπλοκότητάς τους προγραμματίζονται ανά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα τα οποία μπορούν να κυμαίνονται από 1 μήνα έως και μερικά χρόνια. Συνήθως οι

συντηρήσεις που προγραμματίζονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα αφορούν τις πιο εύκολες και πιο μικρές σε διάρκεια.

- **Επιθεωρήσεις ωρών λειτουργίας**

Η δεύτερη κατηγορία αποτελεί τις συντηρήσεις που πραγματοποιούνται με βάση τον χρόνο λειτουργίας του αεροσκάφους. Ο κατασκευαστής παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για την σωστή λειτουργία του αεροσκάφους έχοντας καθορίσει τα χρονικά όρια που θα πρέπει να ελεγχθεί καθώς και το ποια συστήματα θα πρέπει να εξεταστούν. Έτσι λοιπόν έπειτα από την συμπλήρωση των ωρών λειτουργίας, το κατάλληλο προσωπικό επιθεωρεί το αεροσκάφος και πραγματοποιεί τις απαραίτητες επιδιορθώσεις.

Στην συνέχεια της παρούσας διπλωματικής θα παρουσιαστεί η χρονική βελτιστοποίηση της ετήσια συντήρησης του αεροσκάφους CL-415, που ανήκει στο 2<sup>ο</sup> βαθμό συντήρησης και αποτελεί μία χρονοβόρα διαδικασία καθώς το προσωπικό ελέγχει όλα τα συστήματα του αεροσκάφους. Σε περίπτωση εντοπισμού σφάλματος διενεργούνται οι απαραίτητες εργασίες με σκοπό την επαναφορά του αεροσκάφους στις βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας. Η ετήσια συντήρηση θα βελτιστοποιηθεί χρονικά με την μέθοδο CPM στο κεφάλαιο 4 ενώ οι εργασίες που την απαρτίζουν παρουσιάζονται αναλυτικά στο παράρτημα της εργασίας.

### 3.4 Τρίτος βαθμός συντήρησης (overhaul)

Ο τρίτος βαθμός συντήρησης αποτελεί τον πιο λεπτομερή έλεγχο καθώς επίσης και την συντήρηση με την μεγαλύτερη χρονική διάρκεια συγκριτικά με τις 2 προηγούμενες περιπτώσεις. Τέτοιου είδους συντηρήσεις πραγματοποιούνται σε ειδικές εγκαταστάσεις του κατασκευαστή μόλις κάποιο αεροσκάφος συμπληρώσει τις προκαθορισμένες ώρες λειτουργίας του. Κατά την διάρκεια της overhaul συντήρησης παίρνει μέρος εξειδικευμένο προσωπικό με σκοπό την ολική επιθεώρηση και αναβάθμιση του αεροσκάφους σε εργοστασιακό επίπεδο. Η συντήρηση τρίτου βαθμού αποτελεί την πιο σύνθετη συντήρηση και για αυτό το λόγο μπορεί να διαρκέσει αρκετούς μήνες καθιστώντας το αεροπλάνο μη διαθέσιμο για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα.

### 3.5 TCTO'S συντήρηση (Time Compliance Technical Orders)

Οι 3 προηγούμενες κατηγορίες περιέχουν το μεγαλύτερο μέρος των συντηρήσεων. Όμως σε σπάνιες περιπτώσεις διακρίνεται η ύπαρξη ενός ακόμη είδους έκτακτης συντήρησης το οποίο ονομάζεται TCTO'S και πραγματοποιείται σε καταστάσεις λειτουργικών βλαβών που εμφανίζονται, είτε σε κάποιο σύστημα είτε σε κάποιο εξάρτημα έπειτα από οποιαδήποτε συντήρηση. Για παράδειγμα σε περίπτωση που η κατασκευάστρια εταιρεία εντοπίσει κάποια βλάβη σε ένα σύστημα του αεροσκάφους έπειτα από μία συντήρηση αποστέλλεται μήνυμα σε όλους τους χρήστες της ίδιας κατηγορίας αεροσκάφους έτσι ώστε και αυτοί με την σειρά τους να ερευνήσουν το επίμαχο σημείο. Σε περίπτωση που αποκαλυφθεί ότι η ίδια βλάβη είναι υπαρκτή σε αρκετά αεροσκάφη τότε αναλόγως της κρισιμότητας της κατάστασης στέλνονται ακριβείς διορθωτικές οδηγίες από την κατασκευάστρια εταιρεία με σκοπό την επίλυση του προβλήματος. Οι οδηγίες μπορούν είτε να επιτρέψουν την χρήση των αεροσκαφών για κάποιο δεδομένο χρονικό διάστημα, κρίνοντας ότι δεν επηρεάζεται η σωστή λειτουργία τους, είτε να καθυλώσει όλα τα αεροσκάφη στο έδαφος σε περίπτωση που η βλάβη θεωρηθεί αρκετά επικίνδυνη.

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>: Θεωρητικός προγραμματισμός ετήσιας συντήρησης

### 4.1 Ετήσια συντήρηση αεροσκάφους CL-415

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο η ετήσια επιθεώρηση του αεροσκάφους CL-415 ανήκει στην κατηγορία των συντηρήσεων 2<sup>ου</sup> βαθμού. Η ετήσια επιθεώρηση διαχωρίζεται σε 4 φάσεις όπου η κάθε μία αντίστοιχα απαρτίζεται από συγκεκριμένες εργασίες που διαχειρίζονται τα 5 υπεύθυνα συνεργεία του έργου. Αναλυτικά οι εργασίες των 4<sup>ων</sup> φάσεων παρουσιάζονται στο παράρτημα. Οι 4 φάσεις εκτέλεσης της ετήσιας συντήρησης είναι:

- Φάση Α: Αποτελείται από εργασίες αφαιρέσεων εξαρτημάτων.
- Φάση Β: Αποτελείται από επιθεωρήσεις και ελέγχους στα συστήματα και στα εξαρτήματα του αεροσκάφους.
- Φάση Γ: Αποτελείται από εργασίες επανατοποθέτησης των εξαρτημάτων.
- Φάση Δ: Έλεγχοι ορθής λειτουργίας συστημάτων αεροσκάφους.

Τα υπεύθυνα συνεργεία του έργου παρουσιάζονται στον πίνακα 5.

Υπεύθυνο συνεργείο	Ειδικότητα
THCL415	Τηλεπικοινωνιών-Ηλεκτρονικών
ΣΚΑΦCL415	Σκαφών
HLEKCL415	Ηλεκτρολόγων
APGCL415	Τεχνικοί γραμμής πτήσεων
KINCL415	Κινητήρων

Πίνακας 5: Εμπλεκόμενα συνεργεία ετήσιας συντήρησης CL-415

Στην πράξη, ο τρόπος που επιλέγεται η σειρά που θα πραγματοποιηθούν οι εργασίες ήταν με την μέθοδο Ad hoc, δηλαδή καθημερινά αναλόγως το διαθέσιμο προσωπικό αναλαμβάνονταν κάποια εργασία. Όπως είναι λογικό η διαδικασία αυτή δεν βελτιστοποιεί τον χρόνο ολοκλήρωσης του έργου αλλά αντιθέτως το αφήνει στην τύχη καθώς δεν υπάρχει κάποια λογική σκέψη πίσω από την κάθε απόφαση παρά μόνο η ανάγκη να πραγματοποιηθούν οι εργασίες. Έτσι λοιπόν στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστεί η θεωρητική βελτιστοποίηση της ετήσιας συντήρησης του CL-415 με την χρήση της μεθόδου του κρίσιμου μονοπατιού (CPM).

### 4.2 Θεωρητικός Σχεδιασμός

Για την θεωρητική βελτιστοποίηση του έργου θεωρείται ως δεδομένο πως το διαθέσιμο προσωπικό είναι ικανό να καλύψει τις απαιτήσεις όλων των εργασιών, ενώ ορίζεται ως ημερομηνία έναρξης η Δευτέρα 21 Σεπτεμβρίου με το ωράριο λειτουργίας του προσωπικού να ξεκινάει καθημερινά από τις 8:00πμ και να λήγει στις 4:00μμ. Ο θεωρητικός σχεδιασμός θα πραγματοποιηθεί για 2 περιπτώσεις.

- 1<sup>η</sup> περίπτωση: Για την εκκίνηση της εκάστοτε φάσης απαιτείται η ολοκλήρωση της προηγούμενης.
- 2<sup>η</sup> περίπτωση: Οι φάσεις μπορούν να πραγματοποιούνται παράλληλα.

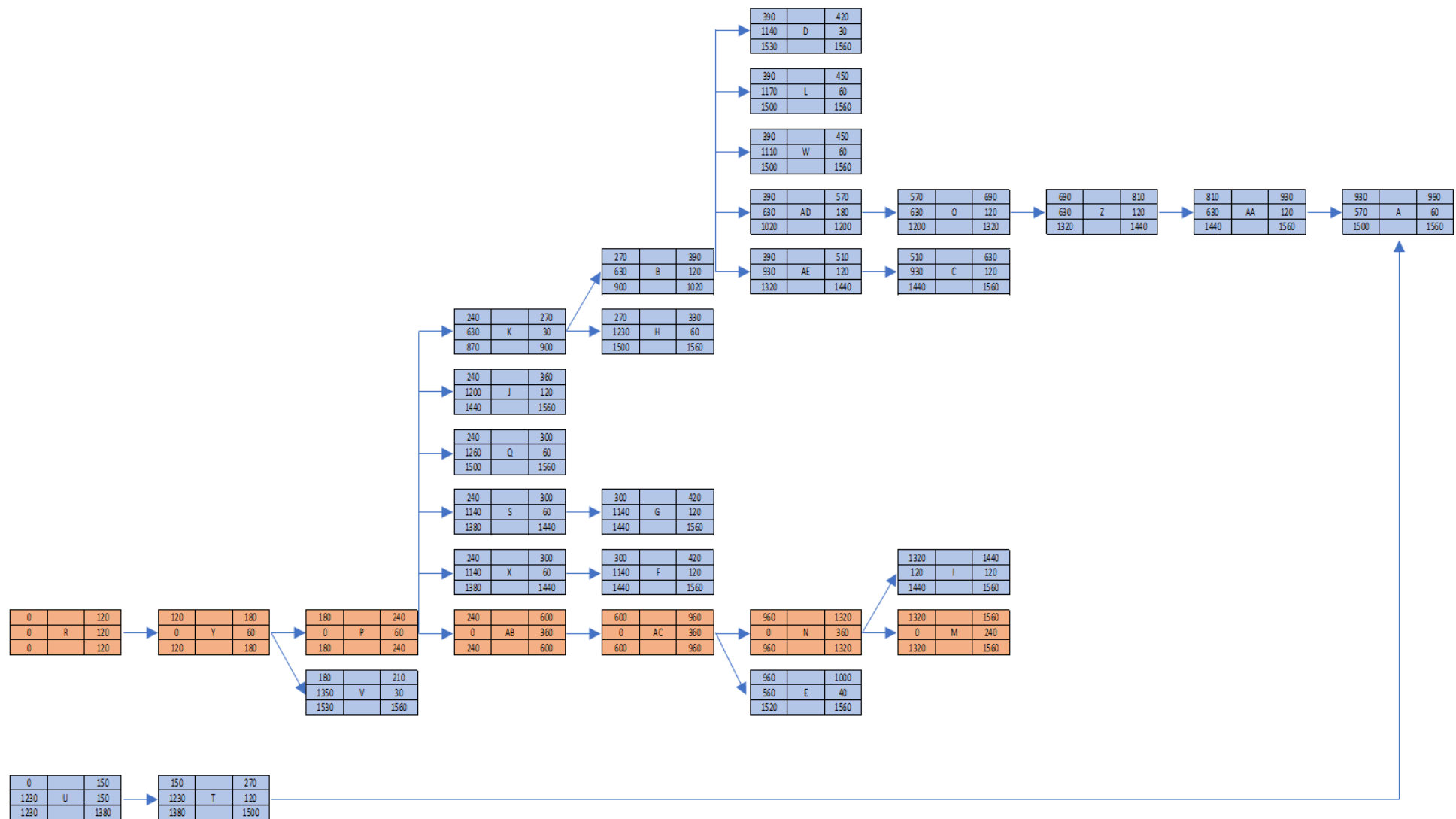
### 4.2.1 Φάση Α

Οι εργασίες της φάσης Α αλλά και οι μεταξύ τους σχέσεις μπορούν να περιγραφούν από το διάγραμμα 2. Δουλεύοντας κατά τον ίδιο τρόπο όπως το παράδειγμα του πρώτου κεφαλαίου υπολογίζονται οι νωρίτεροι-αργότεροι χρόνοι έναρξης και λήξης καθώς επίσης και το slack time όλων εργασιών. Εφαρμόζοντας τον αλγόριθμο της τεχνικής CPM κατασκευάζεται το κρίσιμο μονοπάτι όπως απεικονίζεται στο διάγραμμα 2 με κόκκινο χρώμα. Οι εργασίες που αποτελούν το κρίσιμο μονοπάτι είναι με την σειρά οι R-Y-P-AB-AC-N-M ενώ ο συνολικός χρόνος ολοκλήρωσης της φάσης Α μπορεί να υπολογιστεί ως ο μέγιστος χρόνος λήξης της τελευταίας κρίσιμης εργασίας. Στην προκειμένη περίπτωση καθορίζεται από την εργασία Μ όπου ο νωρίτερος χρόνος λήξης της ισούται με 1560 λεπτά. Οι υπόλοιπες εργασίες εμφανίζονται στο διάγραμμα 2 με μπλε χρώμα με το slack time τους να απεικονίζεται στην αντίστοιχη θέση του εκάστοτε κόμβου.

Γνωρίζοντας ότι η ημερομηνία έναρξης της φάσης Α είναι η Δευτέρα 21 Σεπτεμβρίου και ότι οι εργασίες πραγματοποιούνται καθημερινά από τις 8:00πμ έως τις 4:00μμ κατασκευάζεται το διάγραμμα GANNT και παρουσιάζεται στην εικόνα 11. Μέσω του διαγράμματος παρατηρείται πως οι εργασίες της φάσης Α αναμένεται να ολοκληρωθούν την Πέμπτη 24 Σεπτεμβρίου και συγκεκριμένα στις 10:00πμ. Αθροίζοντας τις συνολικές εργατοώρες καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως χρειάστηκαν:

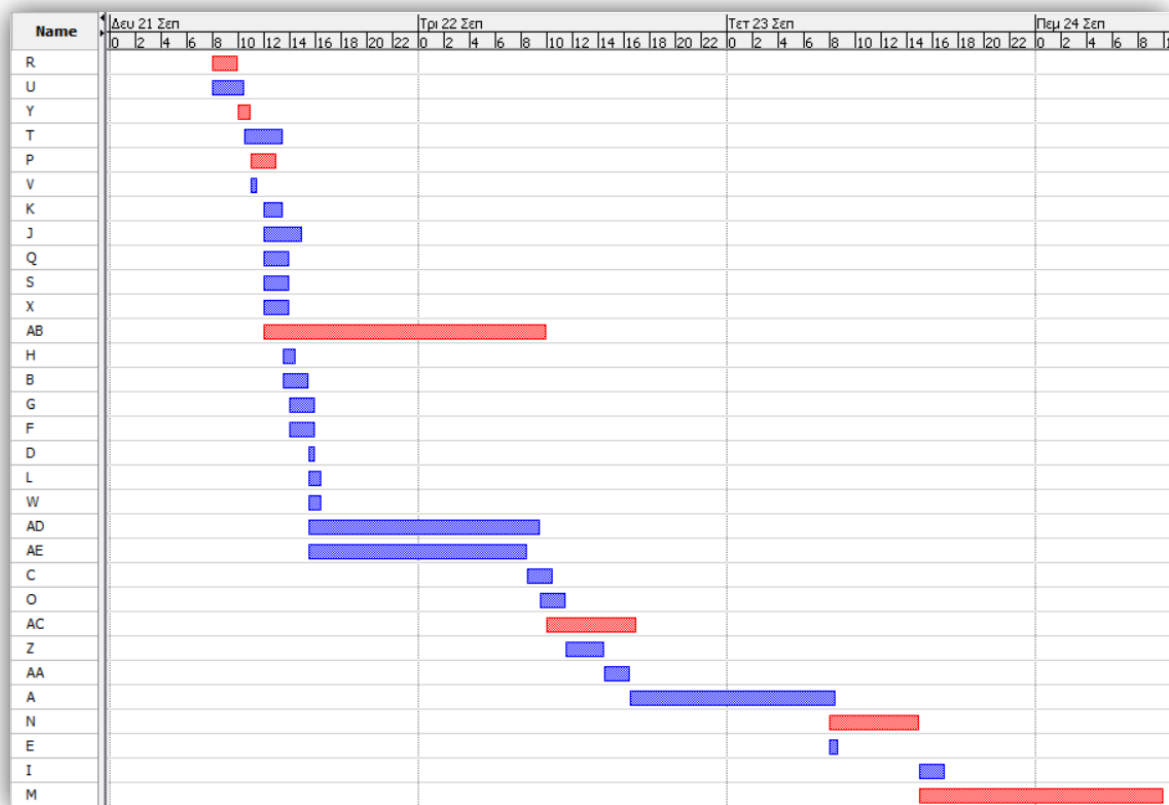
$$3\text{ημέρες} * 8\text{εργατοώρες} + 2\text{εργατοώρες} = 26\text{εργατοώρες} = 1560 \text{ λεπτά}$$

Η τιμή αυτή είναι αναμενόμενη καθώς έχει υπολογιστεί και μέσω της κατασκευής του κρίσιμου μονοπατιού.



Διάγραμμα 2: Φάση Α με την χρήση μεθόδου CPM





Εικόνα 11: Διάγραμμα GANNT φάσης A

## 4.2.2 Φάση B

Παρατηρώντας εξ αρχής τις εργασίες της φάσης B διαπιστώνεται ότι διαφοροποιείται σχετικά με τις υπόλοιπες φάσεις καθώς οι εργασίες που την αποτελούν δεν έχουν μεταξύ τους σχέση. Εφόσον δεν υπάρχουν εξαρτήσεις συμπεραίνεται ότι η έναρξη της φάσης B θα αποτελέσει και την έναρξη όλων των εργασιών, επομένως ο νωρίτερος χρόνος έναρξης τους μπορεί να οριστεί ίσος με 0. Το δικτυακό διάγραμμα της φάσης B δεν παρουσιάζει την ύπαρξη κάποιας εξάρτησης παρόλα αυτά εμφανίζει τις κρίσιμες εργασίες όπως επίσης και το slack time των υπόλοιπων εργασιών. Είναι αναμενόμενο πως οι κρίσιμες εργασίες θα αποτελούν αυτές με την μεγαλύτερη χρονική διάρκεια αφού στην προκειμένη περίπτωση δεν είναι ικανή η κατασκευή κάποιου μονοπατιού. Παρατηρώντας τον πίνακα της φάσης B συμπεραίνεται ότι οι κρίσιμες εργασίες είναι οι I και M όπου αμφότερες έχουν χρονική διάρκεια ίση με 240 λεπτά.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα GANNT της φάσης B στις εικόνες 12 και 13. Ως χρόνο έναρξης έχει οριστεί ο χρόνος λήξης της φάσης A δηλαδή η Πέμπτη 24 Σεπτεμβρίου 10:00πμ. Παρατηρώντας το διάγραμμα συμπεραίνεται πως η φάση B θα έχει ολοκληρωθεί εντός της ημέρας και συγκεκριμένα στις 2:00μμ, δηλαδή 4 ώρες από την έναρξη της. Η ώρα λήξης είναι αναμενόμενη καθώς οι κρίσιμες εργασίες I και M έχουν συνολική διάρκεια 240 λεπτών, δηλαδή 4 ωρών



0		60
180	A	60
180		240

0		120
120	R	120
120		240

0		15
225	AI	15
225		240

0		120
120	B	120
120		240

0		90
150	S	90
150		240

0		60
180	AJ	60
180		240

0		60
180	C	60
180		240

0		120
120	T	120
120		240

0		120
120	AK	120
120		240

0		90
150	D	90
150		240

0		60
180	U	60
180		240

0		180
60	AL	180
60		240

0		90
150	E	90
150		240

0		90
150	V	90
150		240

0		180
60	AM	180
60		240

0		30
210	F	30
210		240

0		210
30	W	210
30		240

0		180
60	AN	180
60		240

0		60
180	G	60
180		240

0		120
120	X	120
120		240

0		180
60	AO	180
60		240

0		120
120	H	120
120		240

0		30
210	Y	30
210		240

0		120
120	AP	120
120		240

0		240
0	I	240
0		240

0		60
180	Z	60
180		240

0		120
120	AQ	120
120		240

0		120
120	J	120
120		240

0		60
180	AA	60
180		240

0		180
60	AR	180
60		240

0		60
180	K	60
180		240

0		30
210	AB	30
210		240

0		180
60	AS	180
60		240

0		120
120	L	120
120		240

0		120
120	AC	120
120		240

0		180
60	AT	180
60		240

0		240
0	M	240
0		240

0		30
210	AD	30
210		240

0		180
60	AU	180
60		240

0		60
180	N	60
180		240

0		60
180	AE	60
180		240

0		180
60	AV	180
60		240

0		180
60	O	180
60		240

0		60
180	AF	60
180		240

0		60
180	AW	60
180		240

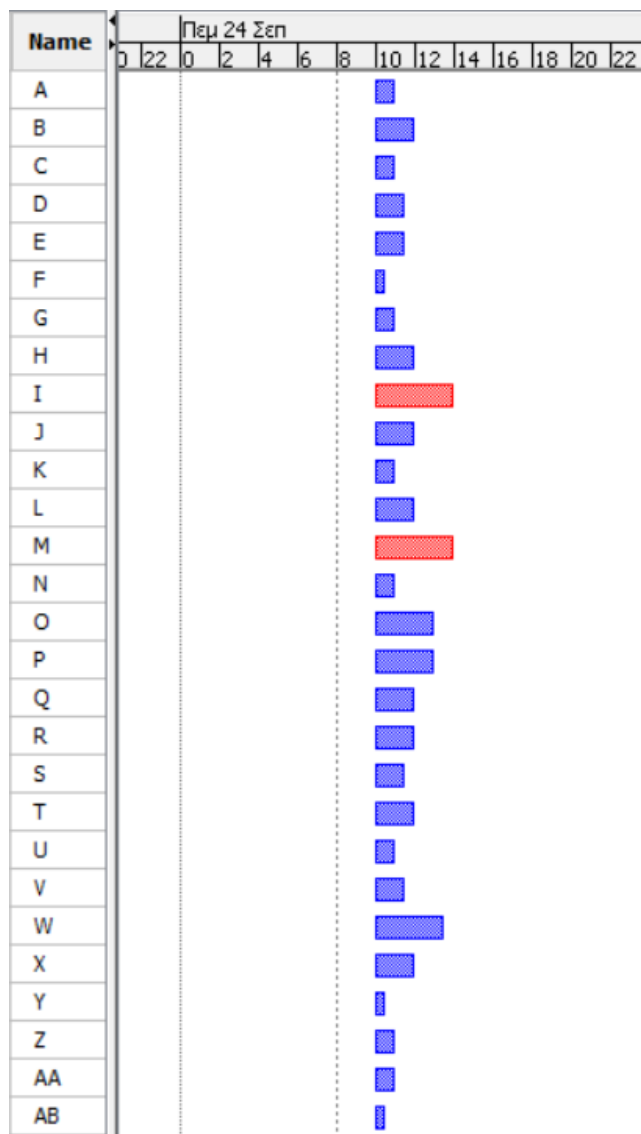
0		180
60	P	180
60		240

0		30
210	AG	30
210		240

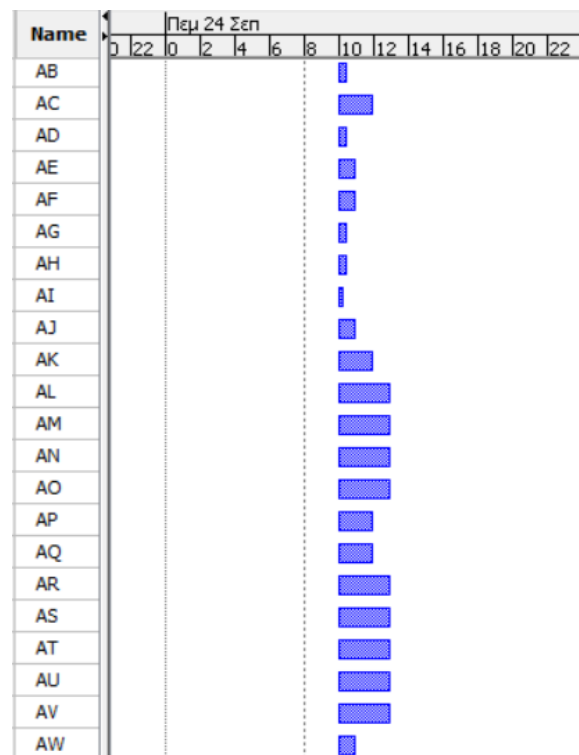
0		120
120	Q	120
120		240

0		30
210	AH	30
210		240

Διάγραμμα 3: Φάση Β με την χρήση μεθόδου CPM



Εικόνα 12: Διάγραμμα GANNT φάσης Β

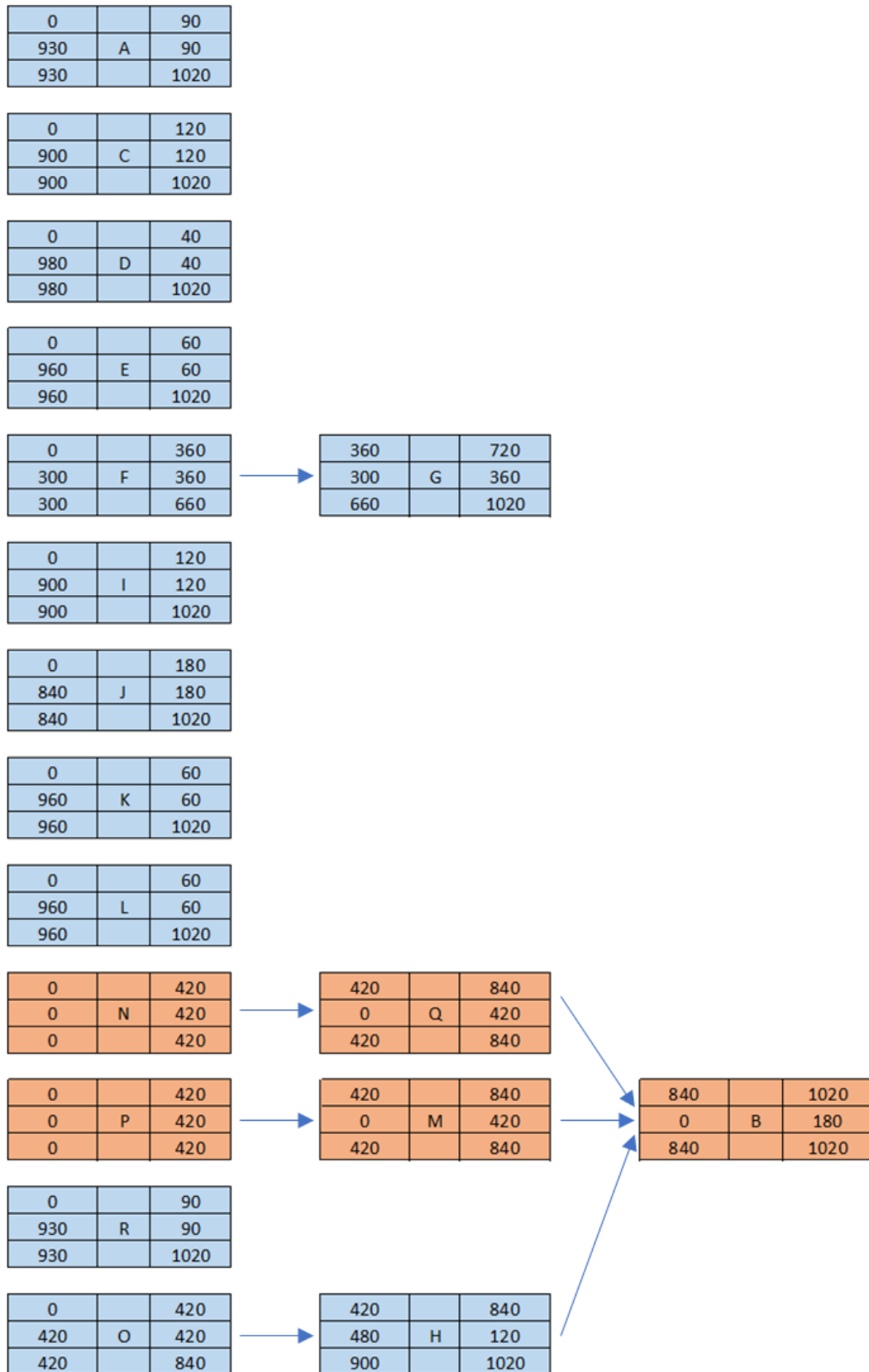


Εικόνα 13: Διάγραμμα GANNT φάσης Β (συνέχεια)

### 4.2.3 Φάση Γ

Αφού έχουν ολοκληρωθεί όλες οι εργασίες της φάσης Β, με την σειρά της ξεκινάει η φάση Γ. Το δικτυακό διάγραμμα παρουσιάζει τις εξαρτήσεις μεταξύ των εργασιών καθώς και το κρίσιμο μονοπάτι που κατασκευάζεται και απεικονίζεται με το κόκκινο χρώμα. Οι κρίσιμες εργασίες της φάσης Γ αποτελούν οι N-Q-P-M-B με την εργασία Β να αποτελεί την τελευταία εργασία του κρίσιμου μονοπατιού και επομένως ο νωρίτερος χρόνος λήξης της να καθορίζει την συνολική διάρκεια της φάσης Γ, που στην προκειμένη περίπτωση υπολογίζεται ίσος με 1020 λεπτά.

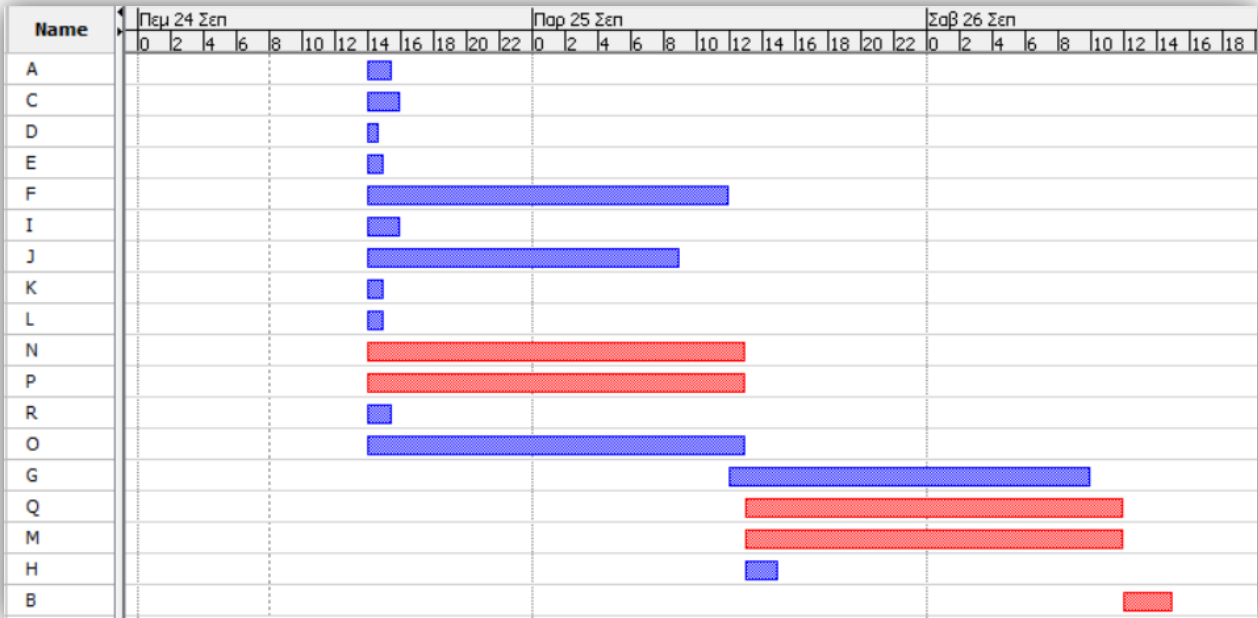
Στην συνέχεια δημιουργείται το διάγραμμα GANNT της φάσης Γ και απεικονίζεται στην εικόνα 14. Θεωρώντας πως οι εργασίες συνεχίζονται κανονικά κατά την διάρκεια του σαββατοκύριακου παρατηρείται από το διάγραμμα πως η ολοκλήρωση της φάσης Γ αναμένεται το Σάββατο 26 Σεπτεμβρίου στις 3:00μμ.



Διάγραμμα 4: Φάση Γ με την χρήση μεθόδου CPM

$$1\text{ημέρα} * 2\text{ώρες} + 1\text{ημέρα} * 8\text{ώρες} + 1\text{ημέρα} * 7\text{ώρες} = 17\text{ώρες} = 1020\text{λεπτά}$$

May 24 Sat                      May 25 Sat                      May 26 Sun



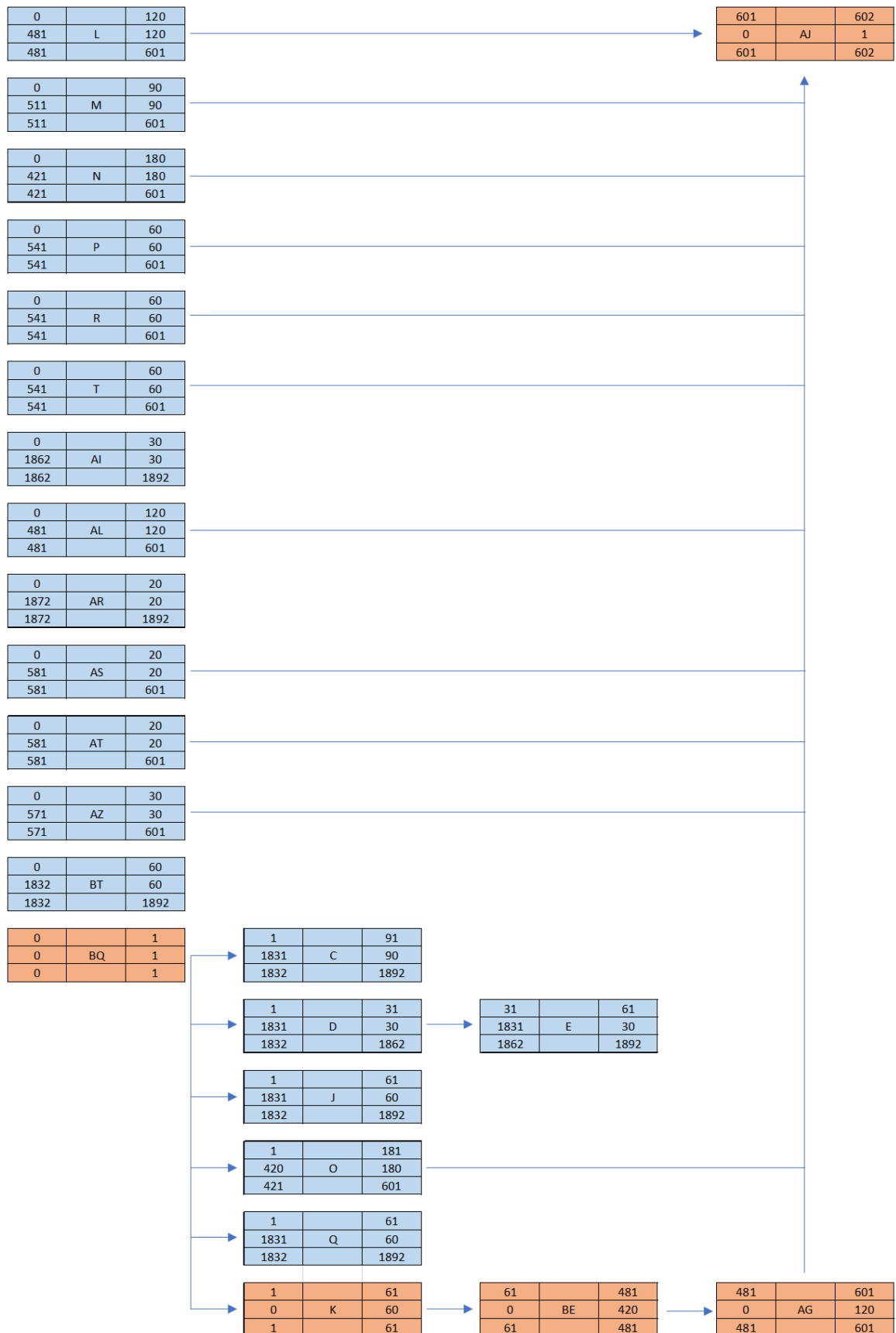
Εικόνα 14: Διάγραμμα GANNT φάσης Γ

#### 4.2.4 Φάση Δ

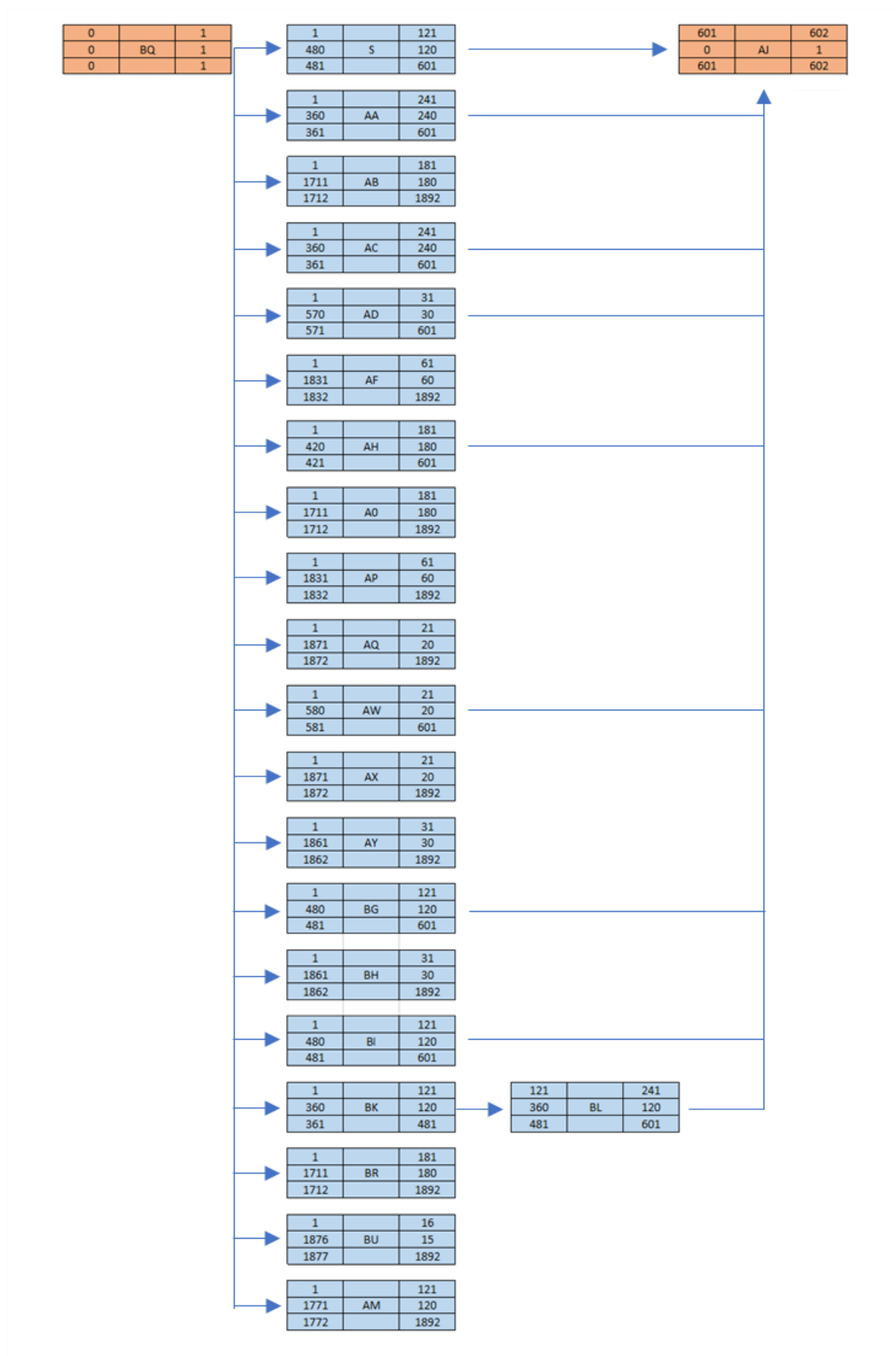
Η φάση Δ αποτελεί το τελευταίο μέρος της ετήσιας συντήρησης και ξεκινάει άμεσα με την ολοκλήρωση της φάσης Γ. Αποτελεί την φάση με την μεγαλύτερη χρονική διάρκεια συγκριτικά με τις προηγούμενες, ενώ οι αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των εργασιών την καθιστούν και την πιο περίπλοκη. Το δικτυακό της διάγραμμα παρουσιάζεται στα διάγραμμα 5, 6 και 7 από τα οποία παρατηρείται ότι κρίσιμες εργασίες αποτελούν οι BQ-K-BE-AG-AJ-AE-BD- V-W-X-BM-I-BS, με τον μέγιστο νωρίτερο χρόνο λήξης να ανήκει στην εργασία BS και να ισούται με 1892 λεπτά.

Στις εικόνες 15, 16, 17 και 18 παρουσιάζονται τα διαγράμματα GANNT της φάσης Δ. Παρατηρείται πως οι εργασίες αναμένεται να ολοκληρωθούν στις 30 Σεπτεμβρίου 2:32μμ. Η συνολική διάρκεια που απαιτείται για την ολοκλήρωση της φάσης Δ υπολογίζεται με αντίστοιχο τρόπο ως το άθροισμα των εργατοωρών ανά μέρα όπου αναλυτικά είναι ίση με 31,53 ώρες δηλαδή 1892 λεπτά.

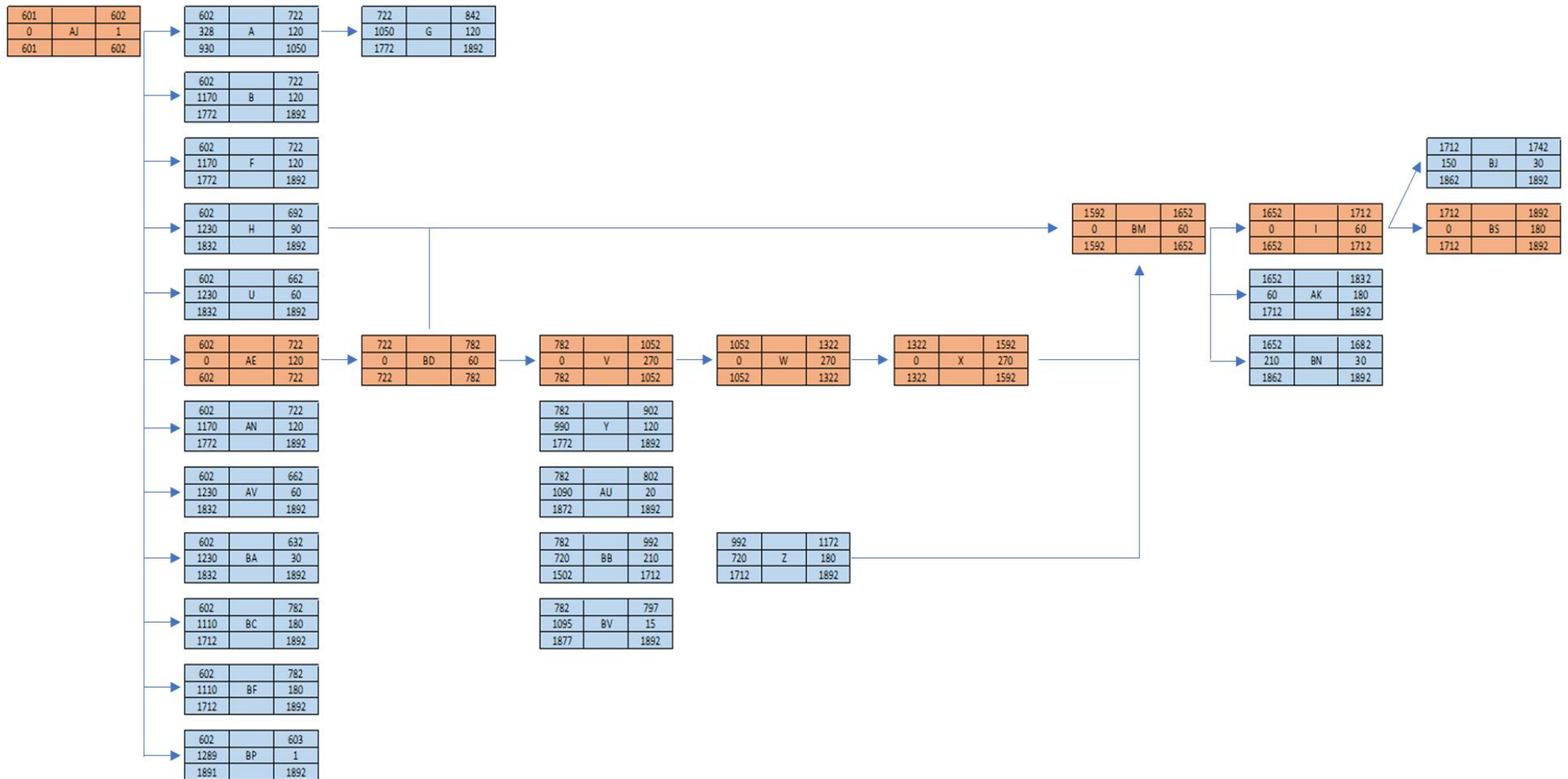
$$1\eta\mu\acute{\epsilon}\rho\alpha * 1\acute{\omega}\rho\alpha + 3\eta\mu\acute{\epsilon}\rho\epsilon\varsigma * 8\acute{\omega}\rho\epsilon\varsigma + 1\eta\mu\acute{\epsilon}\rho\alpha * 6.53\acute{\omega}\rho\epsilon\varsigma = 31.53\acute{\omega}\rho\epsilon\varsigma = 1892\lambda\epsilon\pi\tau\acute{\alpha}$$



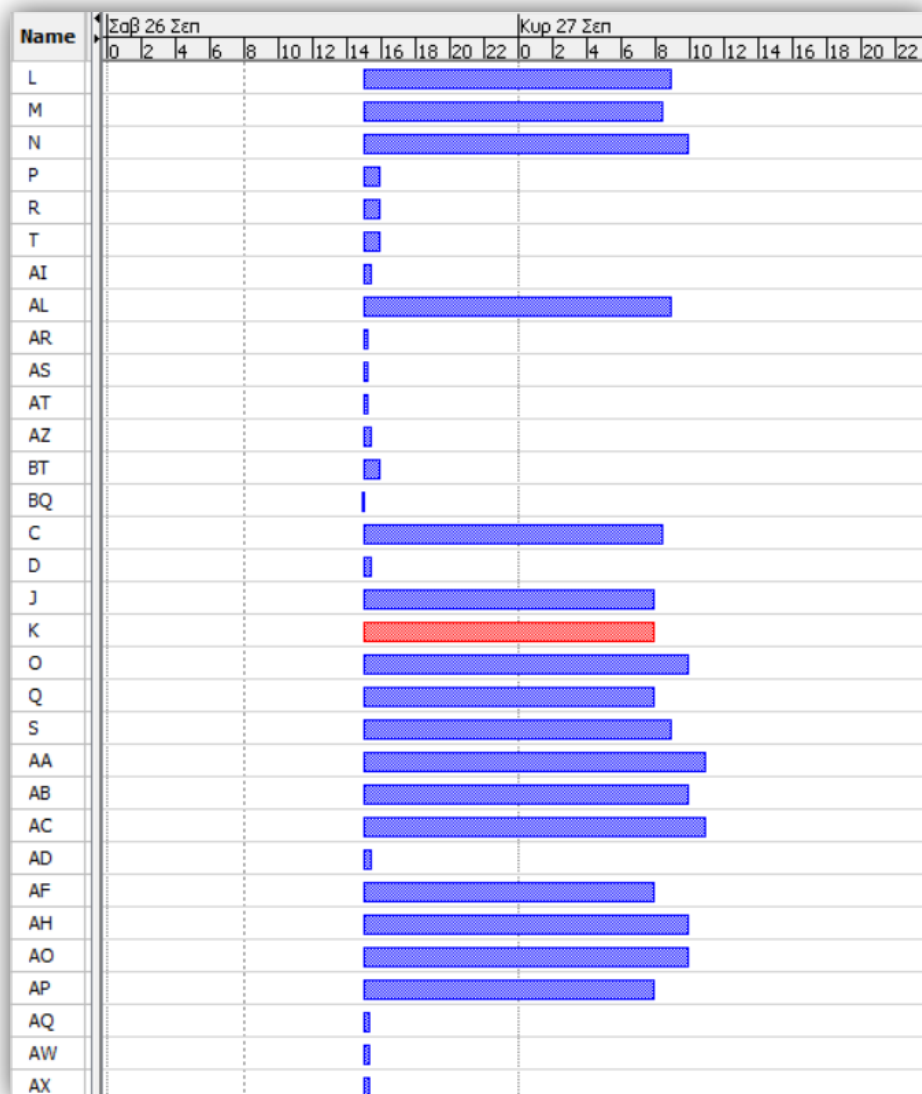
Διάγραμμα 5: Φάση Δ με την χρήση μεθόδου CPM



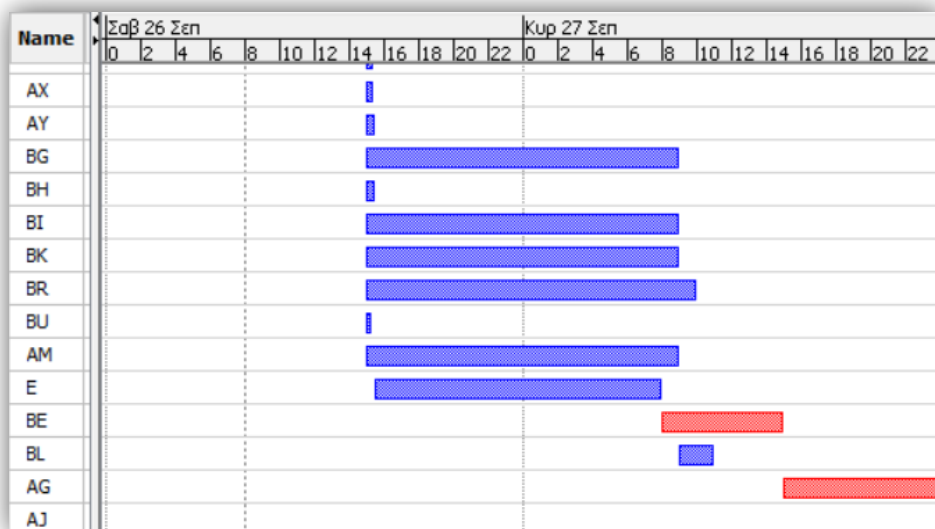
Διάγραμμα 6: Φάση Δ με την χρήση μεθόδου CPM (συνέχεια)



Διάγραμμα 7: Φάση Δ με την χρήση μεθόδου CPM (συνέχεια)

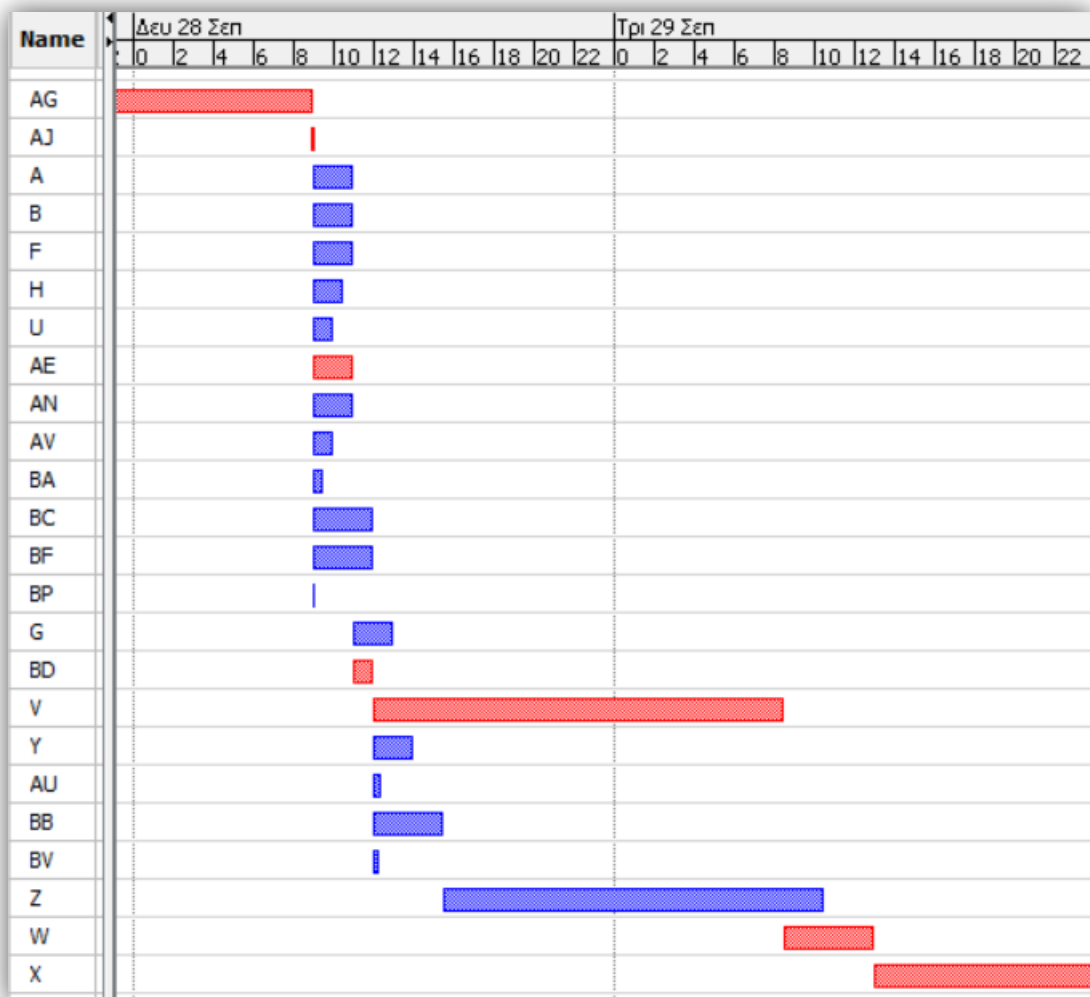


Εικόνα 15: Διάγραμμα GANNT φάσης Δ

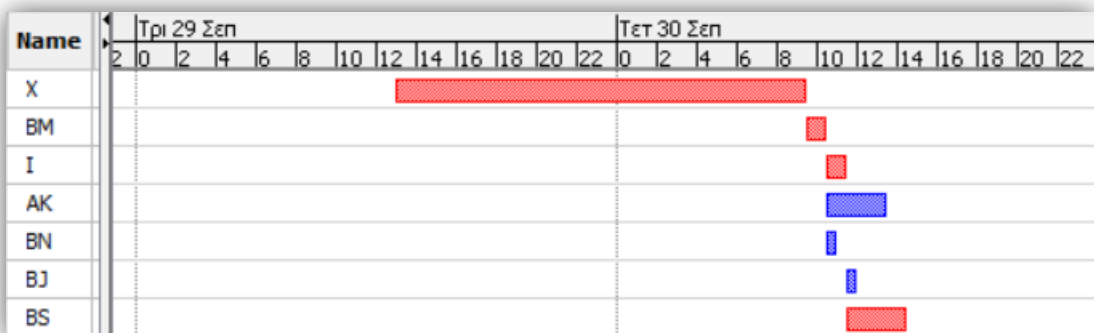


Εικόνα 16: Διάγραμμα GANNT φάσης Δ (συνέχεια)





Εικόνα 17: Διάγραμμα GANNT φάσης Δ (συνέχεια)



Εικόνα 18: Διάγραμμα GANNT φάσης Δ (συνέχεια)

### 4.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων θεωρητικού σχεδιασμού

Με την χρήση της μεθόδου CPM επιτεύχθηκε ο ορθός προγραμματισμός των εργασιών καθώς επίσης και ο υπολογισμός του βέλτιστου χρόνου ολοκλήρωσης της εκάστοτε φάσης. Εφόσον πλέον είναι γνωστές οι παραπάνω πληροφορίες, είναι ικανός ο υπολογισμός του βέλτιστου χρόνου ολοκλήρωσης του συνολικού έργου. Στην 1<sup>η</sup> περίπτωση θεωρήσαμε δεδομένο πως για την εκκίνηση της εκάστοτε φάσης χρίζεται αναγκαία η ολοκλήρωση της προηγούμενης, επομένως η συνολική διάρκεια της ετήσιας συντήρησης μπορεί να υπολογιστεί ως το άθροισμα των υπολογιζόμενων χρόνων όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα.

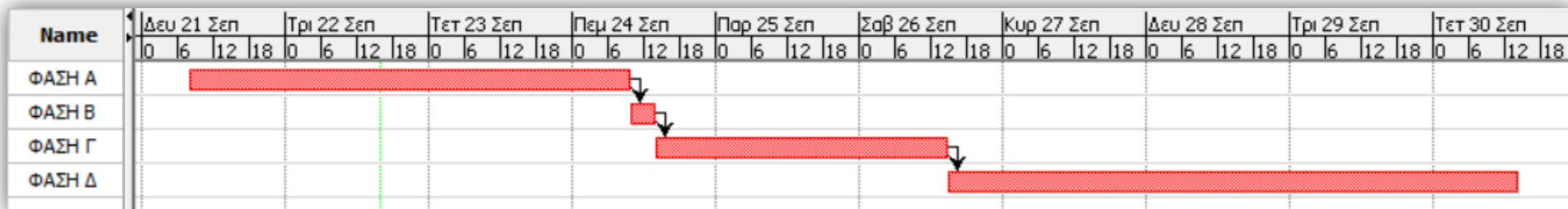
ΦΑΣΕΙΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ	
	ΛΕΠΤΑ	ΕΡΓΑΤΟΩΡΕΣ
A	1560	26
B	240	4
Γ	1020	17
Δ	1892	31,53
ΣΥΝΟΛΟ	4712	78,53

Πίνακας 6: Θεωρητικοί χρόνοι ολοκλήρωσης των φάσεων της ετήσιας συντήρησης

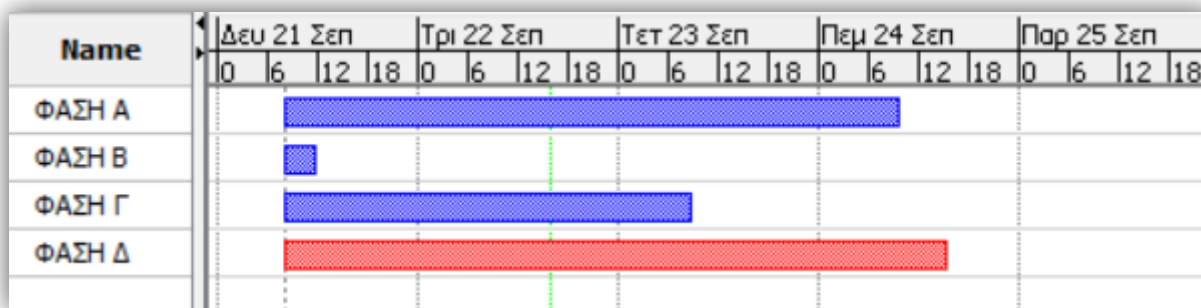
Από τον πίνακα 6 διαπιστώνεται ότι ο συνολικός χρόνος ολοκλήρωσης της ετήσια συντήρησης υπολογίζεται ίσος με 78,53 εργατοώρες. Με βάση την υπόθεση ότι ανά ημέρα λειτουργίας αντιστοιχούν 8 εργατοώρες συμπεραίνεται ότι το έργο απαιτεί περίπου 10 ημέρες εργασίας υπό τις βέλτιστες συνθήκες για να ολοκληρωθεί. Συγκεκριμένα θεωρώντας πως η συντήρηση θα ξεκινήσει την Δευτέρα 21 Σεπτεμβρίου και ότι τα Σαββατοκύριακα οι εργασίες συνεχίζονται κανονικά εκτιμάται πως η ημέρα ολοκλήρωσης του έργου θα είναι η Τετάρτη 30 Σεπτεμβρίου.

Αν υποθέσουμε ότι η έναρξη της εκάστοτε φάσης δεν προϋποθέτει την λήξη της προηγούμενης και άρα οι 4 φάσεις βελτιστοποιούνται σαν ένα ενιαίο έργο τότε οι μέρες ολοκλήρωσης μειώνονται ακόμα περισσότερο καθώς υπολογίζεται πως ο απαιτούμενος χρόνος σε αυτήν την περίπτωση είναι μόλις 31,53 εργατοώρες, δηλαδή 1892 λεπτά. Το νούμερο αυτό είναι αναμενόμενο καθώς ο χρόνος αυτός αποτελεί τον χρόνο ολοκλήρωσης της φάσης Δ. Εφόσον δεν υπάρχει ο περιορισμός μεταξύ των φάσεων είναι απολύτως λογικό η συνολική διάρκεια του έργου να καθορίζεται από την μεγαλύτερη σε διάρκεια φάση καθώς αυτές μπορούν να πραγματοποιηθούν παράλληλα.

Η διαφορά μεταξύ των 2 περιπτώσεων μπορεί να κατανοηθεί καλύτερα στα ακόλουθα διαγράμματα GANNT που δείχνουν τις σχέσεις μεταξύ των φάσεων. Στη πρώτη περίπτωση φαίνεται πως όλες οι φάσεις επηρεάζουν τον χρόνο ολοκλήρωσης της ετήσια συντήρησης λόγω της εξάρτησης τους, ενώ στην δεύτερη περίπτωση η φάση Δ έχει διαφορετικό χρώμα καθώς μπορούμε εν μέρη να ισχυριστούμε ότι αποτελεί το 'κρίσιμο μονοπάτι' διότι είναι αυτή που καθορίζει τον τελικό χρόνο ολοκλήρωσης του έργου.



Εικόνα 19: Διάγραμμα GANNT στην περίπτωση των αλληλεξαρτώμενων φάσεων



Εικόνα 20: Διάγραμμα GANNT στην περίπτωση των ανεξάρτητων φάσεων

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>: Προγραμματισμός ετήσιας συντήρησης με περιορισμούς σε ανθρώπινους πόρους ή ωράριο εργασίας

Στο προηγούμενο κεφάλαιο παρουσιάστηκε ο θεωρητικός συντονισμός της ετήσιας συντήρησης του αεροσκάφους CL-415. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως υπό τις βέλτιστες συνθήκες το έργο εκτιμάται ότι θα έχει ολοκληρωθεί σε 78,53 εργατοώρες, δηλαδή σε περίπου 10 ημέρες.

Παρόλα αυτά οι βέλτιστες συνθήκες διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό από τις πραγματικές, με αποτέλεσμα οι εργασίες του έργου να μην είναι ικανές να ακολουθήσουν τον θεωρητικό συντονισμό και επομένως να προκύπτουν αρκετές καθυστερήσεις. Μερικές από τις διαφορές της θεωρητικής βελτιστοποίησης με την πραγματική είναι:

1. Μεταβολές του διαθέσιμου προσωπικού.
2. Μη σταθερό ωράριο εργασίας.

Έτσι λοιπόν ενώ θεωρητικά οι εργασίες είναι ικανές να πραγματοποιηθούν οποιαδήποτε χρονική στιγμή, στην πράξη λόγω του περιορισμένου διαθέσιμου προσωπικού και ωραρίου εργασίας, η εκκίνηση τους μπορεί να καθίσταται αδύνατη. Για τον έλεγχο και την επίλυση τέτοιων προβλημάτων σχεδιάστηκε και δημιουργήθηκε μία εφαρμογή στο περιβάλλον του MATLAB (έκδοση r2015a) όπου η λειτουργία της θα παρουσιαστεί στο κεφάλαιο 5.

Το πρόγραμμα έχει ως στόχο τον εύκολο και γρήγορο συντονισμό ενός έργου μέσω της τεχνικής του κρίσιμου μονοπατιού. Τα θετικά του προγράμματος είναι ότι προσφέρει στον χρήστη την άμεση χρονική βελτιστοποίηση ενός έργου ενώ παράλληλα δίνει την ικανότητα του συνεχή ελέγχου καθόλη την πορεία των εργασιών. Επιπλέον το βασικό χαρακτηριστικό της εφαρμογής είναι ότι προσφέρει την δυνατότητα του εκ νέου προγραμματισμού των μη ολοκληρωμένων εργασιών σε περιπτώσεις μεταβολής του διαθέσιμου προσωπικού καθώς και του ωραρίου λειτουργίας.

The screenshot shows the 'Opti\_pro' software interface. The main window is titled 'Opti\_pro' and 'Πρόγραμμα Βελτιστοποίησης'. It contains several input fields and tables for project data.

**Δεδομένα εργασιών** (Work Data):

Εργασίες	Εξαρτήσεις	Διάρκεια(λεπτά)	Συνεργείο	Απαιτούμενο Προσωπικό
1	0	0	0	0

**Δεδομένα συνεργείων** (Team Data):

Συνεργείο	Διαθέσιμο Προσωπικό
1	0

**Ορίστε προσωπικό** (Assign Personnel):

Προσ. έναρξης	Προσ. λήξης
09:00	15:00

**Βελτιστοποίηση** (Optimization):

ΗΜΕΡΑ: 0

Εργασίες	Χρόνος εκκίνησης	Χρόνος λήξης	Συνεργείο
0	0	0	0

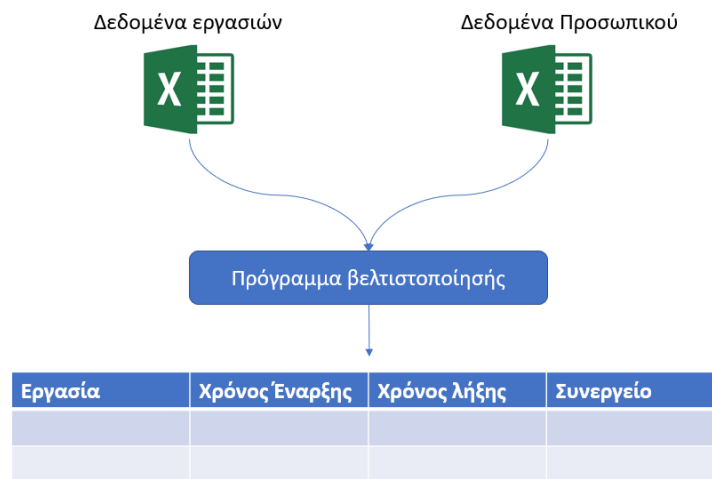
**Εισαγωγή έργου** (Enter project)  
**Αποθήκευση Έργου** (Save project)  
**Εκκαθάριση αποτελεσμάτων** (Clear results)

Εικόνα 21: Περιβάλλον προγράμματος βελτιστοποίησης

## 5.1 Εισροές του προγράμματος

Η κατασκευή του προγράμματος δημιουργήθηκε με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να καθίσταται όσο το δυνατό ευκολότερη η χρήση του. Επιπλέον η λειτουργία του δεν απαιτεί την δημιουργία καινούργιων περίπλοκων αρχείων αλλά την χρήση προ υπαρχόντων δεδομένων που χρησιμοποιούνται για έργα όλων των κατηγοριών.

Η εκκίνηση του προγράμματος προϋποθέτει την εισαγωγή δύο αρχείων excel από τα οποία το πρώτο πρέπει να περιέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά των εργασιών, ενώ το δεύτερο χρειάζεται να ενημερώνει για την ημερήσια διαθεσιμότητα του προσωπικού καθώς και για το ωράριο εργασίας.



Εικόνα 22: Περιγραφή χρήσης προγράμματος

Τα δύο αρχεία excel που πρέπει να εισαχθούν από τον χρήστη κατά την εκκίνηση του προγράμματος αναλυτικά είναι:

1. **Αρχείο Εργασιών:** Χρειάζεται να περιέχει όλες τις κατάλληλες πληροφορίες σχετικά με τις εργασίες του έργου. Αποτελείται από 5 στήλες που με την σειρά αντιστοιχούν σε εργασίες, εξαρτήσεις, διάρκεια, υπεύθυνο συνεργείο και απαιτούμενο προσωπικό όπως φαίνεται στο παράδειγμα του πίνακα 7.

ΕΡΓΑΣΙΑ	ΕΞΑΡΤΗΣΕΙΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ(ΛΕΠΤΑ)	ΣΥΝΕΡΓΕΙΟ	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ
A		60	Σ1	2
B	A	120	Σ1	3
C		60	Σ2	2
D	A	150	Σ2	4
D	A	150	Σ3	4
E	D	45	Σ1	3
E	C	45	Σ1	3

Πίνακας 7: Παράδειγμα πίνακα εργασιών

Για την σωστή λειτουργία του προγράμματος οι εργασίες που απαιτούν πολλαπλά συνεργεία ή έχουν πολλαπλές εξαρτήσεις, θα πρέπει να επαναλαμβάνονται για κάθε εξάρτηση και συνεργείο ξεχωριστά. Για παράδειγμα όπως φαίνεται και από τον πίνακα 7 η εργασία Ε αναγράφεται 2 φορές καθώς εξαρτάται από τις εργασίες D και C, ενώ αντίστοιχα η εργασία D αναγράφεται 2 φορές καθώς απαιτεί 2 συνεργεία (Σ2,Σ3) για την ολοκλήρωση της. Χρειάζεται η απαραίτητη προσοχή για τις επαναλαμβανόμενες εργασίες καθώς τα χαρακτηριστικά στις επόμενες στήλες δεν πρέπει να διαφοροποιούνται. Οι πίνακες που περιγράφουν την ετήσια συντήρηση του αεροσκάφους CL-415 παρουσιάζονται στο παράρτημα.

2. **Αρχείο Συνεργείων/Ωράριο προσωπικού:** Αποτελεί ένα αρχείο excel το οποίο είναι αναγκαίο να περιέχει τις κατάλληλες πληροφορίες σχετικά με το ημερήσιο διαθέσιμο προσωπικό των υπεύθυνων συνεργείων αλλά και το ωράριο λειτουργίας. Το συγκεκριμένο αρχείο μπορεί είτε να είναι ενσωματωμένο στο παρουσιολόγιο του προσωπικού, όπως συμβαίνει στην προκειμένη περίπτωση, είτε να αποτελεί ένα αυτόνομο αρχείο. Ένα παράδειγμα αυτόνομου αρχείου που απαιτείται για την σωστή λειτουργία του προγράμματος παρουσιάζεται στον πίνακα 8. Οι 2 πρώτες σειρές παρουσιάζουν το ωράριο του προσωπικού με την πρώτη στήλη να καθορίζει τον χρόνο έναρξης και την δεύτερη τον χρόνο λήξης των εργασιών. Οι επόμενες σειρές καθορίζουν το ημερήσιο διαθέσιμο προσωπικό, με την πρώτη στήλη να περιέχει ονομαστικά τα υπεύθυνα συνεργεία και την δεύτερη στήλη το διαθέσιμο ημερήσιο προσωπικό που αντιστοιχεί στο εκάστοτε συνεργείο.

Ώρα έναρξης	Ώρα λήξης
8:00	16:00
Συνεργείο	Διαθέσιμο προσωπικό
Σ1	4
Σ2	5
Σ3	2

Πίνακας 8: Παράδειγμα πίνακα συνεργείων

Στην περίπτωση που ο πίνακας περιέχεται εντός του παρουσιολογίου τότε το αρχείο πρέπει να ακολουθεί την εξής μορφή όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 9.

Ώρα έναρξης	Ώρα λήξης	Όνομα εργαζομένου	Ειδικότητα	ΕΛΛΕΙΨΕΙΣ
9:15	15:00	ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ Α	THCL415	ΠΑΡΩΝ
Συνεργείο	Διαθέσιμο προσωπικό	ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ Β	THCL416	ΑΠΩΝ
THCL415	2	ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ Γ	THCL415	ΠΑΡΩΝ
ΣΚΑΦCL415	2	ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ Δ	HLEKCL415	ΠΑΡΩΝ
HLEKCL415	2	ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ Ε	APGCL415	ΠΑΡΩΝ
APGCL415	2	ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ Ζ	HLEKCL415	ΠΑΡΩΝ
KINCL415	2	ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ Η	ΣΚΑΦCL415	ΠΑΡΩΝ
		ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ Θ	ΣΚΑΦCL415	ΠΑΡΩΝ
		ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ Ι	KINCL415	ΠΑΡΩΝ
		ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ Κ	APGCL415	ΠΑΡΩΝ
		ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ Λ	KINCL415	ΑΠΩΝ
		ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ Μ	KINCL416	ΠΑΡΩΝ

Πίνακας 9: Παράδειγμα ενσωματωμένου πίνακα συνεργείων εντός του παρουσιολογίου

## 5.2 Περιγραφή του αλγόριθμου

Τα αναλυτικά βήματα τα οποία περιγράφουν τη λειτουργία του αλγορίθμου που αναπτύχθηκε για το πρόγραμμα βελτιστοποίησης είναι τα ακόλουθα:

### Βήμα 1: Μετατροπή δεδομένων

Εισάγοντας τα δεδομένα των εργασιών αλλά και του προσωπικού, το πρόγραμμα τα μετατρέπει στην κατάλληλη μορφή έτσι ώστε να καθίσταται εύκολη η επεξεργασία τους.

### Βήμα 2: Έλεγχος εξαρτήσεων και κατασκευή δικτυακού διαγράμματος

Ο αλγόριθμος ελέγχει τις εξαρτήσεις και καθορίζει τις θέσεις των εργασιών στο δικτυακό διάγραμμα.

### Βήμα 3: Υπολογισμός κρίσιμου μονοπατιού και slack time

Βάσει του δικτυακού διαγράμματος ο αλγόριθμος υπολογίζει τους νωρίτερους και αργότερους χρόνους έναρξης και λήξης καθώς και το slack time όλων των εργασιών. Έπειτα καθορίζει το κρίσιμο μονοπάτι και ταξινομεί τις εργασίες βάσει της βαρύτητας τους.

### Βήμα 4: Προγραμματισμός εργασιών

Έχοντας ταξινομήσει τις εργασίες πραγματοποιείται ο προγραμματισμός τους με βάση τα δεδομένα του ημερήσιου διαθέσιμου προσωπικού. Ο αλγόριθμος στην αρχή της εκάστοτε ημέρας εντοπίζει τις εργασίες που δεν έχουν ολοκληρωθεί και ελέγχει άμα μπορούν να πραγματοποιηθούν εντός της ημέρας με βάση το προσωπικό. Σε περίπτωση που μία εργασία μπορεί να πραγματοποιηθεί εντός της ημέρας υπολογίζεται ο χρόνος έναρξης και λήξης της.

### Βήμα 5: Μετασχηματισμός αποτελεσμάτων στην κατάλληλη μορφή

Ολοκληρώνοντας την παραπάνω διαδικασία τα αποτελέσματα μετατρέπονται και τοποθετούνται στον πίνακα αποτελεσμάτων όπου και εμφανίζεται στον χρήστη.

Ένα παράδειγμα του πίνακα των αποτελεσμάτων της εφαρμογής παρουσιάζεται στον πίνακα 10.

ΕΡΓΑΣΙΑ	ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΛΗΞΗΣ	ΣΥΝΕΡΓΕΙΟ
ΗΜΕΡΑ 1			
A	9:00	11:00	Σ1
B	11:00	16:00	Σ1
ΗΜΕΡΑ 2			
C	9:00	10:30	Σ1
D	9:00	15:00	Σ2
E	10:30	16:00	Σ3

Πίνακας 10: Παράδειγμα πίνακα αποτελεσμάτων προγράμματος

Η λειτουργία του προγράμματος είναι ικανή να διαχωριστεί σε δύο μέρη.

1. Στο πρώτο κομμάτι του αλγορίθμου υπολογίζονται όλοι οι απαραίτητοι χρόνοι για την εκάστοτε εργασία με την χρήση της μεθόδου CPM. Σε αυτό το μέρος του κώδικα δεν ελέγχεται το προσωπικό και το ωράριο λειτουργίας τους καθώς στόχος του είναι να τοποθετήσει το σύνολο των εργασιών σε μία σειρά με την χρήση της θεωρητικής μεθόδου του κρίσιμου μονοπατιού. Πατώντας το κουμπί της βελτιστοποίησης πραγματοποιούνται οι υπολογισμοί με την σειρά:
  - Νωρίτερος χρόνος έναρξης: Αρχικά ελέγχεται εάν μία εργασία έχει εξαρτήσεις. Στην περίπτωση που μία εργασία δεν εξαρτάται από κάποια άλλη τότε ο νωρίτερος χρόνος έναρξης τίθεται ίσος με το 0. Στην αντίθετη περίπτωση μέσω αλγορίθμου κατασκευάζονται όλα τα πιθανά μονοπάτια που οδηγούν στην εργασία και υπολογίζεται η συνολική διάρκεια όλων των μονοπατιών. Ο νωρίτερος χρόνος έναρξης της εργασίας υπολογίζεται ως ο μέγιστος χρόνος των κατασκευασμένων μονοπατιών.
  - Νωρίτερος χρόνος λήξης: Ο νωρίτερος χρόνος λήξης των εργασιών υπολογίζεται ως το άθροισμα του νωρίτερου χρόνου έναρξης και της χρονικής διάρκειας της εκάστοτε εργασίας.
  - Αργότερος χρόνος λήξης: Αρχικά τίθεται ως βέλτιστος χρόνος ολοκλήρωσης του έργου ο μέγιστος αριθμός (M) από το σύνολο των νωρίτερων χρόνων λήξης. Στην συνέχεια εντοπίζονται οι εργασίες που δεν οδηγούν σε άλλες και τίθεται ως αργότερος χρόνος λήξης τους ο χρόνος M. Για τις υπόλοιπες εργασίες κατασκευάζονται όλα τα πιθανά μονοπάτια από την εργασία που ελέγχεται μέχρι τις εργασίες με αργότερο χρόνο λήξης τον αριθμό M και εντοπίζεται η μεγαλύτερη σε χρονική διάρκεια. Τελικά ο αργότερος χρόνος λήξης της εργασίας υπολογίζεται ως η αφαίρεση του συνολικού χρόνου του μεγαλύτερου μονοπατιού από τον χρόνο M.
  - Αργότερος χρόνος έναρξης: Υπολογίζεται ως η αφαίρεση της διάρκειας της εκάστοτε εργασίας από τον αντίστοιχο αργότερο χρόνο λήξης της.
  - Έχοντας υπολογίσει τους παραπάνω χρόνους ο κώδικας υπολογίζει επιπλέον το slack time όλων των εργασιών ως την αφαίρεση του νωρίτερου από τον αργότερο χρόνο έναρξης. Με αυτόν τον τρόπο καθίσταται ικανός ο διαχωρισμός των κρίσιμων εργασιών καθώς το slack time τους ισούται με 0.
  - Στο τέλος του πρώτου μέρους του κώδικα δημιουργείται ένα διάνυσμα με κατανεμημένες τις εργασίες σε σειρά. Στην πρώτες θέσεις του διανύσματος τοποθετούνται οι κρίσιμες εργασίες οι οποίες κατανέμονται σε αυστηρή σειρά βάσει του χρόνου εκκίνησης τους ενώ στην συνέχεια ακολουθούν οι υπόλοιπες εργασίες κατανεμημένες αρχικά βάσει του χρόνου εκκίνησης και έπειτα βάσει του slack time τους.



2. Εφόσον ολοκληρωθεί η μέθοδος CPM πραγματοποιείται η έναρξη του δεύτερου μέρους του προγράμματος. Στόχος του δεύτερου μέρους είναι ο βέλτιστος προγραμματισμός των εργασιών βάσει του διαθέσιμου προσωπικού και του ωραρίου εργασίας. Το δεύτερο μέρος του κώδικα αποτελεί έναν αλγόριθμο όπου επαναλαμβάνεται ανά ημέρα εργασίας και σταματάει είτε στη ολοκλήρωση του έργου είτε σε κάποια περίπτωση έλλειψης όπου οι εργασίες δεν μπορούν να συνεχιστούν.
- Στην αρχή της εκάστοτε μέρας κατασκευάζεται κατάλληλος πίνακας που περιέχει το διαθέσιμο προσωπικό του εκάστοτε συνεργείου ανά λεπτό εργασίας. Η δημιουργία του πίνακα επιτρέπει στο πρόγραμμα να αποφασίσει εάν κάποια εργασία μπορεί να πραγματοποιηθεί εντός της ημέρας βάσει του διαθέσιμου προσωπικού. Ένα παράδειγμα ενός τέτοιου πίνακα παρουσιάζεται στον πίνακα 11.

Συνεργείο	Λεπτά	1	2	3	4	5	6	...	360
Συνεργείο 1		4	4	4	4	4	4	...	4
Συνεργείο 2		2	2	2	2	2	2	...	2
Συνεργείο 3		6	6	6	6	6	6	...	6

Πίνακας 11: Παράδειγμα βοηθητικού πίνακα

Στην πρώτη στήλη του πίνακα τοποθετούνται τα υπεύθυνα συνεργεία ενώ στην πρώτη σειρά παρουσιάζονται τα λεπτά εργασίας εντός της ημέρας. Τα κελιά συμπληρώνονται με βάση το διαθέσιμο προσωπικό ανά λεπτό εργασίας. Μόλις μία εργασία τοποθετηθεί εντός της ημέρας αφαιρούνται από τα αντίστοιχα κελιά το απαιτούμενο προσωπικό.

- Μόλις κατασκευαστεί ο παραπάνω πίνακας ξεκινάει ο προγραμματισμός των εργασιών. Ο κώδικας ελέγχει τις εργασίες με την σειρά που έχουν τοποθετηθεί στο διάστημα που δημιουργήθηκε στο πρώτο μέρος. Για την εκάστοτε εργασία αρχικά εντοπίζεται το υπεύθυνο συνεργείο καθώς και το προσωπικό που απαιτείται. Με τα δεδομένα αυτά ελέγχεται ο προηγούμενος πίνακας και υπολογίζονται όλα τα διαστήματα στα οποία μπορεί να τοποθετηθεί χρονικά η εργασία. Τα συγκεκριμένα διαστήματα εντοπίζονται στις θέσεις που το διαθέσιμο προσωπικό είναι μεγαλύτερο ή ίσο με το απαιτούμενο προσωπικό της εκάστοτε εργασίας.
- Έχοντας εντοπίσει όλα τα διαθέσιμα διαστήματα που μπορεί να τοποθετηθεί η εργασία ακολουθεί έλεγχος ολοκλήρωσης των εξαρτήσεων της. Στην περίπτωση που μία εργασία δεν εξαρτάται από κάποια άλλη τότε τοποθετείται στο χρονικά νωρίτερο διάστημα. Στην περίπτωση που μία εργασία εξαρτάται από άλλες τότε ελέγχεται ο χρόνος ολοκλήρωσης των εξαρτήσεων.

A. Στην περίπτωση που έχουν ολοκληρωθεί όλες οι εξαρτήσεις τότε διασταυρώνοντας τις πληροφορίες εντοπίζεται το βέλτιστο διάστημα τοποθέτησης της εργασίας.

B. Στην περίπτωση που κάποια από τις εξαρτήσεις δεν έχει ολοκληρωθεί τότε η εργασία που ελέγχεται αναβάλλεται για άλλη ημέρα.

- Εάν μία εργασία τελικά μπορεί να τοποθετηθεί εντός της ημέρας τότε ο χρόνος εκκίνησης τίθεται ίσος με το πρώτο κελί του βέλτιστου διαστήματος ενώ ο χρόνος λήξης υπολογίζεται προσθέτοντας την χρονική διάρκεια της εργασίας. Επιπλέον αφαιρείται από τον προηγούμενο πίνακα το απαιτούμενο προσωπικό της εργασίας στο αντίστοιχο διάστημα του υπεύθυνου συνεργείου.
- Τοποθετώντας μία εργασία εντός της ημέρας τότε εμφανίζεται η περίπτωση ο χρόνος λήξης να είναι μεγαλύτερος από τον χρόνο λήξης του ωραρίου. Σε αυτήν την περίπτωση ο κώδικας αντιμετωπίζει διαφορετικά τις κρίσιμες εργασίες από τις υπόλοιπες.

A. Στην περίπτωση που ο χρόνος λήξης μίας κρίσιμης εργασίας ξεπερνάει τον χρόνο λήξης του ωραρίου τότε ο κώδικας την τοποθετεί κανονικά εντός της ημέρας και το κομμάτι που δεν θα ολοκληρωθεί προγραμματίζεται στην έναρξη της επόμενης ημέρας.

B. Για τις υπόλοιπες εργασίες ο κώδικας είναι σχεδιασμένος να μην τις τοποθετεί και έτσι ο προγραμματισμός τους αναβάλλεται για διαφορετική ημέρα.

Με την επιλογή αυτή ακολουθείται μία πιο ορθή διαδικασία ολοκλήρωσης ενός έργου καθώς προτιμάτε οι εργασίες να ολοκληρώνονται εξ ολοκλήρου και όχι εν μέρη σε πολλές ημέρες. Οι κρίσιμες εργασίες αποφασίστηκε να είναι ικανές να διαχωριστούν με σκοπό την αποφυγή μεγάλων καθυστερήσεων, ενώ οι υπόλοιπες εργασίες αποφασίστηκε να μην διαχωρίζονται καθώς οι καθυστερήσεις που μπορούν να προκύψουν είναι αρκετά μικρές.

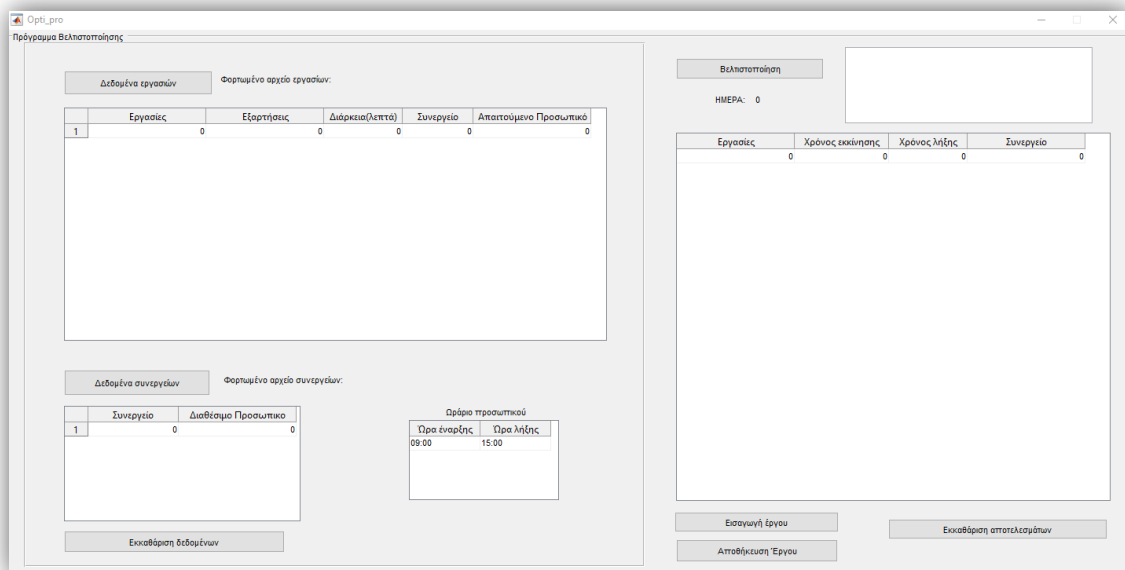
- Μόλις ελέγχουν όλες οι εργασίες για τη πρώτη ημέρα του έργου τότε οι εργασίες που ολοκληρώθηκαν αφαιρούνται από το διάγραμμα και τα στοιχεία τους τοποθετούνται στον πίνακα των αποτελεσμάτων. Για την επόμενη ημέρα κατασκευάζεται ξανά ο βοηθητικός πίνακας και πραγματοποιείται έλεγχος των υπόλοιπων εργασιών. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι το διάγραμμα των εργασιών να γίνει κενό ή να παρουσιαστεί πρόβλημα έλλειψης προσωπικού που δεν επιτρέπει την ολοκλήρωση καμίας εργασίας.
- Τέλος αφού σταματήσει ο παραπάνω αλγόριθμος δημιουργείται ο πίνακας των αποτελεσμάτων. Ο κώδικας με βάση την ημέρα της βελτιστοποίησης του έργου ελέγχει τα αποτελέσματα και παρουσιάζει στο παράθυρο που βρίσκεται στο επάνω δεξιά μέρος του προγράμματος χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την ολοκλήρωση του έργου

## 5.3 Λειτουργία του προγράμματος

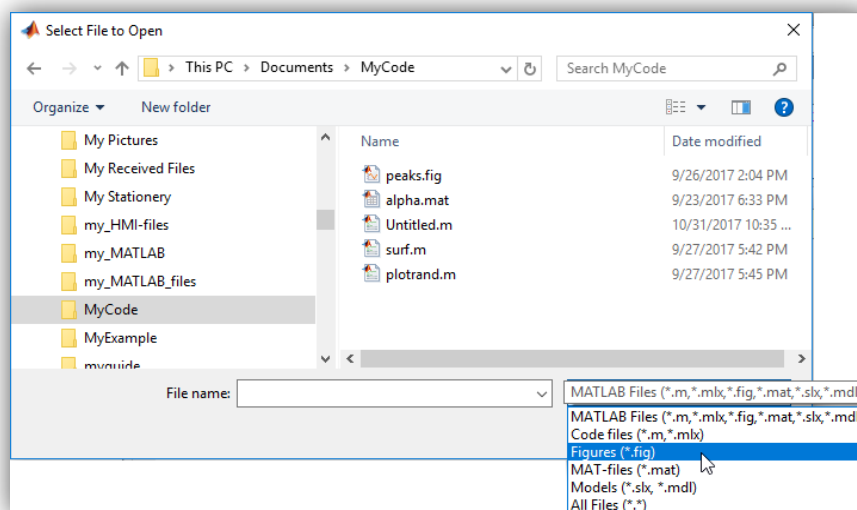
### 5.3.1 Εισαγωγή δεδομένων

Ανοίγοντας το πρόγραμμα στο MATLAB εμφανίζεται η κύρια οθόνη γραφικού περιβάλλοντος όπως φαίνεται και στην εικόνα 23.

Όπως προαναφέρθηκε και προηγουμένως η λειτουργία του προγράμματος απαιτεί την εισαγωγή δύο αρχείων excel. Η εισαγωγή των δεδομένων των εργασιών πραγματοποιείται πατώντας το κουμπί στο οποίο αναγράφεται ‘Δεδομένα εργασιών’, ενώ αντίστοιχα τα δεδομένα των συνεργείων εισάγονται πατώντας το κουμπί στο οποίο αναγράφεται ‘Δεδομένα συνεργείων’. Πατώντας το αντίστοιχο κουμπί ο χρήστης αναζητεί στον υπολογιστή το αρχείο excel που θέλει να εισάγει.



Εικόνα 23: Interface προγράμματος



Εικόνα 24: παράθυρο αναζήτησης αρχείων στα windows

Σε περίπτωση που επιλεγθεί λανθασμένο αρχείο το οποίο δεν αντιστοιχεί σε αυτά που απαιτεί το πρόγραμμα τότε εμφανίζεται στον χρήστη μήνυμα σφάλματος που ενημερώνει τον χρήστη ότι το αρχείο δεν είναι αποδεκτό. Επιπλέον εάν ο χρήστης προσπαθήσει να κάνει βελτιστοποίηση χωρίς να έχει εισάγει όλα τα απαραίτητα δεδομένα τότε το πρόγραμμα εμφανίζει μήνυμα σφάλματος που ενημερώνει για την έλλειψη των απαιτούμενων δεδομένων.

The screenshot shows the 'Orti\_pro' application window with the title 'Πρόγραμμα Βελτιστοποίησης'. It contains several data entry sections and buttons.

**Δεδομένα εργασιών (Work Data):**

Εργασίες	Εξαρτήσεις	Διάρκεια(λεπτά)	Συνεργείο	Απαιτούμενο Προσωπικό
1	0	0	0	0

**Δεδομένα συνεργιών (Cooperation Data):**

Συνεργείο	Διαθέσιμο Προσωπικό
1	0

**Ωράριο προσωπικού (Staff Schedule):**

Ωρα έναρξης	Ωρα λήξης
09:00	15:00

**Buttons:** Εισαγωγή έργου, Αποθήκευση Έργου, Εκκαθάριση αποτελεσμάτων, Εκαθάριση δεδομένων.

Εικόνα 25: Κουμπιά εισαγωγής δεδομένων

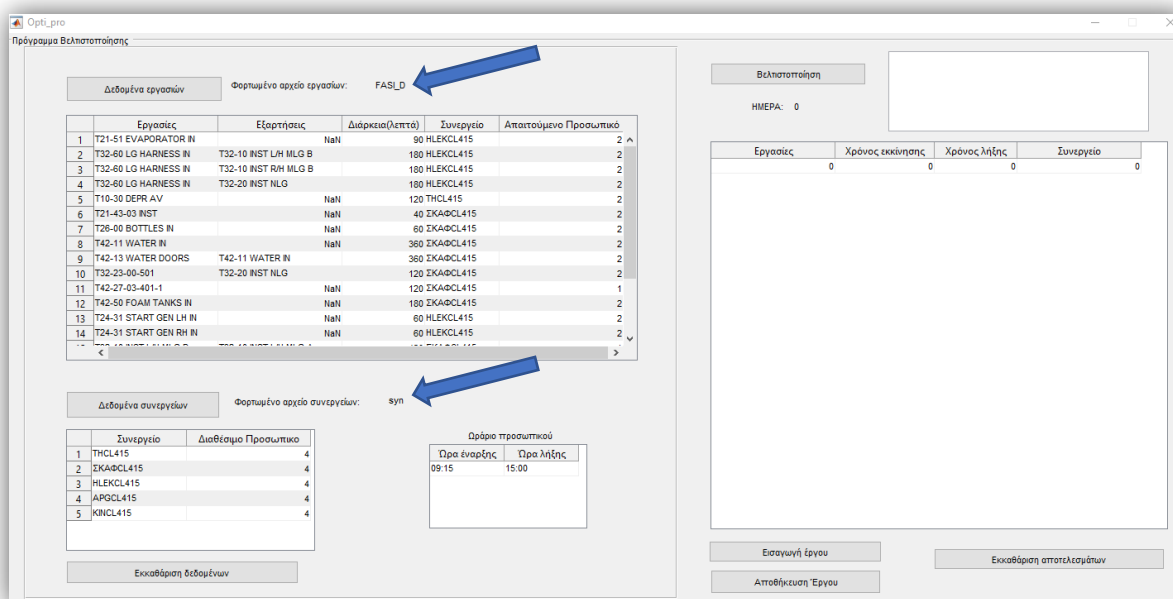
The screenshot shows the same 'Orti\_pro' application window, but with error messages displayed in red boxes.

**Error Messages:**

- Μη αποδεκτό αρχείο (Invalid file):** This message appears in the top right corner of the 'Δεδομένα εργασιών' section.
- Απαιτούνται στοιχεία εργασιών (Work data is required):** This message appears in the top right corner of the 'Δεδομένα συνεργιών' section.

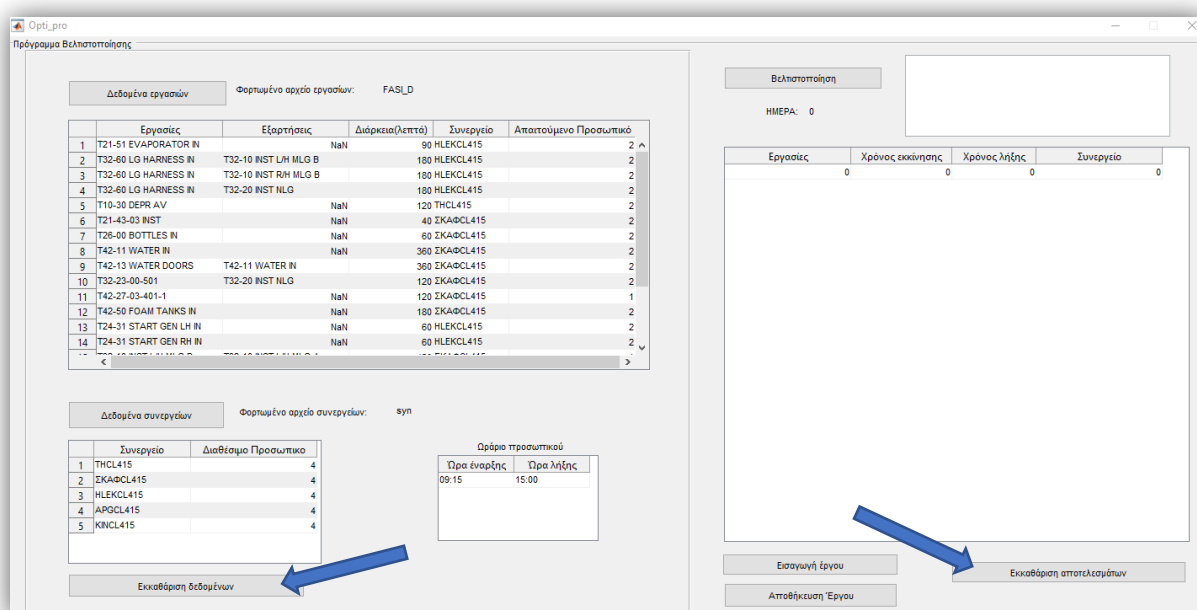
Εικόνα 26: Μηνύματα σφάλματος σε περίπτωση εισαγωγής λανθασμένου αρχείου

Εισάγοντας τα σωστά δεδομένα τότε αυτά παρουσιάζονται στους αντίστοιχους πίνακες, ενώ παράλληλα τα ονόματα των αρχείων που διαβάστηκαν εμφανίζονται στις αντίστοιχες θέσεις όπως φαίνεται και στην εικόνα 27.



Εικόνα 27: Εμφάνιση αρχείων στο πρόγραμμα

Στην περίπτωση που ο χρήστης θελήσει να σβήσει τα δεδομένα και να επαναφέρει τους πίνακες των εργασιών και του προσωπικού στην αρχική τους κατάσταση χρειάζεται απλά να πατήσει το κουμπί της 'Εκκαθάριση δεδομένων', που βρίσκεται κάτω από τον πίνακα των συνεργείων. Αντίστοιχο κουμπί υπάρχει και κάτω από τον πίνακα των αποτελεσμάτων.



Εικόνα 28: Κουμπιά εκκαθάρισης δεδομένων και αποτελεσμάτων

### 5.3.2 Ημερήσια βελτιστοποίηση

Εφόσον έχει ολοκληρωθεί το στάδιο εισαγωγής δεδομένων ακολουθεί ο συντονισμός των εργασιών. Αρχικά πριν ξεκινήσει η επεξεργασία των δεδομένων, παρατηρείται κάτω από το κουμπί της βελτιστοποίησης η ύπαρξη ενός μετρητή ο οποίος κατά την διάρκεια του έργου υποδηλώνει στον χρήστη την ημέρα που βρίσκονται οι εργασίες. Πατώντας το κουμπί της βελτιστοποίησης το πρόγραμμα βάσει του προσωπικού και του ωραρίου θα επεξεργαστεί τα δεδομένα και θα παρουσιάσει στον χρήστη την βέλτιστη λύση για την ολοκλήρωση του έργου. Στο παράδειγμα που φαίνεται στην εικόνα 29 έχει χρησιμοποιηθεί η φάση Γ της ετήσιας συντήρησης με το διαθέσιμο προσωπικό να είναι ίσο με 4 άτομα για όλα τα συνεργεία, ενώ έχει οριστεί ως ώρα έναρξης των εργασιών στις 9:15πμ και λήξης 3:00μμ αντίστοιχα.

**Δεδομένα εργασιών**

Εργασία	Εξαρτήσεις	Διάρκεια(λεπτά)	Συνεργείο	Απαιτούμενο Προσωπικό
1 T21-51 EVAPORATOR IN		Nali	90 HLEKCL415	2
2 T32-60 LG HARNESS IN	T32-10 INST LH MLG B		180 HLEKCL415	2
3 T32-60 LG HARNESS IN	T32-10 INST RH MLG B		180 HLEKCL415	2
4 T32-60 LG HARNESS IN	T32-20 INST NLG		180 HLEKCL415	2
5 T10-30 DEPR AV		Nali	120 THCL415	2
6 T21-43-03 INST		Nali	40 ΣΚΑΦCL415	2
7 T26-00 BOTTLES IN		Nali	60 ΣΚΑΦCL415	2
8 T42-11 WATER IN		Nali	360 ΣΚΑΦCL415	2
9 T42-13 WATER DOORS	T42-11 WATER IN		360 ΣΚΑΦCL415	2
10 T32-23-00-501	T32-20 INST NLG		120 ΣΚΑΦCL415	2
11 T42-27-03-401-1		Nali	120 ΣΚΑΦCL415	1
12 T42-50 FOAM TANKS IN		Nali	180 ΣΚΑΦCL415	2
13 T24-31 START GEN LH IN		Nali	60 HLEKCL415	2
14 T24-31 START GEN RH IN		Nali	60 HLEKCL415	2

**Δεδομένα συνεργείων**

Συνεργείο	Διαθέσιμο Προσωπικό
1 THCL415	4
2 ΣΚΑΦCL415	4
3 HLEKCL415	4
4 ΑΡΟCL415	4
5 ΚΩCL415	4

**Βελτιστοποίηση**

ΗΜΕΡΑ: 1

ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΕΡΓΟΥ ΤΗΝ 7η ΗΜΕΡΑ  
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ: 5/18  
ΥΠΟΛΕΠΟΜΕΝΕΣ ΩΡΕΣ: 29 hrs

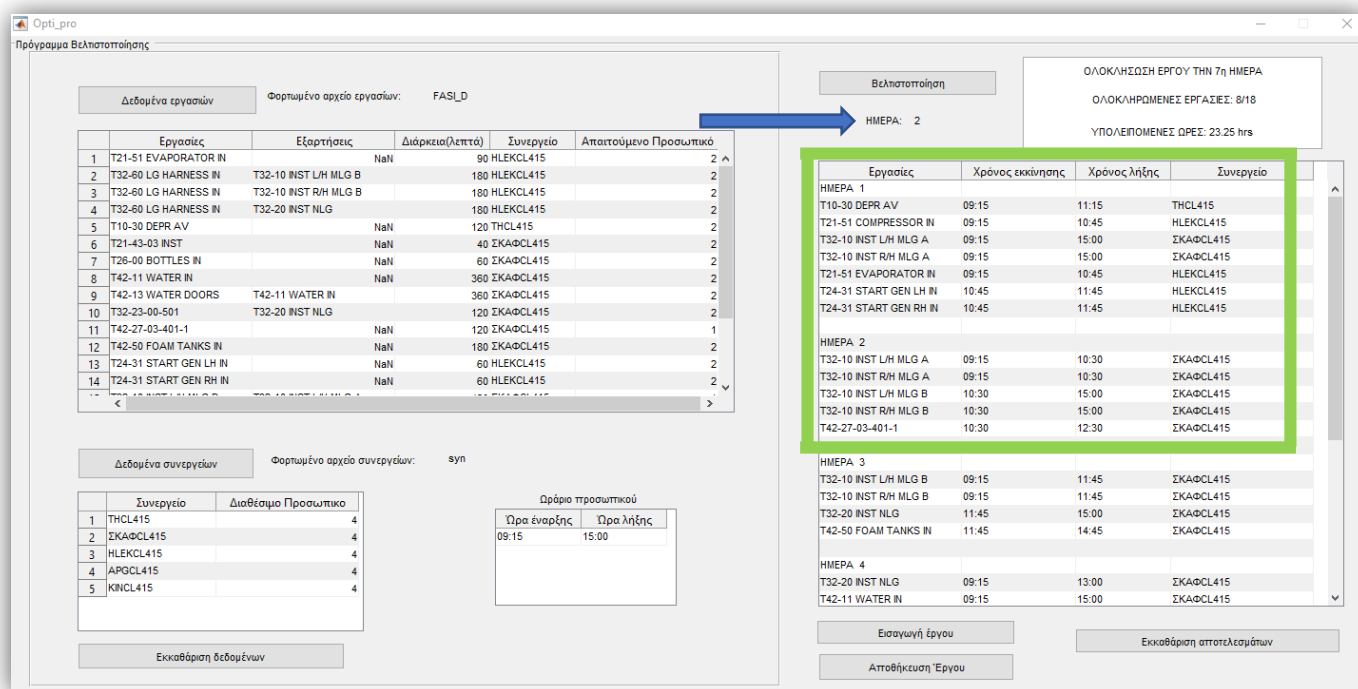
Εργασίες	Χρόνος έναρξης	Χρόνος λήξης	Συνεργείο
<b>ΗΜΕΡΑ 1</b>			
T10-30 DEPR AV	09:15	11:15	THCL415
T21-51 COMPRESSOR IN	09:15	10:45	HLEKCL415
T32-10 INST LH MLG A	09:15	15:00	ΣΚΑΦCL415
T32-10 INST RH MLG A	09:15	15:00	ΣΚΑΦCL415
T21-51 EVAPORATOR IN	09:15	10:45	HLEKCL415
T24-31 START GEN LH IN	10:45	11:45	HLEKCL415
T24-31 START GEN RH IN	10:45	11:45	HLEKCL415
<b>ΗΜΕΡΑ 2</b>			
T32-10 INST LH MLG A	09:15	10:30	ΣΚΑΦCL415
T32-10 INST RH MLG A	09:15	10:30	ΣΚΑΦCL415
T32-10 INST LH MLG B	10:30	15:00	ΣΚΑΦCL415
T32-10 INST RH MLG B	10:30	15:00	ΣΚΑΦCL415
T42-27-03-401-1	10:30	12:30	ΣΚΑΦCL415
<b>ΗΜΕΡΑ 3</b>			
T32-10 INST LH MLG B	09:15	11:45	ΣΚΑΦCL415
T32-10 INST RH MLG B	09:15	11:45	ΣΚΑΦCL415
T32-20 INST NLG	11:45	15:00	ΣΚΑΦCL415
T42-50 FOAM TANKS IN	11:45	14:45	ΣΚΑΦCL415
<b>ΗΜΕΡΑ 4</b>			
T32-20 INST NLG	09:15	13:00	ΣΚΑΦCL415
T42-11 WATER IN	09:15	15:00	ΣΚΑΦCL415

Εικόνα 29: Εμφάνιση αποτελεσμάτων και παρουσίαση σημαντικών πληροφοριών

Η εφαρμογή αφού έχει δημιουργήσει το πρόγραμμα των εργασιών, παρουσιάζει στον χρήστη μερικές χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την εξέλιξη του έργου όπως φαίνεται και στο κόκκινο πλαίσιο της εικόνας 29. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται 3 βασικές πληροφορίες:

1. Η αναμενόμενη ημέρα ολοκλήρωσης του έργου. (Στην περίπτωση έλλειψης προσωπικού, εμφανίζεται μήνυμα στον χρήστη που τον ενημερώνει ότι το έργο δεν μπορεί να ολοκληρωθεί)
2. Το σύνολο των εργασιών που έχουν ολοκληρωθεί. (Σε περίπτωση που μία εργασία έχει ξεκινήσει εντός της ημέρας αλλά δεν έχει ολοκληρωθεί μέχρι την λήξη του ωραρίου δεν λαμβάνεται υπόψιν)
3. Οι υπολειπόμενες ώρες λειτουργίας για την ολοκλήρωση του έργου.

Ο μετρητής παρατηρείται πως από ημέρα 0 πριν την βελτιστοποίηση άλλαξε σε ημέρα 1. Αυτό υποδεικνύει πως βρισκόμαστε στην 1<sup>η</sup> ημέρα του έργου και άρα όσες εργασίες βρίσκονται στην ημέρα 1 του πίνακα των αποτελεσμάτων θεωρείται ότι έχουν πραγματοποιηθεί. Παρόλα αυτά δεν σημαίνει ότι αυτές οι εργασίες έχουν ολοκληρωθεί καθώς είναι πιθανό κάποιες από αυτές να σταματήσουν στο τέλος της ημέρας και να συνεχίσουν στην αρχή της επόμενης. Για παράδειγμα ξαναπατώντας το κουμπί της βελτιστοποίησης χωρίς κάποια αλλαγή στο διαθέσιμο προσωπικό, ο μετρητής θα υποδείξει ημέρα 2. Όπως φαίνεται και στο πράσινο πλαίσιο της εικόνας 30 συμπεραίνουμε ότι εφόσον ο μετρητής έχει την τιμή 2 τότε οι εργασίες που βρίσκονται εντός του πράσινου πλαισίου έχουν πραγματοποιηθεί. Παρατηρώντας τον πίνακα των αποτελεσμάτων διαπιστώνεται πως οι εργασίες T32-10 INST L/H MLG B και T32-10 INST R/H MLG B ξεκινάνε την ημέρα 2 όμως αναμένεται να ολοκληρωθούν κατά την 3<sup>η</sup> ημέρα. Αυτό συμβαίνει διότι οι συγκεκριμένες εργασίες ανήκουν στο κρίσιμο μονοπάτι και ο κώδικας είναι σχεδιασμένος σε τέτοιες περιπτώσεις να υπολογίζει τον εναπομείναντα χρόνο των εργασιών και να τις επανατοποθετεί στην αρχή της επόμενης ημέρας.



Εικόνα 30: Σημασία και λειτουργία του μετρητή στο πρόγραμμα

Γνωρίζοντας λοιπόν την ημέρα που βρίσκεται το έργο καθώς επίσης και το μέρος των εργασιών που έχουν ολοκληρωθεί, το πρόγραμμα έχει την δυνατότητα να προσαρμόσει εκ νέου τον συντονισμό των μη ολοκληρωμένων εργασιών σε οποιαδήποτε μεταβολή μπορεί να προκύψει. Για παράδειγμα εάν την 3<sup>η</sup> μέρα το διαθέσιμο προσωπικό του συνεργείου ΣΚΑΦCL415 μειωθεί από 4 άτομα σε 2 και η ώρα έναρξης του ωραρίου αλλάξει από 9:15πμ σε 10:00πμ τότε είναι αναμενόμενο πως το υπάρχων πρόγραμμα των μη ολοκληρωμένων εργασιών θα πρέπει να προσαρμοστεί στα νέα δεδομένα.

Στις εικόνες 31 και 32 φαίνεται η αλλαγή που πραγματοποιείται στον πίνακα των αποτελεσμάτων. Αρχικά η προβλεπόμενη ολοκλήρωση του έργου μεταφέρθηκε από την 7<sup>η</sup> στην 9<sup>η</sup> ημέρα ενώ οι υπολειπόμενες ώρες αυξήθηκαν από 23,25 σε 26. Οι μεταβολές που επισημάνθηκαν ήταν αναμενόμενες λόγω της μείωσης του ημερήσιου ωραρίου κατά 45 λεπτά και της παράλληλης μείωσης του διαθέσιμου προσωπικού του συνεργείου ΣΚΑΦCL415 στο ήμισυ.

Opti\_pro  
Πρόγραμμα Βελτιστοποίησης

Δεδομένα εργασιών Φορτωμένο αρχείο εργασιών: FASLD

Εργασίες	Εξαρτήσεις	Διάρκεια(λεπτά)	Συνεργείο	Απαιτούμενο Προσωπικό
1 T21-51 EVAPORATOR IN		NaN	90 HLEKCL415	2
2 T32-60 LG HARNESS IN	T32-10 INST L/H MLG B		180 HLEKCL415	2
3 T32-60 LG HARNESS IN	T32-10 INST R/H MLG B		180 HLEKCL415	2
4 T32-60 LG HARNESS IN	T32-20 INST NLG		180 HLEKCL415	2
5 T10-30 DEPR AV		NaN	120 THCL415	2
6 T21-43-03 INST		NaN	40 ΣΚΑΦCL415	2
7 T26-00 BOTTLES IN		NaN	60 ΣΚΑΦCL415	2
8 T42-11 WATER IN		NaN	360 ΣΚΑΦCL415	2
9 T42-13 WATER DOORS	T42-11 WATER IN		360 ΣΚΑΦCL415	2
10 T32-23-00-501	T32-20 INST NLG		120 ΣΚΑΦCL415	2
11 T42-27-03-401-1		NaN	120 ΣΚΑΦCL415	1
12 T42-50 FOAM TANKS IN		NaN	180 ΣΚΑΦCL415	2
13 T24-31 START GEN LH IN		NaN	60 HLEKCL415	2
14 T24-31 START GEN RH IN		NaN	60 HLEKCL415	2

Δεδομένα συνεργείων Φορτωμένο αρχείο συνεργείων: syn

Συνεργείο	Διαθέσιμο Προσωπικό
1 THCL415	4
2 ΣΚΑΦCL415	2
3 HLEKCL415	4
4 APCL415	4
5 KNCL415	4

Εκκαθάριση δεδομένων

Βελτιστοποίηση

ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΕΡΓΟΥ ΤΗΝ 9η ΗΜΕΡΑ  
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ: 10/18  
ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΕΣ ΩΡΕΣ: 26 hrs

ΗΜΕΡΑ: 3

Εργασίες	Χρόνος εκκίνησης	Χρόνος λήξης	Συνεργείο
ΗΜΕΡΑ 1			
T10-30 DEPR AV	09:15	11:15	THCL415
T21-51 COMPRESSOR IN	09:15	10:45	HLEKCL415
T32-10 INST L/H MLG A	09:15	15:00	ΣΚΑΦCL415
T32-10 INST R/H MLG A	09:15	15:00	ΣΚΑΦCL415
T21-51 EVAPORATOR IN	09:15	10:45	HLEKCL415
T24-31 START GEN LH IN	10:45	11:45	HLEKCL415
T24-31 START GEN RH IN	10:45	11:45	HLEKCL415
ΗΜΕΡΑ 2			
T32-10 INST L/H MLG A	09:15	10:30	ΣΚΑΦCL415
T32-10 INST R/H MLG A	09:15	10:30	ΣΚΑΦCL415
T32-10 INST L/H MLG B	10:30	15:00	ΣΚΑΦCL415
T32-10 INST R/H MLG B	10:30	15:00	ΣΚΑΦCL415
T42-27-03-401-1	10:30	12:30	ΣΚΑΦCL415
ΗΜΕΡΑ 3			
T32-10 INST L/H MLG B	10:00	12:30	ΣΚΑΦCL415
T32-10 INST R/H MLG B	12:30	15:00	ΣΚΑΦCL415
ΗΜΕΡΑ 4			
T32-20 INST NLG	10:00	15:00	ΣΚΑΦCL415
ΗΜΕΡΑ 5			
T32-20 INST NLG	10:00	12:00	ΣΚΑΦCL415

Εισαγωγή έργου Εκκαθάριση αποτελεσμάτων

Αποθήκευση Έργου

Εικόνα 31: Επανασυντονισμός εργασιών έπειτα από την αλλαγή του προσωπικού και του ωραρίου

Opti\_pro  
Πρόγραμμα Βελτιστοποίησης

Δεδομένα εργασιών Φορτωμένο αρχείο εργασιών: FASLD

Εργασίες	Εξαρτήσεις	Διάρκεια(λεπτά)	Συνεργείο	Απαιτούμενο Προσωπικό
1 T21-51 EVAPORATOR IN		NaN	90 HLEKCL415	2
2 T32-60 LG HARNESS IN	T32-10 INST L/H MLG B		180 HLEKCL415	2
3 T32-60 LG HARNESS IN	T32-10 INST R/H MLG B		180 HLEKCL415	2
4 T32-60 LG HARNESS IN	T32-20 INST NLG		180 HLEKCL415	2
5 T10-30 DEPR AV		NaN	120 THCL415	2
6 T21-43-03 INST		NaN	40 ΣΚΑΦCL415	2
7 T26-00 BOTTLES IN		NaN	60 ΣΚΑΦCL415	2
8 T42-11 WATER IN		NaN	360 ΣΚΑΦCL415	2
9 T42-13 WATER DOORS	T42-11 WATER IN		360 ΣΚΑΦCL415	2
10 T32-23-00-501	T32-20 INST NLG		120 ΣΚΑΦCL415	2
11 T42-27-03-401-1		NaN	120 ΣΚΑΦCL415	1
12 T42-50 FOAM TANKS IN		NaN	180 ΣΚΑΦCL415	2
13 T24-31 START GEN LH IN		NaN	60 HLEKCL415	2
14 T24-31 START GEN RH IN		NaN	60 HLEKCL415	2

Δεδομένα συνεργείων Φορτωμένο αρχείο συνεργείων: syn

Συνεργείο	Διαθέσιμο Προσωπικό
1 THCL415	4
2 ΣΚΑΦCL415	2
3 HLEKCL415	4
4 APCL415	4
5 KNCL415	4

Εκκαθάριση δεδομένων

Βελτιστοποίηση

ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΕΡΓΟΥ ΤΗΝ 9η ΗΜΕΡΑ  
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ: 10/18  
ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΕΣ ΩΡΕΣ: 26 hrs

ΗΜΕΡΑ: 3

Εργασίες	Χρόνος εκκίνησης	Χρόνος λήξης	Συνεργείο
ΗΜΕΡΑ 4			
T32-10 INST R/H MLG B	12:30	15:00	ΣΚΑΦCL415
T32-20 INST NLG	10:00	15:00	ΣΚΑΦCL415
ΗΜΕΡΑ 5			
T32-20 INST NLG	10:00	12:00	ΣΚΑΦCL415
T32-60 LG HARNESS IN	12:00	15:00	HLEKCL415
T42-50 FOAM TANKS IN	12:00	15:00	ΣΚΑΦCL415
ΗΜΕΡΑ 6			
T42-11 WATER IN	10:00	15:00	ΣΚΑΦCL415
ΗΜΕΡΑ 7			
T42-11 WATER IN	10:00	11:00	ΣΚΑΦCL415
T32-23-00-501	11:00	13:00	ΣΚΑΦCL415
T26-00 BOTTLES IN	13:00	14:00	ΣΚΑΦCL415
T21-43-03 INST	14:00	14:40	ΣΚΑΦCL415
ΗΜΕΡΑ 8			
T42-13 WATER DOORS	10:00	15:00	ΣΚΑΦCL415
ΗΜΕΡΑ 9			
T42-13 WATER DOORS	10:00	11:00	ΣΚΑΦCL415

Εισαγωγή έργου Εκκαθάριση αποτελεσμάτων

Αποθήκευση Έργου

Εικόνα 32: Επανασυντονισμός εργασιών έπειτα από την αλλαγή του προσωπικού και του ωραρίου (συνέχεια)



Συνεχίζοντας την βελτιστοποίηση έως την 5<sup>η</sup> ημέρα χωρίς κάποια αλλαγή ο πίνακας των αποτελεσμάτων θα παραμείνει ο ίδιος. Έστω ότι ο υπεύθυνος του έργου απαιτεί να ολοκληρωθούν οι εργασίες όσο το δυνατό γρηγορότερα και αποφασίζεται η επέκταση του ημερήσιου ωραρίου κατά 3 ώρες. Συγκεκριμένα αποφασίζεται να τεθεί η ώρα έναρξης στις 9:00πμ και η ώρα λήξης στις 6:00μμ. Εισάγοντας το καινούργιο αρχείο που περιέχει το προσαρμοσμένο ωράριο και πατώντας βελτιστοποίηση για την 6<sup>η</sup> μέρα τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην εικόνα 33.

**Opti\_pro**  
Πρόγραμμα Βελτιστοποίησης

Δεδομένα εργασιών Φορτωμένο αρχείο εργασιών: FASLD

Εργασίες	Εξαρτήσεις	Διάρκεια(λεπτά)	Συνεργείο	Απαιτούμενο Προσωπικό
1 T21-51 EVAPORATOR IN		NaN	90 HLEKCL415	2
2 T32-60 LG HARNESS IN	T32-10 INST L/H MLG B		180 HLEKCL415	2
3 T32-60 LG HARNESS IN	T32-10 INST R/H MLG B		180 HLEKCL415	2
4 T32-60 LG HARNESS IN	T32-20 INST NLG		180 HLEKCL415	2
5 T10-30 DEPR AV		NaN	120 THCL415	2
6 T21-43-03 INST		NaN	40 ΣΚΑΦCL415	2
7 T26-00 BOTTLES IN		NaN	60 ΣΚΑΦCL415	2
8 T42-11 WATER IN		NaN	360 ΣΚΑΦCL415	2
9 T42-13 WATER DOORS	T42-11 WATER IN		360 ΣΚΑΦCL415	2
10 T32-23-00-501	T32-20 INST NLG		120 ΣΚΑΦCL415	2
11 T42-27-03-401-1		NaN	120 ΣΚΑΦCL415	1
12 T42-50 FOAM TANKS IN		NaN	180 ΣΚΑΦCL415	2
13 T24-31 START GEN LH IN		NaN	60 HLEKCL415	2
14 T24-31 START GEN RH IN		NaN	60 HLEKCL415	2

Δεδομένα συνεργείων Φορτωμένο αρχείο συνεργείων: syn

Συνεργείο	Διαθέσιμο Προσωπικό
1 THCL415	4
2 ΣΚΑΦCL415	2
3 HLEKCL415	4
4 APGL415	4
5 KINCL415	4

Εκκαθάριση δεδομένων

Βελτιστοποίηση

HMEPA: 6

ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΕΡΓΟΥ ΤΗΝ 7η ΗΜΕΡΑ  
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ: 16/18  
ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΕΣ ΩΡΕΣ: 6.6667 hrs

Εργασίες	Χρόνος εκκίνησης	Χρόνος λήξης	Συνεργείο
T32-10 INST L/H MLG B	10:30	15:00	ΣΚΑΦCL415
T42-27-03-401-1	10:30	12:30	ΣΚΑΦCL415
HMEPA 3			
T32-10 INST L/H MLG B	10:00	12:30	ΣΚΑΦCL415
T32-10 INST R/H MLG B	12:30	15:00	ΣΚΑΦCL415
HMEPA 4			
T32-20 INST NLG	10:00	15:00	ΣΚΑΦCL415
HMEPA 5			
T32-20 INST NLG	10:00	12:00	ΣΚΑΦCL415
T32-60 LG HARNESS IN	12:00	15:00	HLEKCL415
T42-50 FOAM TANKS IN	12:00	15:00	ΣΚΑΦCL415
HMEPA 6			
T42-11 WATER IN	09:00	15:00	ΣΚΑΦCL415
T32-23-00-501	15:00	17:00	ΣΚΑΦCL415
T26-00 BOTTLES IN	17:00	18:00	ΣΚΑΦCL415
HMEPA 7			
T42-13 WATER DOORS	09:00	15:00	ΣΚΑΦCL415
T21-43-03 INST	15:00	15:40	ΣΚΑΦCL415

Εισαγωγή έργου  
Αποθήκευση Έργου

Εκκαθάριση αποτελεσμάτων

Εικόνα 33: :Αποτελέσματα πίνακα έπειτα από την επέκταση του ωραρίου

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του καινούργιου πίνακα με τα αποτελέσματα της εικόνας 32 παρατηρείται πως η ημέρα ολοκλήρωσης του έργου ξαναέγινε η 7<sup>η</sup> λόγω της επέκτασης του ωραρίου. Επιπλέον μπορούμε να παρατηρήσουμε από τους πίνακες τον τρόπο που επηρεάστηκαν οι εργασίες. Συγκεκριμένα πριν την επέκταση του ωραρίου, για την ημέρα 6 είχε προγραμματιστεί η πραγματοποίηση μόνο της εργασίας T42-11 WATER IN. Μετά την επέκταση φαίνεται ότι μέσα στην ημέρα μπορούν να προστεθούν επιπλέον εργασίες που στην προκειμένη περίπτωση είναι οι T32-23-00-501 και T26-00 BOTTLES IN.

Πραγματοποιώντας βελτιστοποίηση για την 7<sup>η</sup> μέρα χωρίς κάποια αλλαγή στο ωράριο και στο διαθέσιμο προσωπικό παρατηρείται ότι το έργο έχει φτάσει στην ημέρα ολοκλήρωσης του. Έτσι λοιπόν η εφαρμογή εμφανίζει στον χρήστη μήνυμα πως το έργο ολοκληρώθηκε, ενώ οι υπολειπόμενες ώρες έχουν μηδενιστεί. Επιπλέον, οι ολοκληρωμένες εργασίες έχουν γίνει ίσες με τις συνολικές εργασίες του έργου όπως φαίνεται και στην εικόνα 34.

Opti\_pro  
Πρόγραμμα Βελτιστοποίησης

Δεδομένα εργασιών Φορτωμένο αρχείο εργασιών: FASL\_D

	Εργασίες	Εξαρτήσεις	Διάρκεια(λεπτά)	Συνεργείο	Απαιτούμενο Προσωπικό
1	T21-51 EVAPORATOR IN		Nali	90 HLEKCL415	2
2	T32-60 LG HARNESS IN	T32-10 INST L/H MLG B		180 HLEKCL415	2
3	T32-60 LG HARNESS IN	T32-10 INST R/H MLG B		180 HLEKCL415	2
4	T32-60 LG HARNESS IN	T32-20 INST NLG		180 HLEKCL415	2
5	T10-30 DEPR AV		Nali	120 THCL415	2
6	T21-43-03 INST		Nali	40 ΣΚΑΦCL415	2
7	T26-00 BOTTLES IN		Nali	60 ΣΚΑΦCL415	2
8	T42-11 WATER IN		Nali	360 ΣΚΑΦCL415	2
9	T42-13 WATER DOORS	T42-11 WATER IN		360 ΣΚΑΦCL415	2
10	T32-23-00-501	T32-20 INST NLG		120 ΣΚΑΦCL415	2
11	T42-27-03-401-1		Nali	120 ΣΚΑΦCL415	1
12	T42-50 FOAM TANKS IN		Nali	180 ΣΚΑΦCL415	2
13	T24-31 START GEN LH IN		Nali	60 HLEKCL415	2
14	T24-31 START GEN RH IN		Nali	60 HLEKCL415	2

Δεδομένα συνεργείων Φορτωμένο αρχείο συνεργείων: syn

	Συνεργείο	Διαθέσιμο Προσωπικό
1	THCL415	4
2	ΣΚΑΦCL415	2
3	HLEKCL415	4
4	APGCL415	4
5	KINCL415	4

Εκκαθάριση δεδομένων

Ωράριο προσωπικού

Ωρα έναρξης	Ωρα λήξης
9:00	18:00

Βελτιστοποίηση

HMEPA: 7

ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΕΡΓΟΥ  
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ: 18/18  
ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΕΣ ΩΡΕΣ: 0

Εργασίες	Χρόνος εκκίνησης	Χρόνος λήξης	Συνεργείο
T32-10 INST R/H MLG B	10:30	15:00	ΣΚΑΦCL415
T42-27-03-401-1	10:30	12:30	ΣΚΑΦCL415
HMEPA 3			
T32-10 INST L/H MLG B	10:00	12:30	ΣΚΑΦCL415
T32-10 INST R/H MLG B	12:30	15:00	ΣΚΑΦCL415
HMEPA 4			
T32-20 INST NLG	10:00	15:00	ΣΚΑΦCL415
HMEPA 5			
T32-20 INST NLG	10:00	12:00	ΣΚΑΦCL415
T32-60 LG HARNESS IN	12:00	15:00	HLEKCL415
T42-50 FOAM TANKS IN	12:00	15:00	ΣΚΑΦCL415
HMEPA 6			
T42-11 WATER IN	09:00	15:00	ΣΚΑΦCL415
T32-23-00-501	15:00	17:00	ΣΚΑΦCL415
T26-00 BOTTLES IN	17:00	18:00	ΣΚΑΦCL415
HMEPA 7			
T42-13 WATER DOORS	09:00	15:00	ΣΚΑΦCL415
T21-43-03 INST	15:00	15:40	ΣΚΑΦCL415

Εισαγωγή έργου  
Αποθήκευση Έργου  
Εκκαθάριση αποτελεσμάτων

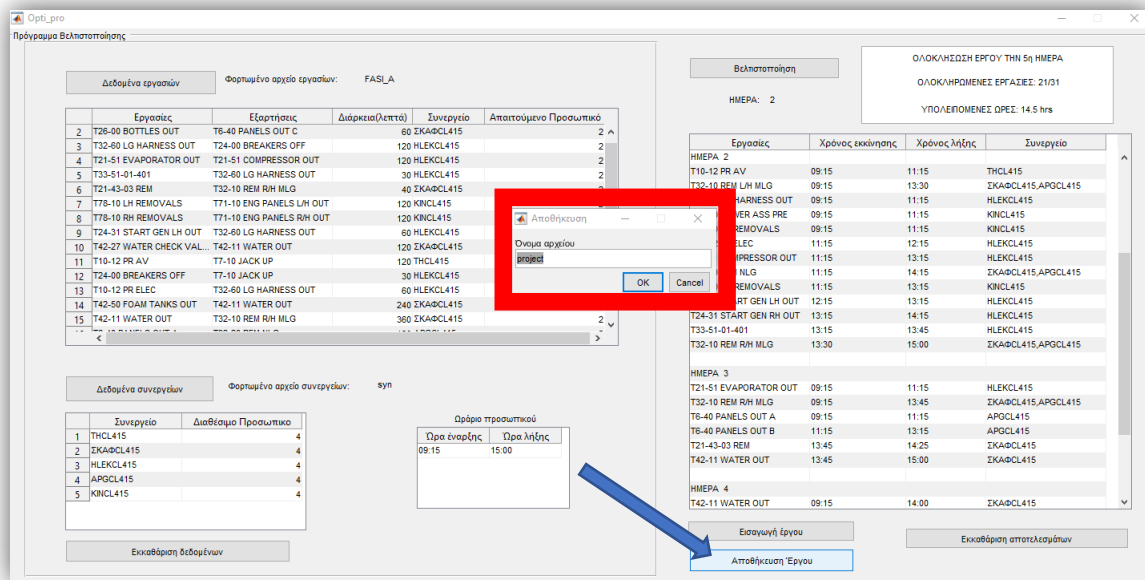
Εικόνα 34: Τελευταία ημέρα εργασιών φάσης Γ

## 5.4 Αποθήκευση και εισαγωγή έργου

Το πρόγραμμα προσφέρει την δυνατότητα στο χρήστη να αποθηκεύσει είτε κάποιο ολοκληρωμένο έργο είτε κάποιο έργο που βρίσκεται σε μία ενδιάμεση κατάσταση. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω της χρήσης των 2 κουμπιών που βρίσκονται κάτω από τον πίνακα αποτελεσμάτων. (Θα πρέπει να πραγματοποιηθεί εκτέλεση ως διαχειριστής κατά την εκκίνηση του MATLAB έτσι ώστε να δίνεται η απαραίτητη άδεια για την επεξεργασία αρχείων στα windows)

### 5.4.1 Αποθήκευση έργου

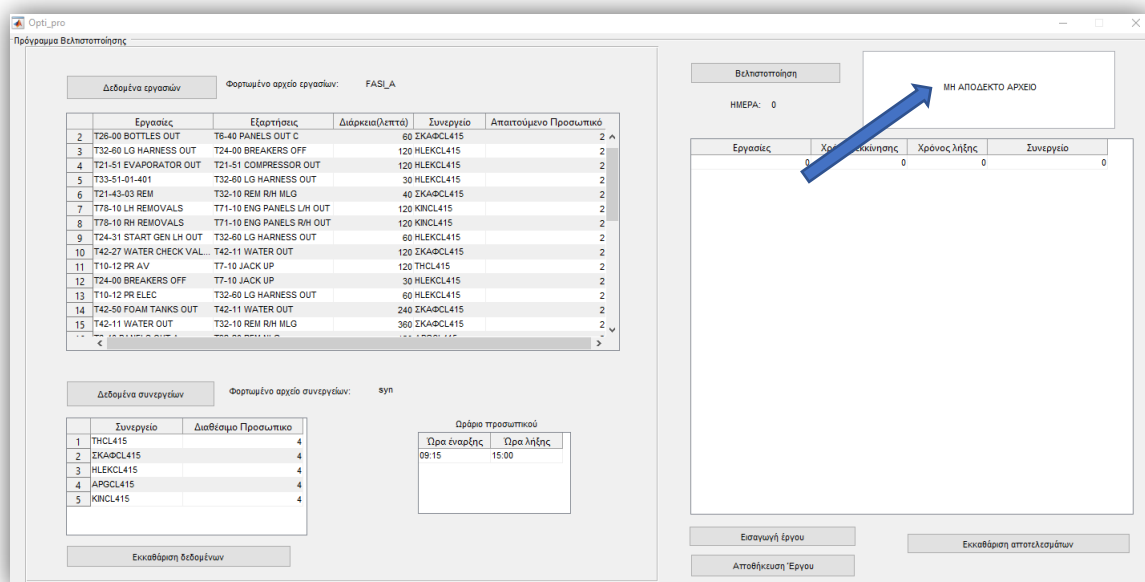
Έστω ότι το έργο που παρουσιάζεται στην εικόνα 35 βρίσκεται στην 2<sup>η</sup> ημέρα των εργασιών. Πατώντας το κουμπί της αποθήκευσης εμφανίζεται ένα παράθυρο στον χρήστη που του ζητάει ένα όνομα για το αρχείο που πρόκειται να δημιουργηθεί. Ονομάζοντας το αρχείο και πατώντας OK η εφαρμογή θα αποθηκεύει στο φάκελο του MATLAB ένα αρχείο excel με τον πίνακα των αποτελεσμάτων. Χρειάζεται η απαραίτητη προσοχή διότι σε περίπτωση που υπάρχει αρχείο με το ίδιο όνομα, το MATLAB θα το αντικαταστήσει. Το αποθηκευμένο αρχείο του παραδείγματος της εικόνας 35 παρουσιάζεται στο παράρτημα της διπλωματικής.



Εικόνα 35: Παράθυρο αποθήκευσης έργου.

## 5.4.2 Εισαγωγή έργου

Σε περίπτωση που ο χρήστης θελήσει να εισάγει στο πρόγραμμα ένα αποθηκευμένο έργο τότε χρειάζεται απλά να πατήσει το κουμπί της εισαγωγής έργου. Το πρόγραμμα θα ανοίξει ένα παράθυρο αναζήτησης των windows όπου ο χρήστης καλείται να επιλέξει το επιθυμητό αρχείο. Επιλέγοντας το σωστό αρχείο εμφανίζεται στο πίνακα αποτελεσμάτων το αποθηκευμένο έργο και η εφαρμογή έχει την δυνατότητα να συνεχίσει την βελτιστοποίηση του. Σε αυτή την περίπτωση χρίζεται αναγκαία και η εισαγωγή του απαραίτητου αρχείου δεδομένων. Σε λανθασμένη εισαγωγή έργου το πρόγραμμα εμφανίζει μήνυμα λάθους που ενημερώνει ότι το αρχείο δεν είναι αποδεκτό όπως φαίνεται και στην εικόνα 36.



Εικόνα 36: Μήνυμα σφάλματος κατά την εισαγωγή μη αποδεκτού έργου στο πρόγραμμα

## 5.5 Ελλείψεις προσωπικού

Στα παραπάνω παραδείγματα, παρουσιάστηκαν περιπτώσεις όπου το έργο ήταν ικανό να συνεχιστεί μέχρι την τελική ολοκλήρωση του. Παρόλα αυτά κατά την διάρκεια ενός έργου είναι πολύ πιθανόν να προκύψουν ελλείψεις προσωπικού που να επηρεάσουν σημαντικά την πρόοδο των εργασιών. Έτσι λοιπόν σε αυτήν την παράγραφο θα παρουσιαστούν τέτοιου είδους παραδείγματα καθώς και ο τρόπος που η εφαρμογή ενημερώνει τον χρήστη.

Το πρόγραμμα διαχωρίζει τις ελλείψεις προσωπικού σε δύο βασικές κατηγορίες με βάση την πρόοδο του έργου:

**1<sup>η</sup> περίπτωση:** Το έργο μπορεί να συνεχίσει την πρόοδο του εκτελώντας εργασίες που δεν επηρεάζονται από την έλλειψη του προσωπικού.

Για παράδειγμα στην εικόνα 37 παρουσιάζεται η φάση Α της ετήσιας συντήρησης με το κάθε συνεργείο να απαρτίζεται από 2 εργάτες. Το έργο βρίσκεται στην 1<sup>η</sup> μέρα εργασιών και παρατηρείται πως για την 2<sup>η</sup> μέρα έχουν προγραμματιστεί εργασίες για όλα τα συνεργεία. Με τα συγκεκριμένα στοιχεία το έργο αναμένεται να ολοκληρωθεί την 7<sup>η</sup> ημέρα. Έστω ότι το διαθέσιμο προσωπικό για το συνεργείο των ηλεκτρολόγων (HLEKCL415) γίνεται 0. Πατώντας το κουμπί της βελτιστοποίησης τα αποτελέσματα για την 2<sup>η</sup> ημέρα εμφανίζονται στην εικόνα 38. Αρχικά όπως είναι αναμενόμενο στον πίνακα των αποτελεσμάτων δεν υπάρχουν εργασίες του συνεργείου των ηλεκτρολόγων καθώς το εν λόγω συνεργείο δεν έχει διαθέσιμο προσωπικό. Επιπλέον, το πρόγραμμα ενημερώνει τον χρήστη για την έλλειψη που παρουσιάστηκε εμφανίζοντας μήνυμα ότι το έργο δεν μπορεί να ολοκληρωθεί με τις υπόλοιπες εργασίες να μπορούν να συνεχιστούν μέχρι την 6<sup>η</sup> ημέρα.

Opti\_pro  
Πρόγραμμα Βελτιστοποίησης

Δεδομένα εργασιών Φορτωμένο αρχείο εργασιών: FASLA

Εργασίες	Εξαρτήσεις	Διάρκεια(λεπτά)	Συνεργείο	Απαιτούμενο Προσωπικό
1 T26-00 BOTTLES OUT	T72-00 POWER ASS PRE	60	ΣΚΑΦCL415	2
2 T26-00 BOTTLES OUT	T6-40 PANELS OUT C	60	ΣΚΑΦCL415	2
3 T32-60 LG HARNESS OUT	T24-00 BREAKERS OFF	120	HLEKCL415	2
4 T21-51 EVAPORATOR OUT	T21-51 COMPRESSOR OUT	120	HLEKCL415	2
5 T33-51-01-401	T32-60 LG HARNESS OUT	30	HLEKCL415	2
6 T21-43-03 REM	T32-10 REM RH MLG	40	ΣΚΑΦCL415	2
7 T78-10 LH REMOVALS	T71-10 ENG PANELS LH OUT	120	ΚΙΝCL415	2
8 T78-10 RH REMOVALS	T71-10 ENG PANELS RH OUT	120	ΚΙΝCL415	2
9 T24-31 START GEN LH OUT	T32-60 LG HARNESS OUT	60	HLEKCL415	2
10 T42-27 WATER CHECK VAL...	T42-11 WATER OUT	120	ΣΚΑΦCL415	2
11 T10-12 PR AV	T7-10 JACK UP	120	THCL415	2
12 T24-00 BREAKERS OFF	T7-10 JACK UP	30	HLEKCL415	2
13 T10-12 PR ELEC	T32-60 LG HARNESS OUT	60	HLEKCL415	2
14 T42-50 FOAM TANKS OUT	T42-11 WATER OUT	240	ΣΚΑΦCL415	2

Δεδομένα συνεργείων Φορτωμένο αρχείο συνεργείων: syn

Συνεργείο	Διαθέσιμο Προσωπικό
1 THCL415	2
2 ΣΚΑΦCL415	2
3 HLEKCL415	2
4 APGCL415	2
5 ΚΙΝCL415	2

Εκκαθάριση δεδομένων

Βελτιστοποίηση

ΟΛΟΚΛΗΣΩΣΗ ΕΡΓΟΥ ΤΗΝ 7η ΗΜΕΡΑ  
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ: 7/31  
ΗΜΕΡΑ: 1  
ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΕΣ ΩΡΕΣ: 33.75 hrs

Εργασίες	Χρόνος εκκίνησης	Χρόνος λήξης	Συνεργείο
ΗΜΕΡΑ 1			
T12-25 ACFT CLEANING PRE	09:15	11:15	ΣΚΑΦCL415
T72-00 RECOVERY & TURBL	09:15	11:45	ΚΙΝCL415
T10-00 HANGAR IN	11:15	12:15	ΣΚΑΦCL415
T6-40/08	12:15	12:45	THCL415
T7-10 JACK UP	12:15	13:15	ΣΚΑΦCL415
T24-00 BREAKERS OFF	13:15	13:45	HLEKCL415
T32-10 REM LH MLG	13:15	15:00	ΣΚΑΦCL415,APGCL415
T71-10 ENG PANELS LH OUT	13:15	14:15	ΚΙΝCL415
ΗΜΕΡΑ 2			
T10-12 PR AV	09:15	11:15	THCL415
T32-10 REM LH MLG	09:15	13:30	ΣΚΑΦCL415,APGCL415
T32-60 LG HARNESS OUT	09:15	11:15	HLEKCL415
T71-10 ENG PANELS RH OUT	09:15	10:15	ΚΙΝCL415
T72-00 POWER ASS PRE	10:15	12:15	ΚΙΝCL415
T21-51 COMPRESSOR OUT	11:15	13:15	HLEKCL415
T78-10 LH REMOVALS	12:15	14:15	ΚΙΝCL415
T10-12 PR ELEC	13:15	14:15	HLEKCL415
T32-10 REM RH MLG	13:30	15:00	ΣΚΑΦCL415,APGCL415
T33-51-01-401	14:15	14:45	HLEKCL415
ΗΜΕΡΑ 3			
T21-51 EVAPORATOR OUT	09:15	11:15	HLEKCL415
T32-10 REM RH MLG	09:15	13:45	ΣΚΑΦCL415,APGCL415

Εισαγωγή έργου Επισήμανση αποτελεσμάτων  
Αποθήκευση Έργου

Εικόνα 37: Παράδειγμα εργασιών φάσης Α

Opti\_pro  
Πρόγραμμα Βελτιστοποίησης

Δεδομένα εργασιών Φορτωμένο αρχείο εργασιών: FASLA

	Εργασία	Εξαρτήσεις	Διάρκεια(λεπτά)	Συνεργείο	Απαιτούμενο Προσωπικό
1	T26-00 BOTTLES OUT	T72-00 POWER ASS PRE	60	ΣΚΑΦCL415	2
2	T26-00 BOTTLES OUT	T6-40 PANELS OUT C	60	ΣΚΑΦCL415	2
3	T32-60 LG HARNESS OUT	T24-00 BREAKERS OFF	120	ΗΛΕΚCL415	2
4	T21-51 EVAPORATOR OUT	T21-51 COMPRESSOR OUT	120	ΗΛΕΚCL415	2
5	T33-51-01-401	T32-60 LG HARNESS OUT	30	ΗΛΕΚCL415	2
6	T21-43-03 REM	T32-60 REM RH MLG	40	ΣΚΑΦCL415	2
7	T78-10 LH REMOVALS	T71-10 ENG PANELS LH OUT	120	ΚΙΝCL415	2
8	T78-10 RH REMOVALS	T71-10 ENG PANELS RH OUT	120	ΚΙΝCL415	2
9	T24-31 START GEN LH OUT	T32-60 LG HARNESS OUT	60	ΗΛΕΚCL415	2
10	T42-27 WATER CHECK VAL...	T42-11 WATER OUT	120	ΣΚΑΦCL415	2
11	T10-12 PR AV	T7-10 JACK UP	120	THCL415	2
12	T24-00 BREAKERS OFF	T7-10 JACK UP	30	ΗΛΕΚCL415	2
13	T10-12 PR ELEC	T32-60 LG HARNESS OUT	60	ΗΛΕΚCL415	2
14	T42-50 FOAM TANKS OUT	T42-11 WATER OUT	240	ΣΚΑΦCL415	2

Δεδομένα συνεργείων Φορτωμένο αρχείο συνεργείων: syn

	Συνεργείο	Διαθέσιμο Προσωπικό
1	THCL415	2
2	ΣΚΑΦCL415	2
3	ΗΛΕΚCL415	2
4	ΑΡGCL415	2
5	ΚΙΝCL415	2

Εκκαθάριση δεδομένων

Βελτιστοποίηση

ΜΗ ΟΛΟΚΛΗΩΣΗ ΕΡΓΟΥ: ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ 6η ΗΜΕΡΑ  
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ: 12/31  
ΗΜΕΡΑ: 2  
ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΕΣ ΩΡΕΣ ΕΩΣ ΤΗΝ ΕΛΛΕΙΨΗ: 18.25 hrs

Εργασία	Χρόνος εκκίνησης	Χρόνος λήξης	Συνεργείο
ΗΜΕΡΑ 2			
T10-12 PR AV	09:15	11:15	THCL415
T32-10 REM LH MLG	09:15	13:30	ΣΚΑΦCL415, ΑΡGCL415
T71-10 ENG PANELS RH OUT	09:15	10:15	ΚΙΝCL415
T72-00 POWER ASS PRE	10:15	12:15	ΚΙΝCL415
T78-10 LH REMOVALS	12:15	14:15	ΚΙΝCL415
T32-10 REM RH MLG	13:30	15:00	ΣΚΑΦCL415, ΑΡGCL415
ΗΜΕΡΑ 3			
T32-10 REM RH MLG	09:15	13:45	ΣΚΑΦCL415, ΑΡGCL415
T78-10 RH REMOVALS	09:15	11:15	ΚΙΝCL415
T42-11 WATER OUT	13:45	15:00	ΣΚΑΦCL415
ΗΜΕΡΑ 4			
T42-11 WATER OUT	09:15	14:00	ΣΚΑΦCL415
T42-50 FOAM TANKS OUT	14:00	15:00	ΣΚΑΦCL415
ΗΜΕΡΑ 5			
T42-50 FOAM TANKS OUT	09:15	12:15	ΣΚΑΦCL415
T42-27 WATER CHECK VAL...	12:15	14:15	ΣΚΑΦCL415
T21-43-03 REM	14:15	14:55	ΣΚΑΦCL415
ΗΜΕΡΑ 6			
T10-12 PR FRAME	09:15	10:15	ΣΚΑΦCL415

Εισαγωγή έργου Εκκαθάριση αποτελεσμάτων  
Αποθήκευση Έργου

Εικόνα 38: Παράδειγμα εργασιών φάσης Α με προσωπικό ηλεκτρολόγων ίσο με 0

Συνεχίζοντας την βελτιστοποίηση μέχρι την 6<sup>η</sup> ημέρα διατηρώντας τα ίδια δεδομένα ο πίνακας των αποτελεσμάτων δεν θα αλλάξει. Θεωρώντας ότι με την ολοκλήρωση της 6<sup>ης</sup> μέρας το προσωπικό των ηλεκτρολόγων γίνεται 6 άτομα τότε πατώντας βελτιστοποίηση τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην εικόνα 39. Πραγματοποιώντας αυτήν την αλλαγή φαίνεται πως η φάση Α αναμένεται να ολοκληρωθεί την 9<sup>η</sup> μέρα. Στις ημέρες 7,8 και 9 παρουσιάζονται εργασίες κυρίως από το συνεργείο των ηλεκτρολόγων παρόλα αυτά διαπιστώνεται και η ύπαρξη εργασιών από διαφορετικά συνεργεία, όπως για παράδειγμα η εργασία T32-20 REM NLG που ανήκει στα συνεργεία των σκαφών (ΣΚΑΦCL415) και των τεχνικών γραμμής πτήσεων (ΑΡGCL415). Η συγκεκριμένη εργασία δεν πραγματοποιήθηκε τις προηγούμενες μέρες καθώς για την εκκίνηση της είναι αναγκαία η λήξη της εργασίας T32-60 LG HARNESS OUT που ανήκει στο συνεργείο των ηλεκτρολόγων όπου είχε παρουσιαστεί η έλλειψη.

Opti\_pro  
Πρόγραμμα Βελτιστοποίησης

Δεδομένα εργασιών Φορτωμένο αρχείο εργασιών: FASLA

	Εργασία	Εξαρτήσεις	Διάρκεια(λεπτά)	Συνεργείο	Απαιτούμενο Προσωπικό
1	T26-00 BOTTLES OUT	T72-00 POWER ASS PRE	60	ΣΚΑΦCL415	2
2	T26-00 BOTTLES OUT	T6-40 PANELS OUT C	60	ΣΚΑΦCL415	2
3	T32-60 LG HARNESS OUT	T24-00 BREAKERS OFF	120	ΗΛΕΚCL415	2
4	T21-51 EVAPORATOR OUT	T21-51 COMPRESSOR OUT	120	ΗΛΕΚCL415	2
5	T33-51-01-401	T32-60 LG HARNESS OUT	30	ΗΛΕΚCL415	2
6	T21-43-03 REM	T32-60 REM RH MLG	40	ΣΚΑΦCL415	2
7	T78-10 LH REMOVALS	T71-10 ENG PANELS LH OUT	120	ΚΙΝCL415	2
8	T78-10 RH REMOVALS	T71-10 ENG PANELS RH OUT	120	ΚΙΝCL415	2
9	T24-31 START GEN LH OUT	T32-60 LG HARNESS OUT	60	ΗΛΕΚCL415	2
10	T42-27 WATER CHECK VAL...	T42-11 WATER OUT	120	ΣΚΑΦCL415	2
11	T10-12 PR AV	T7-10 JACK UP	120	THCL415	2
12	T24-00 BREAKERS OFF	T7-10 JACK UP	30	ΗΛΕΚCL415	2
13	T10-12 PR ELEC	T32-60 LG HARNESS OUT	60	ΗΛΕΚCL415	2
14	T42-50 FOAM TANKS OUT	T42-11 WATER OUT	240	ΣΚΑΦCL415	2

Δεδομένα συνεργείων Φορτωμένο αρχείο συνεργείων: syn

	Συνεργείο	Διαθέσιμο Προσωπικό
1	THCL415	2
2	ΣΚΑΦCL415	2
3	ΗΛΕΚCL415	6
4	ΑΡGCL415	2
5	ΚΙΝCL415	2

Εκκαθάριση δεδομένων

Βελτιστοποίηση

ΟΛΟΚΛΗΩΣΗ ΕΡΓΟΥ ΤΗΝ 9η ΗΜΕΡΑ  
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ: 28/31  
ΗΜΕΡΑ: 7  
ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΕΣ ΩΡΕΣ: 8.75 hrs

Εργασία	Χρόνος εκκίνησης	Χρόνος λήξης	Συνεργείο
ΗΜΕΡΑ 6			
T42-27 WATER CHECK VAL...	12:15	14:15	ΣΚΑΦCL415
T21-43-03 REM	14:15	14:55	ΣΚΑΦCL415
ΗΜΕΡΑ 7			
T10-12 PR FRAME	09:15	10:15	ΣΚΑΦCL415
ΗΜΕΡΑ 8			
T32-60 LG HARNESS OUT	09:15	11:15	ΗΛΕΚCL415
T10-12 PR ELEC	11:15	12:15	ΗΛΕΚCL415
T21-51 COMPRESSOR OUT	11:15	13:15	ΗΛΕΚCL415
T24-31 START GEN LH OUT	11:15	12:15	ΗΛΕΚCL415
T32-20 REM NLG	11:15	14:15	ΣΚΑΦCL415, ΑΡGCL415
T24-31 START GEN RH OUT	12:15	13:15	ΗΛΕΚCL415
T33-51-01-401	12:15	12:45	ΗΛΕΚCL415
ΗΜΕΡΑ 9			
T21-51 EVAPORATOR OUT	09:15	11:15	ΗΛΕΚCL415
T6-40 PANELS OUT A	09:15	11:15	ΑΡGCL415
T6-40 PANELS OUT B	11:15	13:15	ΑΡGCL415
ΗΜΕΡΑ 9			
T6-40 PANELS OUT C	09:15	11:15	ΑΡGCL415
T26-00 BOTTLES OUT	11:15	12:15	ΣΚΑΦCL415

Εισαγωγή έργου Εκκαθάριση αποτελεσμάτων  
Αποθήκευση Έργου

Εικόνα 39: Αποτελέσματα φάσης Α θέτοντας το προσωπικό των ηλεκτρολόγων ίσο με 6 άτομα

**2<sup>η</sup> περίπτωση:** Το έργο δεν μπορεί να συνεχίσει την πρόοδο του καθώς καμία εργασία δεν είναι εφικτό να πραγματοποιηθεί.

Για παράδειγμα θα χρησιμοποιηθεί η φάση Δ που απεικονίζεται στην εικόνα 40. Παρατηρείται πως για την ημέρα 3 έχουν προγραμματιστεί αρκετές εργασίες που ανήκουν στα συνεργεία των ηλεκτρολόγων, σκαφών και τηλεπικοινωνιών (THCL415). Θέτοντας το διαθέσιμο προσωπικό των τηλεπικοινωνιών ίσο με 0 και πατώντας βελτιστοποίηση το πρόγραμμα εμφανίζει στον χρήστη ότι κατά την 3<sup>η</sup> ημέρα θα υπάρχει έλλειψη προσωπικού, επομένως δεν θα μπορεί να πραγματοποιηθεί καμία εργασία όπως φαίνεται και στη εικόνα 41. Αυτό συμβαίνει διότι οι εργασίες που δεν έχουν ολοκληρωθεί ακόμα εξαρτώνται από την T5 END OF FUNCT/OPS CHECKS όπου με την σειρά της δεν είναι ικανή να ξεκινήσει διότι δεν υπάρχει το απαραίτητο διαθέσιμο προσωπικό. Έτσι λοιπόν διαπιστώνεται πως όσο το προσωπικό των τηλεπικοινωνιών παραμένει ίσο με 0, τόσο αναμένεται να καθυστερήσει και η συνέχιση της φάσης Δ.

**Πρόγραμμα Βελτιστοποίησης**

Δεδομένα εργασιών: Φορτωμένο αρχείο εργασιών: FASLE

Εργασίες	Εξαρτήσεις	Διάρκεια(λεπτά)	Συνεργείο	Απαιτούμενο Προσωπικό
43	END OF FUNCT/OPS CHE...	T26-00 FIRE PROT CHECKS	1 THCL415	2
44	END OF FUNCT/OPS CHE...	T27-00 FC ELECTRICAL TEST	1 THCL415	2
45	END OF FUNCT/OPS CHE...	T73-30 ENG FUEL CHECKS	1 THCL415	2
46	END OF FUNCT/OPS CHE...	T27-00 FC HYDRAULIC TEST	1 THCL415	2
47	END OF FUNCT/OPS CHE...	T27-10 ALERONS CHECK	1 THCL415	2
48	END OF FUNCT/OPS CHE...	T27-30 ELEVATOR CHECK	1 THCL415	2
49	END OF FUNCT/OPS CHE...	T27-70-01-501	1 THCL415	2
50	END OF FUNCT/OPS CHE...	T42-50 FOAM SYSTEM CHE...	1 THCL415	2
51	END OF FUNCT/OPS CHE...	T34-12-01-501	1 THCL415	2
52	END OF FUNCT/OPS CHE...	T33-LIGHTS CHECK	1 THCL415	2
53	END OF FUNCT/OPS CHE...	T42-00 WATER CHECK	1 THCL415	2
54	END OF FUNCT/OPS CHE...	T32-43-00-501	1 THCL415	2
55	END OF FUNCT/OPS CHE...	T34-10-00-501	1 THCL415	2
56	END OF FUNCT/OPS CHE...	T32-30 UP DOWN	1 THCL415	2

Δεδομένα συνεργείων: Φορτωμένο αρχείο συνεργείων: syn

Συνεργείο	Διαθέσιμο Προσωπικό
1 THCL415	4
2 SKAACL415	4
3 HLEKCL415	4
4 APGCL415	4
5 KNCL415	4

Εκκαθάριση δεδομένων

**Βελτιστοποίηση**

ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΕΡΓΟΥ ΤΗΝ 3<sup>η</sup> ΗΜΕΡΑ  
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ: 37/73  
ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΕΣ ΩΡΕΣ: 26.533 hrs

ΗΜΕΡΑ: 2

Εργασίες	Χρόνος εκκίνησης	Χρόνος λήξης	Συνεργείο
T32-60-01-501	11:50	12:20	HLEKCL415
T42-33-03-501	12:00	12:20	HLEKCL415
T29-00 HUD SAMPLE	14:30	15:00	THCL415
ΗΜΕΡΑ 3			
T28-00 SHUT OFF CHECK	09:15	12:15	THCL415
T32-30 UP DOWN	09:15	12:16	THCL415
T28-25 FUEL CHECKS	12:15	13:15	THCL415
T32-43-00-501	12:16	14:16	THCL415
T32-43 BRAKE NSP	13:15	14:15	THCL415
T30-43 WASHER SYSTEM C...	14:15	14:45	THCL415
T5 END OF FUNCT/OPS CHE...	14:16	14:17	THCL415
T24-00 BREAKERS ON	14:17	14:47	HLEKCL415
T24-33 BATT RESTORE	14:17	15:00	HLEKCL415
T32-41-01-403	14:17	15:00	SKAACL415
T34-11-00-501	14:17	14:32	THCL415
T42-27 HYD OUT	14:32	14:33	THCL415
ΗΜΕΡΑ 4			
T10-30 DEPR ELEC	09:15	10:15	APGCL415
T10-30 DEPR FRAME	09:15	12:15	THCL415
T24-33 BATT RESTORE	09:15	09:32	HLEKCL415
T31-31 ULB CHECK	09:15	11:15	APGCL415
T32-41-01-403	09:15	10:32	SKAACL415
T71-10 ENG PANELS LHM IN	09:15	11:15	KINCL415

Εισαγωγή έργου  
Αποθήκευση Έργου  
Εκκαθάριση αποτελεσμάτων

Εικόνα 40: Παράδειγμα προγραμματισμένων εργασιών φάσης Δ

**Πρόγραμμα Βελτιστοποίησης**

Δεδομένα εργασιών: Φορτωμένο αρχείο εργασιών: FASLE

Εργασίες	Εξαρτήσεις	Διάρκεια(λεπτά)	Συνεργείο	Απαιτούμενο Προσωπικό
43	END OF FUNCT/OPS CHE...	T26-00 FIRE PROT CHECKS	1 THCL415	2
44	END OF FUNCT/OPS CHE...	T27-00 FC ELECTRICAL TEST	1 THCL415	2
45	END OF FUNCT/OPS CHE...	T73-30 ENG FUEL CHECKS	1 THCL415	2
46	END OF FUNCT/OPS CHE...	T27-00 FC HYDRAULIC TEST	1 THCL415	2
47	END OF FUNCT/OPS CHE...	T27-10 ALERONS CHECK	1 THCL415	2
48	END OF FUNCT/OPS CHE...	T27-30 ELEVATOR CHECK	1 THCL415	2
49	END OF FUNCT/OPS CHE...	T27-70-01-501	1 THCL415	2
50	END OF FUNCT/OPS CHE...	T42-50 FOAM SYSTEM CHE...	1 THCL415	2
51	END OF FUNCT/OPS CHE...	T34-12-01-501	1 THCL415	2
52	END OF FUNCT/OPS CHE...	T33-LIGHTS CHECK	1 THCL415	2
53	END OF FUNCT/OPS CHE...	T42-00 WATER CHECK	1 THCL415	2
54	END OF FUNCT/OPS CHE...	T32-43-00-501	1 THCL415	2
55	END OF FUNCT/OPS CHE...	T34-10-00-501	1 THCL415	2
56	END OF FUNCT/OPS CHE...	T32-30 UP DOWN	1 THCL415	2

Δεδομένα συνεργείων: Φορτωμένο αρχείο συνεργείων: syn

Συνεργείο	Διαθέσιμο Προσωπικό
1 THCL415	4
2 SKAACL415	4
3 HLEKCL415	4
4 APGCL415	4
5 KNCL415	4

Εκκαθάριση δεδομένων

**Βελτιστοποίηση**

Έλλειψη προσωπικού  
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ: 37/73  
ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΕΣ ΩΡΕΣ: 26.533 hrs

ΗΜΕΡΑ: 3

Εργασίες	Χρόνος εκκίνησης	Χρόνος λήξης	Συνεργείο
T34-21-00-501	13:55	14:55	APGCL415
T31-63 CHP DECT CHECK	14:15	14:35	HLEKCL415
T32-61-07-504	14:35	15:00	HLEKCL415
ΗΜΕΡΑ 2			
T27-00 FC HYDRAULIC TEST	09:15	11:00	HLEKCL415
T27-30 ELEVATOR CHECK	09:15	09:30	THCL415
T30-21-11-501-1	09:15	11:15	KINCL415
T31-61 IDS CHECK	09:15	09:35	APGCL415
T32-61-07-504	09:15	09:50	HLEKCL415
T34-23-00-501	09:15	09:35	APGCL415
T42-00 WATER CHECK	09:15	11:01	THCL415
T42-50 FOAM SYSTEM CHE...	09:30	11:30	THCL415
T73-30 ENG FUEL CHECKS	09:50	11:50	HLEKCL415
T28-15-01-501	11:00	12:00	HLEKCL415
T32-30 UP DOWN	11:01	15:00	THCL415
T27-20 RUDDER CHECK	11:30	14:30	THCL415
T32-60-01-501	11:50	12:20	HLEKCL415
T42-33-03-501	12:00	12:20	HLEKCL415
T29-00 HUD SAMPLE	14:30	15:00	THCL415
ΗΜΕΡΑ 3			
Έλλειψη προσωπικού			

Εισαγωγή έργου  
Αποθήκευση Έργου  
Εκκαθάριση αποτελεσμάτων

Εικόνα 41: Μήνυμα σφάλματος κατά την έλλειψη προσωπικού



## 5.6 Επιπρόσθετα στοιχεία

Όπως προαναφέρθηκε ο βασικός στόχος του προγράμματος είναι ο συντονισμός των εργασιών με βάση το διαθέσιμο προσωπικό και το ωράριο λειτουργίας. Παρόλα αυτά ο χρήστης μπορεί να πάρει επιπλέον χρήσιμες πληροφορίες προσαρμόζοντας τα δεδομένα. Δηλαδή μπορεί μέσω του πειραματισμού των δεδομένων του προσωπικού να δημιουργήσει πιθανά σενάρια και να καταγράψει την συμπεριφορά του συστήματος. Πραγματοποιώντας βελτιστοποίηση για αυτά τα πιθανά σενάρια ο χρήστης μπορεί να επεξεργαστεί τις καινούργιες πληροφορίες έτσι ώστε να είναι καλύτερα προετοιμασμένος για τυχόν παρόμοιες μελλοντικές καταστάσεις.

Επιπλέον το πρόγραμμα μπορεί να προσφέρει την ικανότητα του θεωρητικού συντονισμού με βάση την μέθοδο CPM όπως παρουσιάστηκε και στο κεφάλαιο 4. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί θέτοντας ως τιμή του διαθέσιμου προσωπικού ένα αρκετά μεγάλο νούμερο έτσι ώστε να καλύπτει τις απαιτήσεις όλων των εργασιών. Πραγματοποιώντας την θεωρητική βελτιστοποίηση μπορούμε να πάρουμε αρκετές χρήσιμες πληροφορίες συγκρίνοντας την με την πραγματική. Για παράδειγμα θέτοντας το διαθέσιμο προσωπικό όλων των συνεργείων ίσο με 200 άτομα καθώς και ότι οι εργασίες ξεκινάνε στις 9:00πμ και τελειώνουν στις 3:00μμ τότε εκτελώντας βελτιστοποίηση για την φάση Α της ετήσιας συντήρησης τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στη εικόνα 42. Παρατηρείται πως το έργο αναμένεται να τελειώσει την 5<sup>η</sup> ημέρα στις 11:00πμ. Αθροίζοντας τις συνολικές εργατοώρες υπολογίζονται ίσες με 1560 λεπτά δηλαδή όσο υπολογίστηκαν και με την θεωρητική μέθοδο CPM στο κεφάλαιο 4. Αν πραγματοποιήσουμε εξ αρχής καινούργια βελτιστοποίηση με δεδομένο ότι το διαθέσιμο προσωπικό είναι ίσο με 4 άτομα για όλα τα συνεργεία τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην εικόνα 43.

Opti\_pro  
Πρόγραμμα Βελτιστοποίησης

Δεδομένα εργασιών Φορτωμένο αρχείο εργασιών: FASL\_A

Εργασίες	Εξαρτήσεις	Διάρκεια(λεπτά)	Συνεργείο	Απαιτούμενο Προσωπικό
1 T26-00 BOTTLES OUT	T72-00 POWER ASS PRE	60	ΣΚΑΦCL415	2
2 T26-00 BOTTLES OUT	T6-40 PANELS OUT C	60	ΣΚΑΦCL415	2
3 T32-60 LG HARNESS OUT	T24-00 BREAKERS OFF	120	HLEKCL415	2
4 T21-51 EVAPORATOR OUT	T21-51 COMPRESSOR OUT	120	HLEKCL415	2
5 T33-51-01-401	T32-60 LG HARNESS OUT	30	HLEKCL415	2
6 T21-43-03 REM	T32-10 REM R/H MLG	40	ΣΚΑΦCL415	2
7 T78-10 LH REMOVALS	T71-10 ENG PANELS L/H OUT	120	KINCL415	2
8 T78-10 RH REMOVALS	T71-10 ENG PANELS R/H OUT	120	KINCL415	2
9 T24-31 START GEN LH OUT	T32-60 LG HARNESS OUT	60	HLEKCL415	2
10 T42-27 WATER CHECK VAL...	T42-11 WATER OUT	120	ΣΚΑΦCL415	2
11 T10-12 PR AV	T7-10 JACK UP	120	THCL415	2
12 T24-00 BREAKERS OFF	T7-10 JACK UP	30	HLEKCL415	2
13 T10-12 PR ELEC	T32-60 LG HARNESS OUT	60	HLEKCL415	2
14 T42-50 FOAM TANKS OUT	T42-11 WATER OUT	240	ΣΚΑΦCL415	2

Δεδομένα συνεργείων Φορτωμένο αρχείο συνεργείων: ΠΑΡΟΥΣΙΟΛΟΓΙΟ

Συνεργείο	Διαθέσιμο Προσωπικό
1 THCL415	200
2 ΣΚΑΦCL415	200
3 HLEKCL415	200
4 ARGCL415	200
5 KINCL415	200

Εκκαθάριση δεδομένων

Βελτιστοποίηση

ΟΛΟΚΛΗΩΣΗ ΕΡΓΟΥ ΤΗΝ 5η ΗΜΕΡΑ  
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ: 11/31  
ΗΜΕΡΑ: 1  
ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΕΣ ΩΡΕΣ: 20 hrs

Εργασίες	Χρόνος εκκίνησης	Χρόνος λήξης	Συνεργείο
T21-51 COMPRESSOR OUT	11:00	13:00	HLEKCL415
T24-31 START GEN LH OUT	11:00	12:00	HLEKCL415
T24-31 START GEN RH OUT	11:00	12:00	HLEKCL415
T32-20 REM NLG	11:00	14:00	ΣΚΑΦCL415, ARGCL415
T33-51-01-401	11:00	11:30	HLEKCL415
T21-51 EVAPORATOR OUT	13:00	15:00	HLEKCL415
T32-10 REM R/H MLG	13:00	15:00	ΣΚΑΦCL415, ARGCL415

ΗΜΕΡΑ 3

Εργασίες	Χρόνος εκκίνησης	Χρόνος λήξης	Συνεργείο
T32-10 REM R/H MLG	09:00	13:00	ΣΚΑΦCL415, ARGCL415
T6-40 PANELS OUT A	09:00	11:00	ARGCL415
T6-40 PANELS OUT B	11:00	13:00	ARGCL415
T21-43-03 REM	13:00	13:40	ΣΚΑΦCL415
T42-11 WATER OUT	13:00	15:00	ΣΚΑΦCL415
T6-40 PANELS OUT C	13:00	15:00	ARGCL415

ΗΜΕΡΑ 4

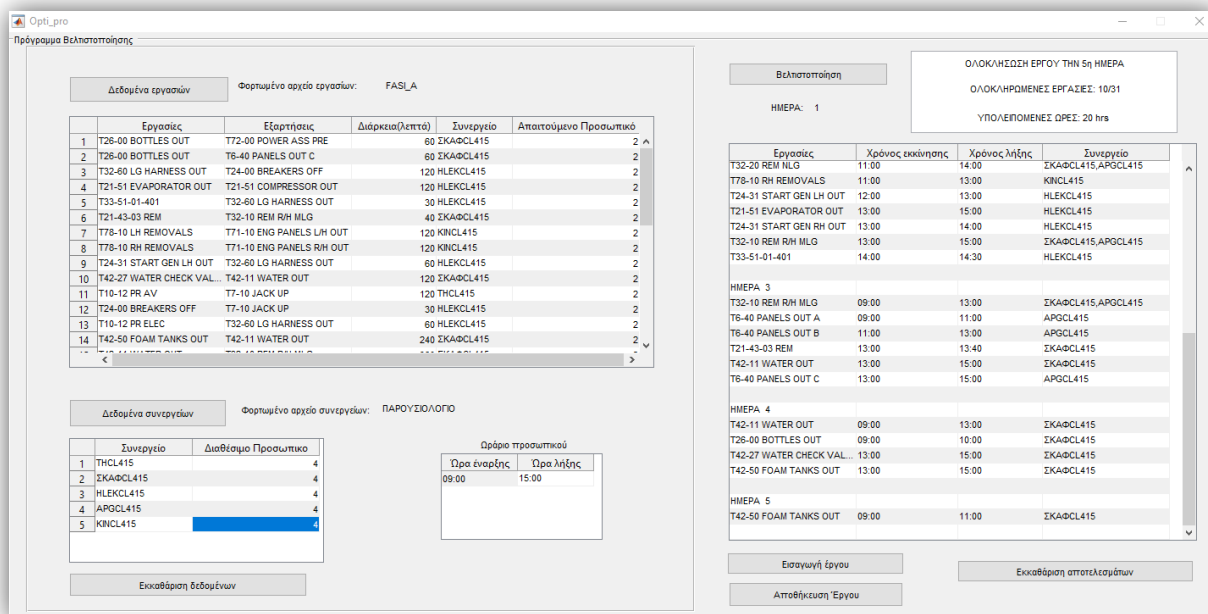
Εργασίες	Χρόνος εκκίνησης	Χρόνος λήξης	Συνεργείο
T42-11 WATER OUT	09:00	13:00	ΣΚΑΦCL415
T26-00 BOTTLES OUT	09:00	10:00	ΣΚΑΦCL415
T42-27 WATER CHECK VAL...	13:00	15:00	ΣΚΑΦCL415
T42-50 FOAM TANKS OUT	13:00	15:00	ΣΚΑΦCL415

ΗΜΕΡΑ 5

Εργασίες	Χρόνος εκκίνησης	Χρόνος λήξης	Συνεργείο
T42-50 FOAM TANKS OUT	09:00	11:00	ΣΚΑΦCL415

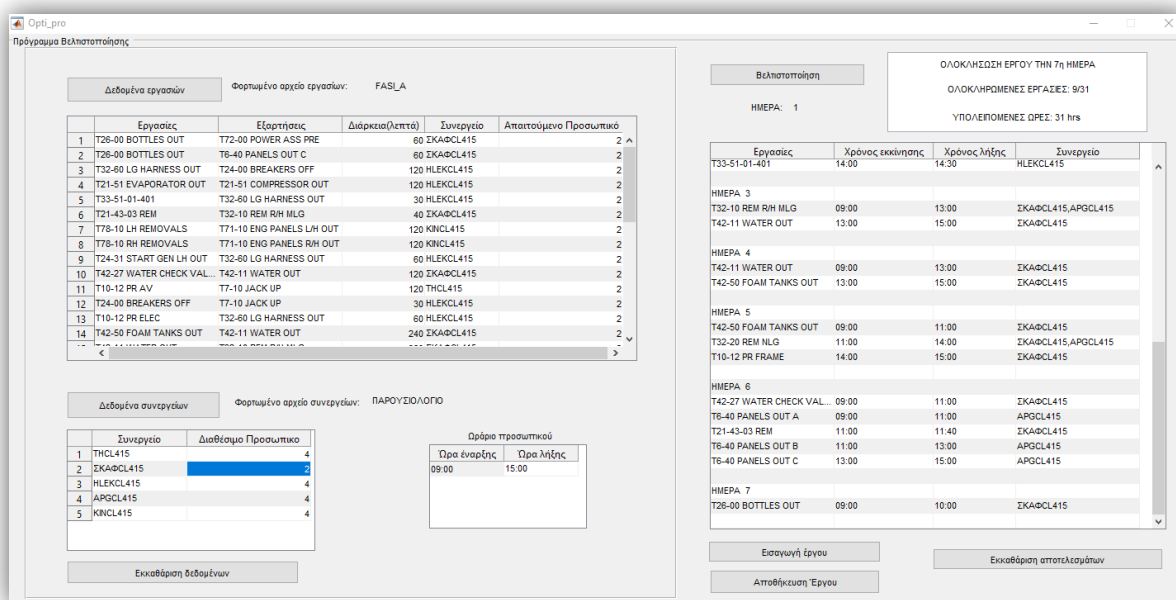
Εισαγωγή έργου Εκκαθάριση αποτελεσμάτων  
Αποθήκευση Έργου

Εικόνα 42: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης με διαθέσιμο προσωπικό ίσο με 200 άτομα για κάθε συνεργείο



Εικόνα 43: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης με διαθέσιμο προσωπικό ίσο με 4 άτομα για κάθε συνεργείο

Παρατηρείται πως η αναμενόμενη λήξη του έργου είναι η ίδια με την προηγούμενη περίπτωση ακόμα και μετά την τεράστια μείωση του προσωπικού. Έτσι λοιπόν εκτός από τον θεωρητικό συντονισμό με την μέθοδο CPM το πρόγραμμα μέσω ενός πιθανού σεναρίου έδωσε την πληροφορία στον χρήστη πως το διαθέσιμο προσωπικό για το εκάστοτε συνεργείο δεν χρειάζεται να ξεπερνάει τα 4 άτομα για να επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα. Συνεχίζοντας με ένα καινούργιο σενάριο, θεωρείται πως το διαθέσιμο προσωπικό του συνεργείου των σκαφών μειώνεται σε 2 άτομα με το προσωπικό των υπόλοιπων συνεργείων να παραμένει ίσο με 4. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στη εικόνα 44. Παρατηρείται ότι η αναμενόμενη λήξη μεταφέρθηκε από την 5<sup>η</sup> στην 7<sup>η</sup> ημέρα και άρα θα υπάρξει μία καθυστέρηση 2 ημερών σε σχέση με την βέλτιστη περίπτωση. Πραγματοποιώντας με αντίστοιχο τρόπο καινούργια σενάρια και περιπτώσεις μπορούμε να κερδίσουμε παρόμοιες χρήσιμες πληροφορίες για όλες τις φάσεις του έργου.



Εικόνα 44: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης με μειωμένο προσωπικό στο συνεργείο των ΣΚΑΦCL415



## 5.7 Αποτελέσματα ετήσιας συντήρησης με την χρήση του προγράμματος

Στο κεφάλαιο 4 υπολογίστηκε ο θεωρητικός συντονισμός της ετήσιας συντήρησης του αεροσκάφους CL-415 για 2 διαφορετικές περιπτώσεις. Στην 1<sup>η</sup> περίπτωση η εκκίνηση της εκάστοτε φάσης απαιτούσε την ολοκλήρωση της προηγούμενης ενώ στην 2<sup>η</sup> περίπτωση οι φάσεις ήταν ανεξάρτητες μεταξύ τους. Και στις 2 περιπτώσεις το προσωπικό θεωρήθηκε δεδομένο πως καλύπτει όλες τις ανάγκες των εργασιών. Με την χρήση του προγράμματος θα υπολογιστεί για τις αντίστοιχες περιπτώσεις ο αναμενόμενος χρόνος ολοκλήρωσης των φάσεων για διάφορες πιθανές τιμές του διαθέσιμου προσωπικού των συνεργείων.

- **Περίπτωση 1:** Η εκκίνηση της εκάστοτε φάσης προϋποθέτει την ολοκλήρωση της προηγούμενης.

Ο συνολικός θεωρητικός χρόνος είχε υπολογιστεί στο κεφάλαιο 4 ίσος με 4712 λεπτά. Για την εκτίμηση του χρόνου ολοκλήρωσης της εκάστοτε φάσης θεωρήθηκε ότι ο αριθμός των εργαζομένων είναι ίδιος για όλα τα υπεύθυνα συνεργεία. Πραγματοποιώντας τους απαραίτητους υπολογισμούς τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 12.

Διαθέσιμο προσωπικό ανά συνεργείο	Φάση Α (λεπτά)	Φάση Β (λεπτά)	Φάση Γ (λεπτά)	Φάση Δ (λεπτά)	Διαφορά πραγματικού με θεωρητικού χρόνου
2	2220	3720	3220	3720	-8168
4	1560	1860	1800	2340	-2848
6	1560	1260	1440	2090	-1638
8	1560	930	1020	2040	-838
10	1560	780	1020	2000	-648
12	1560	630	1020	1980	-478
14	1560	540	1020	1980	-388
32	1560	240	1020	1980	-88

Πίνακας 12: Εκτιμώμενοι χρόνοι με την χρήση του προγράμματος στην περίπτωση των εξαρτημένων φάσεων

Παρατηρώντας τον πίνακα 12 συμπεραίνεται ότι ο πραγματικός χρόνος ολοκλήρωσης του έργου πλησιάζει τον θεωρητικό όταν το διαθέσιμο προσωπικό είναι ίσο με 32 άτομα για όλα τα συνεργεία. Παρόλα αυτά είναι φανερό πως για αυτό το αποτέλεσμα ευθύνεται η φάση Β καθώς ο χρόνος των υπόλοιπων 3<sup>ων</sup> φάσεων έχει ελαχιστοποιηθεί από την τιμή των 12 ατόμων. Η μικρή απόκλιση της τάξεως των -88 λεπτών με το βέλτιστο αποτέλεσμα ευθύνεται στην φάση Δ και αυτό συμβαίνει διότι ο κώδικας του προγράμματος έχει προγραμματιστεί να μην πραγματοποιεί παύση για όλες τις εργασίες μεταξύ των ημερών παρά μόνο για όσες ανήκουν στο κρίσιμο μονοπάτι.

- **Περίπτωση 2:** Οι εργασίες πραγματοποιούνται παράλληλα.

Ο θεωρητικός χρόνος υπολογίστηκε στο κεφάλαιο 4 ίσος με 1892 λεπτά. Παρατηρώντας τον πίνακα 13 είναι φανερό πως σε αυτή την περίπτωση η συντήρηση βελτιστοποιείται με την ύπαρξη 12 ατόμων στο εκάστοτε συνεργείο. Η οποιαδήποτε αύξηση στο προσωπικό δεν θα επιφέρει κάποια αλλαγή καθώς η διαφορά του πραγματικού με τον θεωρητικό χρόνο παραμένει σταθερή και ίση με -88 λεπτά. Αυτή η διαφορά είναι η όμοια με την προηγούμενη περίπτωση και ευθύνεται για τον ίδιο λόγο. Η συγκεκριμένη απόκλιση είναι

ικανή να εξαλειφθεί αφαιρώντας τον περιορισμό που αποτρέπει την παύση των μη κρίσιμων εργασιών μεταξύ των ημερών. Παρόλα αυτά προτιμήθηκε η δημιουργία του συγκεκριμένου περιορισμού για την ορθότερη ολοκλήρωση του έργου.

Διαθέσιμο προσωπικό	Συνολικός χρόνος 1 <sup>ης</sup> περίπτωσης	Συνολικός χρόνος 2 <sup>ης</sup> περίπτωσης	Διαφορά πραγματικού με θεωρητικού χρόνου
2	12880	9320	-7428
4	7560	4680	-2788
6	6350	3120	-1228
8	5550	2340	-448
10	5360	2000	-108
12	5190	1980	-88
14	5100	1980	-88
32	4800	1980	-88

Πίνακας 13: Εκτιμώμενοι χρόνοι με την χρήση του προγράμματος για την περίπτωση των ανεξάρτητων φάσεων

Στις παραπάνω 2 περιπτώσεις οι χρόνοι υπολογίστηκαν μέσω πιθανών σεναρίων όπου το διαθέσιμο προσωπικό είναι ίσο για όλα τα συνεργεία. Παρόλα αυτά η συγκεκριμένη υπόθεση πραγματοποιήθηκε με σκοπό τους ευκολότερους υπολογισμούς και δεν αποτελεί αναγκαία συνθήκη. Για τον εντοπισμό του ελαχίστου προσωπικού που απαιτείται για την επίτευξη του βέλτιστου χρόνου ολοκλήρωσης πραγματοποιήθηκαν καινούργιοι υπολογισμοί μέσω συνδυασμού πιθανών τιμών. Τα τελικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

#### Φάση Α

Συνεργείο	Βέλτιστο απαιτούμενο προσωπικό
THCL415	2
ΣΚΑΦCL415	4
HLEKCL415	2
APGCL415	4
KINCL415	2
Αναμενόμενος χρόνος ολοκλήρωσης	1560 λεπτά

Πίνακας 14: Βέλτιστο προσωπικό για την ολοκλήρωση της φάσης Α

#### Φάση Β

Συνεργείο	Βέλτιστο απαιτούμενο προσωπικό
THCL415	2
ΣΚΑΦCL415	32
HLEKCL415	4
APGCL415	2
KINCL415	10
Αναμενόμενος χρόνος ολοκλήρωσης	240 λεπτά

Πίνακας 15: Βέλτιστο προσωπικό για την ολοκλήρωση της φάσης Β

### Φάση Γ

Συνεργείο	Βέλτιστο απαιτούμενο προσωπικό
THCL415	2
ΣΚΑΦCL415	8
HLEKCL415	2
APGCL415	0
KINCL415	0
Αναμενόμενος χρόνος ολοκλήρωσης	1020 λεπτά

Πίνακας 16: Βέλτιστο προσωπικό για την ολοκλήρωση της φάσης Γ

### Φάση Δ

Συνεργείο	Βέλτιστο απαιτούμενο προσωπικό
THCL415	10
ΣΚΑΦCL415	2
HLEKCL415	12
APGCL415	2
KINCL415	2
Αναμενόμενος χρόνος ολοκλήρωσης	1980 λεπτά

Πίνακας 17: Βέλτιστο προσωπικό για την ολοκλήρωση της φάσης Δ

- **1<sup>η</sup> περίπτωση:** Εξάρτηση μεταξύ των φάσεων

Στην πρώτη περίπτωση όπου υπάρχει εξάρτηση μεταξύ των φάσεων θα πρέπει το διαθέσιμο προσωπικό να είναι ίσο με τα βέλτιστα αποτελέσματα της εκάστοτε φάσης όπως αυτά παρουσιάζονται στους αντίστοιχους πίνακες. Συνδυάζοντας τα αποτελέσματα ο συνολικός χρόνος ολοκλήρωσης αναμένεται στα 4800 λεπτά.

- **2<sup>η</sup> περίπτωση:** Παράλληλη πραγματοποίηση φάσεων

Σε αυτήν την περίπτωση οι φάσεις μπορούν να πραγματοποιούνται παράλληλα μεταξύ τους με αποτέλεσμα να χρειάζεται εκ νέου συνδυασμός τιμών για τον εντοπισμό της βέλτιστης λύσης. Ο βέλτιστος συνδυασμός παρουσιάζεται στον πίνακα 18.

Συνεργείο	Βέλτιστο απαιτούμενο προσωπικό
THCL415	10
ΣΚΑΦCL415	10
HLEKCL415	12
APGCL415	4
KINCL415	4
Αναμενόμενος χρόνος ολοκλήρωσης	1980 λεπτά

Πίνακας 18: Βέλτιστο προσωπικό για την ολοκλήρωση της ετήσιας συντήρησης με ανεξάρτητες φάσεις

## Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>: Συμπεράσματα

Συνοπτικά ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν να δείξει πως για την επίτευξη ενός πετυχημένου έργου είναι απαραίτητος ο σωστός προγραμματισμός των εργασιών και ο συνεχής έλεγχος καθόλη την πορεία του. Επιπλέον επισημάνθηκε η σημαντική διαφορά μεταξύ της θεωρίας και της πράξης κατά την πραγματοποίηση ενός έργου, διότι ενώ ο θεωρητικός προγραμματισμός με την μέθοδο CPM μπορεί να είναι σχετικά εύκολος, υπό πραγματικές συνθήκες υπάρχουν πολλοί περισσότεροι παράγοντες όπου επηρεάζουν άμεσα την πορεία των εργασιών και επομένως το τελικό αποτέλεσμα.

Οι διαφορές αυτές παρουσιάστηκαν μέσω της ετήσιας συντήρησης του αεροσκάφους CL-415. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκε ο θεωρητικός συντονισμός της ετήσιας συντήρησης όπου και διαπιστώθηκε πως υπό βέλτιστες συνθήκες το έργο απαιτεί περίπου 10 εργάσιμες μέρες για την ολοκλήρωση του. Παρόλα αυτά η θεωρητική βελτιστοποίηση θέτει ως δεδομένο πως το διαθέσιμο προσωπικό καλύπτει όλες τις απαιτήσεις των εργασιών καθόλη την πορεία του έργου. Όπως είναι λογικό, υπό πραγματικές συνθήκες αυτός ο περιορισμός δεν μπορεί να ισχύει πάντα καθώς το διαθέσιμο προσωπικό παρουσιάζει συχνές μεταβολές σε καθημερινά επίπεδα. Αυτές οι συνεχείς αλλαγές ενδεχομένως να έχουν ως αποτέλεσμα την απόκλιση της πορείας του έργου από τον θεωρητικό προγραμματισμό.

Έτσι λοιπόν, κατασκευάζοντας μία εφαρμογή στο περιβάλλον του MATLAB που είχε ως στόχο την επίλυση τέτοιου είδους προβλημάτων, δημιουργήθηκε ένας πιο ρεαλιστικός τρόπος συντονισμού της ετήσιας συντήρησης καθώς προσφέρει την δυνατότητα προγραμματισμού των εργασιών βάσει των πραγματικών δεδομένων. Συγκεκριμένα το πρόγραμμα σχεδιάστηκε να πραγματοποιεί την θεωρητική βελτιστοποίηση της συντήρησης αλλά και να προσφέρει την δυνατότητα επανασυντονισμού των εργασιών σε οποιαδήποτε μεταβολή προκύψει είτε στο διαθέσιμο προσωπικό είτε στο ωράριο λειτουργίας του. Επιπλέον, ένα σημαντικό πλεονέκτημα που προσφέρει το πρόγραμμα είναι ότι δεν στοχεύει στην βελτιστοποίηση μόνο της ετήσιας συντήρησης του αεροσκάφους αλλά και οποιουδήποτε άλλου παρόμοιου έργου.

Τέλος, η μελλοντική αναβάθμιση της λειτουργίας του προγράμματος είναι εφικτή μέσω της ενσωμάτωσης καινούργιων στοιχείων που θα επιτρέψει την πιο ολοκληρωμένη οργάνωση έργου.

Μερικά από αυτά τα στοιχεία είναι:

1. Ημερολόγιο: Να δίνεται η ικανότητα στον χρήστη να επιλέξει την ακριβή ημερομηνία του έργου αλλά και να ξεχωρίσει τις εργάσιμες από τις μη εργάσιμες ημέρες.
2. Πρώτες ύλες: Το πρόγραμμα εκτός από τον έλεγχο του διαθέσιμου προσωπικού, θα μπορεί να ελέγχει και την διαθεσιμότητα των απαραίτητων υλικών-ανταλλακτικών.
3. Οικονομικοί παράγοντες: Προσθέτοντας επιπλέον περιορισμούς, το πρόγραμμα θα μπορεί να προσφέρει την δυνατότητα, εκτός της χρονικής βελτιστοποίησης, να παρουσιάζει και την οικονομικότερη λύση.

## Βιβλιογραφία

1. Χρήστος Γ. Δρυμούσης, Διαχείριση έργων: Βασική προϋπόθεση στρατηγικής ανάπτυξης, 2005
2. Π.Μ Παντουβάκης, Θεωρία και Πράξη στη Διαχείριση Έργου, 2003
3. Project Management Institute, A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) Fourth Edition, 2008
4. Παναγιώτης Β. Κουκλάρης, Project methodology and tools, διπλωματική εργασία 2019
5. Λάμπρος Α. Κόλιας, Διαχείριση Έργων: Μέθοδοι και Εφαρμογές, 2015
6. Μούκα Άννα, Η διοίκηση έργων στην σύγχρονη επιχειρηματική δραστηριότητα, πτυχιακή εργασία 2014
7. Θ. Μητάκος, Πληροφοριακά συστήματα διοίκησης, 2015
8. Π. Φιτσίλης, Σύγχρονα πληροφοριακά συστήματα επιχειρήσεων, 2015
9. Ε. Αδαμίδης, Σχεδιασμός και διοίκηση Βιομηχανικών Μονάδων, 2016
10. Γομάτος Τριαντάφυλλος, Προγραμματισμός Συντήρησης Αεροσκαφών, διπλωματική εργασία 2019

## Παραρτήματα

### Παράρτημα Α: Πίνακες εργασιών

#### Φάση Α

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΕΡΓΑΣΙΑ	ΕΞΑΡΤΗΣΕΙΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (ΛΕΠΤΑ)	ΣΥΝΕΡΓΕΙΟ	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ
A	T26-00 BOTTLES OUT	T72-00 POWER ASS PRE	60	ΣΚΑΦCL415	2
		T6-40 PANELS OUT C	60	ΣΚΑΦCL415	2
B	T32-60 LG HARNESS OUT	T24-00 BREAKERS OFF	120	HLEKCL415	2
C	T21-51 EVAPORATOR OUT	T21-51 COMPRESSOR OUT	120	HLEKCL415	2
D	T33-51-01-401	T32-60 LG HARNESS OUT	30	HLEKCL415	2
E	T21-43-03 REM	T32-10 REM R/H MLG	40	ΣΚΑΦCL415	2
F	T78-10 LH REMOVALS	T71-10 ENG PANELS L/H OUT	120	KINCL415	2
G	T78-10 RH REMOVALS	T71-10 ENG PANELS R/H OUT	120	KINCL415	2
H	T24-31 START GEN LH OUT	T32-60 LG HARNESS OUT	60	HLEKCL415	2
I	T42-27 WATER CHECK VALVES REM	T42-11 WATER OUT	120	ΣΚΑΦCL415	2
J	T10-12 PR AV	T7-10 JACK UP	120	THCL415	2
K	T24-00 BREAKERS OFF	T7-10 JACK UP	30	HLEKCL415	2
L	T10-12 PR ELEC	T32-60 LG HARNESS OUT	60	HLEKCL415	2
M	T42-50 FOAM TANKS OUT	T42-11 WATER OUT	240	ΣΚΑΦCL415	2
N	T42-11 WATER OUT	T32-10 REM R/H MLG	360	ΣΚΑΦCL415	2
O	T6-40 PANELS OUT A	T32-20 REM NLG	120	APGCL415	2
P	T7-10 JACK UP	T10-00 HANGAR IN	60	ΣΚΑΦCL415	2
Q	T10-12 PR FRAME	T7-10 JACK UP	60	ΣΚΑΦCL415	2
R	T12-25 ACFT CLEANING PRE	-	120	ΣΚΑΦCL415	2
S	T71-10 ENG PANELS R/H OUT	T7-10 JACK UP	60	KINCL415	2

T	T72-00 POWER ASS PRE	T72-00 RECOVERY & TURBINE WASH	120	KINCL415	2
U	T72-00 RECOVERY & TURBINE WASH	-	150	KINCL415	2
V	T6-48/08	T10-00 HANGAR IN	30	THCL415	2
W	T24-31 START GEN RH OUT	T32-60 LG HARNESS OUT	60	HLEKCL415	2
X	T71-10 ENG PANELS L/H OUT	T7-10 JACK UP	60	KINCL415	2
Y	T10-00 HANGAR IN	T12-25 ACFT CLEANING PRE	60	ΣΚΑΦCL415	2
Z	T6-40 PANELS OUT B	T6-40 PANELS OUT A	120	APGCL415	2
AA	T6-40 PANELS OUT C	T6-40 PANELS OUT B	120	APGCL415	2
AB	T32-10 REM L/H MLG	T7-10 JACK UP	360	ΣΚΑΦCL415	2
			360	APGCL415	2
AC	T32-10 REM R/H MLG	T32-10 REM L/H MLG	360	ΣΚΑΦCL415	2
			360	APGCL415	2
AD	T32-20 REM NLG	T32-60 LG HARNESS OUT	180	ΣΚΑΦCL415	2
			180	APGCL415	2
AE	T21-51 COMPRESSOR OUT	T32-60 LG HARNESS OUT	120	HLEKCL415	2

### Φάση Β

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΕΡΓΑΣΙΑ	ΕΞΑΡΤΗΣΕΙΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (ΛΕΠΤΑ)	ΣΥΝΕΡΓΕΙΟ	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ
A	T23-11-09-601	-	60	THCL415	2
B	T34-11 PITOT	-	120	THCL415	2
C	T32-60 LG HARNESS ISNP	-	60	HLEKCL415	2
D	T71 LH HLEK IN INSPECTION	-	90	HLEKCL415	2
E	T71 RH HLEK IN INSPECTION	-	90	HLEKCL415	2
F	TS.I. 32-00-00-088	-	30	ΣΚΑΦCL415	2
G	T32-41 WHEEL INSP	-	60	ΣΚΑΦCL415	2
H	T32-31 LG INSPECTION	-	120	ΣΚΑΦCL415	2

I	T42-00 WATER INSPECTION	-	240	ΣΚΑΦCL415	2
J	T42-50 FOAM SYSTEM INSP	-	120	ΣΚΑΦCL415	2
K	T42-41 EMRG WATER INSP	-	60	ΣΚΑΦCL415	2
L	T21-00 A/C INSP	-	120	ΣΚΑΦCL415	2
M	T27-00 TAIL INSPECTIONS	-	240	ΣΚΑΦCL415	2
N	T27-00 FILTERS	-	60	ΣΚΑΦCL415	2
O	T71-00 RH ENGINE INSP	-	180	KINCL415	2
P	T71-00 LH ENGINE INSP	-	180	KINCL415	2
Q	T79-23-00	-	120	KINCL415	2
R	T72-00 RH TUBES/LINES/PIPES	-	120	KINCL415	2
S	T78-10 COMP INSPECTION	-	90	KINCL415	2
T	T72-00 LH TUBES/LINES/PIPES	-	120	KINCL415	2
U	T23-60-00-001	-	60	THCL415	2
V	T26-23 HEATER INSP	-	90	ΣΚΑΦCL415	2
W	TS.I 27-10-00-065	-	210	ΣΚΑΦCL415	2
X	T42-15-09-101	-	120	ΣΚΑΦCL415	2
Y	T26-23-03-501	-	30	HLEKCL415	2
Z	T71-70-00-601	-	60	KINCL415	2
AA	T71-70-00-601-1	-	60	KINCL415	2
AB	T35-30-01-501	-	30	ΣΚΑΦCL415	2
AC	T21-41-00-001	-	120	ΣΚΑΦCL415	2
AD	T53-10-02-001	-	30	ΣΚΑΦCL415	2
AE	T29-13-00-601	-	60	ΣΚΑΦCL415	2
AF	T27-70-01-601	-	60	ΣΚΑΦCL415	2
AG	T26-21 BOTTLES CHECK	-	30	ΣΚΑΦCL415	2
AH	TSB 4253	-	30	HLEKCL415	2
AI	T10-99 FIRST AID KIT CHECK	-	15	APGCL415	2



AJ	T30-21-29-201	-	60	KINCL415	2
AK	T5-27 ZONES 400	-	120	KINCL415	2
AL	T5-27 ZONES 300	-	180	ΣΚΑΦCL415	2
AM	T5-27 ZONES 200	-	180	ΣΚΑΦCL415	2
AN	T5-27 ZONES 100	-	180	ΣΚΑΦCL415	2
AO	T5-27 ZONES 500	-	180	ΣΚΑΦCL415	2
AP	T5-27 ZONES MP	-	120	ΣΚΑΦCL415	2
AQ	T5-27 ZONES 800	-	120	ΣΚΑΦCL415	2
AR	T5-27 ZONES 600	-	180	ΣΚΑΦCL415	2
AS	T5-27 ZONES 700	-	180	ΣΚΑΦCL415	2
AT	T32-10 INSP L/H MLG	-	180	ΣΚΑΦCL415	2
AU	T32-10 INSP R/H MLG	-	180	ΣΚΑΦCL415	2
AV	T32-20 INSP NLG	-	180	ΣΚΑΦCL415	2
AW	T32-43-01-207	-	60	ΣΚΑΦCL415	2

### Φάση Γ

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΕΡΓΑΣΙΑ	ΕΞΑΡΤΗΣΕΙΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (ΛΕΠΤΑ)	ΣΥΝΕΡΓΕΙΟ	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ
A	T21-51 EVAPORATOR IN	-	90	HLEKCL415	2
B	T32-60 LG HARNESS IN	T32-10 INST L/H MLG B	180	HLEKCL415	2
		T32-10 INST R/H MLG B	180	HLEKCL415	2
		T32-20 INST NLG	180	HLEKCL415	2
C	T10-30 DEPR AV	-	120	THCL415	2
D	T21-43-03 INST	-	40	ΣΚΑΦCL415	2
E	T26-00 BOTTLES IN	-	60	ΣΚΑΦCL415	2
F	T42-11 WATER IN	-	360	ΣΚΑΦCL415	2
G	T42-13 WATER DOORS	T42-11 WATER IN	360	ΣΚΑΦCL415	2

H	T32-23-00-501	T32-20 INST NLG	120	ΣΚΑΦCL415	2
I	T42-27-03-401-1	-	120	ΣΚΑΦCL415	1
J	T42-50 FOAM TANKS IN	-	180	ΣΚΑΦCL415	2
K	T24-31 START GEN LH IN	-	60	HLEKCL415	2
L	T24-31 START GEN RH IN	-	60	HLEKCL415	2
M	T32-10 INST L/H MLG B	T32-10 INST L/H MLG A	420	ΣΚΑΦCL415	1
N	T32-10 INST R/H MLG A	-	420	ΣΚΑΦCL415	2
O	T32-20 INST NLG	-	420	ΣΚΑΦCL415	2
P	T32-10 INST L/H MLG A	-	420	ΣΚΑΦCL415	2
Q	T32-10 INST R/H MLG B	T32-10 INST R/H MLG A	420	ΣΚΑΦCL415	2
R	T21-51 COMPRESSOR IN	-	90	HLEKCL415	2

### Φάση Δ

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΕΡΓΑΣΙΑ	ΕΞΑΡΤΗΣΕΙΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (ΛΕΠΤΑ)	ΣΥΝΕΡΓΕΙΟ	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ
A	T78-10 LH INSTALLATION	T5 END OF FUNCT/OPS CHECKS	120	KINCL415	2
B	T78-10 RH INSTALLATION	T5 END OF FUNCT/OPS CHECKS	120	KINCL415	2
C	T76-00 CONTROLS CHECKS	T42-27 HYD IN	90	KINCL415	2
D	T74-00-00-501	T42-27 HYD IN	30	KINCL415	2
E	T74-00-00-501-1	T74-00-00-501	30	KINCL415	2
F	T71-10 ENG PANELS L/H IN	T5 END OF FUNCT/OPS CHECKS	120	KINCL415	2
G	T71-10 ENG PANELS R/H IN	T78-10 LH INSTALLATION	120	KINCL415	2
H	T12-16 REPL ENG OIL	T5 END OF FUNCT/OPS CHECKS	90	KINCL415	2
I	T27-00 FIRST ENG START	T10-00 HANGAR OUT	60	KINCL415	2
J	T61-20 AFCU CHECKS	T42-27 HYD IN	60	KINCL415	2
K	T32-61-07-504	T42-27 HYD IN	60	HLEKCL415	2
L	T1-00 A/C-HEATER CHECKS	-	120	THCL415	2

L	T1-00 A/C-HEATER CHECKS	-	120	HLEKCL415	2
M	T24-00 ELEC PWR CHECKS	-	90	HLEKCL415	2
N	T26-00 FIRE PROT CHECKS	-	180	HLEKCL415	2
O	T27-00 FC HYDRAYLIC TEST	T42-27 HYD IN	180	HLEKCL415	2
P	T27-00 FC ELECTRICAL TEST	-	60	HLEKCL415	2
Q	T28-15-01-501	T42-27 HYD IN	60	HLEKCL415	2
R	T33-LIGHTS CHECK	-	60	HLEKCL415	2
S	T73-30 ENG FUEL CHECKS	T42-27 HYD IN	120	HLEKCL415	2
T	T22-21 RTCU CHECK	-	60	HLEKCL415	2
U	T24-33 BATT RESTORE	T5 END OF FUNCT/OPS CHECKS	60	HLEKCL415	2
V	T6-40 PANELS IN A	T7-10 JACK DOWN	270	THCL415	2
W	T6-40 PANELS IN B	T6-40 PANELS IN A	270	THCL415	2
X	T6-40 PANELS IN C	T6-40 PANELS IN B	270	THCL415	2
Y	T42-23-00-501	T7-10 JACK DOWN	120	THCL415	2
Z	T12-20 AFCT LUBRICATION	T12-25 AFT CLEANING POST	180	THCL415	2
AA	T27-10 AILERONS CHECK	T42-27 HYD IN	240	THCL415	2
AB	T27-20 RUDDER CHECK	T42-27 HYD IN	180	THCL415	2
AC	T27-30 ELEVATOR CHECK	T42-27 HYD IN	240	THCL415	2
AD	T27-70-01-501	T42-27 HYD IN	30	THCL415	2
AE	T32-41-01-403	T5 END OF FUNCT/OPS CHECKS	120	ΣΚΑΦCL415	2
AF	T28-25 FUEL CHECKS	T42-27 HYD IN	60	THCL415	2
AG	T32-43-00-501	T32-30 UP DOWN	120	THCL415	2
AH	T42-00 WATER CHECK	T42-27 HYD IN	180	THCL415	2
AI	T29-00 HUD SAMPLE	-	30	THCL415	2
AJ	T5 END OF FUNCT/OPS CHECKS	T1-00 A/C-HEATER CHECKS	1	THCL415	2
		T22-21 RTCU CHECK	1	THCL415	2
		T23-51-00-501	1	THCL415	2

		T23-83-00-501	1	THCL415	2
		T23-81-03-501	1	THCL415	2
		T24-00 ELEC PWR CHECKS	1	THCL415	2
		T26-00 FIRE PROT CHECKS	1	THCL415	2
		T27-00 FC ELECTRICAL TEST	1	THCL415	2
		T73-30 ENG FUEL CHECKS	1	THCL415	2
		T27-00 FC HYDRAYLIC TEST	1	THCL415	2
		T27-10 AILERONS CHECK	1	THCL415	2
		T27-30 ELEVATOR CHECK	1	THCL415	2
		T27-70-01-501	1	THCL415	2
		T42-50 FOAM SYSTEM CHECK	1	THCL415	2
		T34-12-01-501	1	THCL415	2
		T33-LIGHTS CHECK	1	THCL415	2
		T42-00 WATER CHECK	1	THCL415	2
		T32-43-00-501	1	THCL415	2
		T34-10-00-501	1	THCL415	2
		T32-30 UP DOWN	1	THCL415	2
		T30-21-11-501-1	1	THCL415	2
		T31-63 CHIP DECT CHECK	1	THCL415	2
AK	T34-27 COMPASS CHECK	T10-00 HANGAR OUT	180	APGCL415	2
AL	T34-10-00-501	-	120	APGCL415	2
AM	T34-14-01-501	T42-27 HYD IN	120	APGCL415	2
AN	T31-31 ULB CHECK	T5 END OF FUNCT/OPS CHECKS	120	APGCL415	2
AO	T34-16-01-501	T42-27 HYD IN	180	APGCL415	2
AP	T34-21-00-501	T42-27 HYD IN	60	APGCL415	2
AQ	T34-23-00-501	T42-27 HYD IN	20	APGCL415	2
AR	T31-61 IIDS CHECK	-	20	APGCL415	2

AS	T23-51-00-501	-	20	APGCL415	2
AT	T23-83-00-501	-	20	APGCL415	2
AU	T25-65 ELT CHECK	T7-10 JACK DOWN	20	APGCL415	2
AV	T10-30 DEPR ELEC	T5 END OF FUNCT/OPS CHECKS	60	APGCL415	2
AW	T31-63 CHIP DECT CHECK	T42-27 HYD IN	20	HLEKCL415	2
AX	T42-33-03-501	T42-27 HYD IN	20	HLEKCL415	2
AY	T32-60-01-501	T42-27 HYD IN	30	HLEKCL415	2
AZ	T23-81-03-501	-	30	APGCL415	2
BA	T24-00 BREAKERS ON	T5 END OF FUNCT/OPS CHECKS	30	HLEKCL415	2
BB	T12-25 AFT CLEANING POST	T7-10 JACK DOWN	210	ΣΚΑΦCL415	2
BC	T10-30 DEPR FRAME	T5 END OF FUNCT/OPS CHECKS	180	THCL415	2
BD	T7-10 JACK DOWN	T32-41-01-403	60	THCL415	2
BE	T32-30 UP DOWN	T42-27 HYD IN	420	THCL415	2
		T32-61-07-504	420	THCL415	2
BF	T12-14-32-301	T5 END OF FUNCT/OPS CHECKS	180	THCL415	2
BG	T42-50 FOAM SYSTEM CHECK	T42-27 HYD IN	120	THCL415	2
BH	T30-43 WASHER SYSTEM CHECK	T42-27 HYD IN	30	THCL415	2
BI	T34-12-01-501	T42-27 HYD IN	120	APGCL415	2
BJ	T72-00 POWER ASS POST	T27-00 FIRST ENG START	30	KINCL415	2
BK	T30-21-11-501	T42-27 HYD IN	120	KINCL415	2
BL	T30-21-11-501-1	T30-21-11-501	120	KINCL415	2
BM	T10-00 HANGAR OUT	T5 END OF FUNCT/OPS CHECKS	60	THCL415	2
		T7-10 JACK DOWN	60	THCL415	2
		T6-40 PANELS IN C	60	THCL415	2
		T24-33 BATT RESTORE	60	THCL415	2
		T12-25 AFT CLEANING POST	60	THCL415	2
BN	T6-48/08-1	T10-00 HANGAR OUT	30	APGCL415	2

BO	T7-10 JACK DOWN	T5 END OF FUNCT/OPS CHECKS	1	THCL415	2
BP	T42-27 HYD OUT	T5 END OF FUNCT/OPS CHECKS	1	THCL415	2
BQ	T42-27 HYD IN	-	1	THCL415	2
BR	T28-00 SHUT OFF CHECK	T42-27 HYD IN	180	THCL415	2
BS	T72-00 ELEC OP CHECKS	T27-00 FIRST ENG START	180	HLEKCL415	2
BT	T32-43 BRAKE INSP	-	60	THCL415	2
BU	T34-11-00-501	T42-27 HYD IN	15	THCL415	2
BV	T26-27-01-501	T7-10 JACK DOWN	15	THCL415	2

### Παράρτημα Β: Αρχείο συνεργείων/παρουσιολόγιο

Ώρα έναρξης	Ώρα λήξης		Όνομα εργαζομένου	Ειδικότητα	ΕΛΛΕΙΨΕΙΣ
9:15	15:00		ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ Α	THCL415	ΠΑΡΩΝ
Συνεργείο	Διαθέσιμο προσωπικό		ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ Β	THCL416	ΑΠΩΝ
THCL415	2		ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ Γ	THCL415	ΠΑΡΩΝ
ΣΚΑΦCL415	2		ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ Δ	HLEKCL415	ΠΑΡΩΝ
HLEKCL415	2		ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ Ε	APGCL415	ΠΑΡΩΝ
APGCL415	2		ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ Ζ	HLEKCL415	ΠΑΡΩΝ
KINCL415	2		ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ Η	ΣΚΑΦCL415	ΠΑΡΩΝ
			ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ Θ	ΣΚΑΦCL415	ΠΑΡΩΝ
			ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ Ι	KINCL415	ΠΑΡΩΝ
			ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ Κ	APGCL415	ΠΑΡΩΝ
			ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ Λ	KINCL415	ΑΠΩΝ
			ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ Μ	KINCL416	ΠΑΡΩΝ

## Παράρτημα Γ: Παράδειγμα αποθηκευμένου αρχείου

2			
HMEPA 1			
T12-25 ACFT CLEANING PRE	9:15	11:15	ΣΚΑΦCL415
T72-00 RECOVERY & TURBINE WASH	9:15	11:45	KINCL415
T10-00 HANGAR IN	11:15	12:15	ΣΚΑΦCL415
T6-48/08	12:15	12:45	THCL415
T7-10 JACK UP	12:15	13:15	ΣΚΑΦCL415
T10-12 PR FRAME	13:15	14:15	ΣΚΑΦCL415
T24-00 BREAKERS OFF	13:15	13:45	HLEKCL415
T32-10 REM L/H MLG	13:15	15:00	ΣΚΑΦCL415,APGCL415
T71-10 ENG PANELS L/H OUT	13:15	14:15	KINCL415
T71-10 ENG PANELS R/H OUT	13:15	14:15	KINCL415
HMEPA 2			
T10-12 PR AV	9:15	11:15	THCL415
T32-10 REM L/H MLG	9:15	13:30	ΣΚΑΦCL415,APGCL415
T32-60 LG HARNESS OUT	9:15	11:15	HLEKCL415
T72-00 POWER ASS PRE	9:15	11:15	KINCL415
T78-10 LH REMOVALS	9:15	11:15	KINCL415
T10-12 PR ELEC	11:15	12:15	HLEKCL415
T21-51 COMPRESSOR OUT	11:15	13:15	HLEKCL415
T32-20 REM NLG	11:15	14:15	ΣΚΑΦCL415,APGCL415
T78-10 RH REMOVALS	11:15	13:15	KINCL415
T24-31 START GEN LH OUT	12:15	13:15	HLEKCL415
T24-31 START GEN RH OUT	13:15	14:15	HLEKCL415
T33-51-01-401	13:15	13:45	HLEKCL415
T32-10 REM R/H MLG	13:30	15:00	ΣΚΑΦCL415,APGCL415
HMEPA 3			
T21-51 EVAPORATOR OUT	9:15	11:15	HLEKCL415
T32-10 REM R/H MLG	9:15	13:45	ΣΚΑΦCL415,APGCL415
T6-40 PANELS OUT A	9:15	11:15	APGCL415
T6-40 PANELS OUT B	11:15	13:15	APGCL415
T21-43-03 REM	13:45	14:25	ΣΚΑΦCL415
T42-11 WATER OUT	13:45	15:00	ΣΚΑΦCL415

HMEPA 4			
T42-11 WATER OUT	9:15	14:00	ΣΚΑΦCL415
T6-40 PANELS OUT C	9:15	11:15	APGCL415
T26-00 BOTTLES OUT	11:15	12:15	ΣΚΑΦCL415
T42-50 FOAM TANKS OUT	14:00	15:00	ΣΚΑΦCL415
HMEPA 5			
T42-27 WATER CHECK VALVES REM	9:15	11:15	ΣΚΑΦCL415
T42-50 FOAM TANKS OUT	9:15	12:15	ΣΚΑΦCL415

## Παράρτημα Δ: Κώδικας MATLAB

```
function varargout = Opti_pro(varargin)

gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
    'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
    'gui_OpeningFcn', @Opti_pro_OpeningFcn, ...
    'gui_OutputFcn',  @Opti_pro_OutputFcn, ...
    'gui_LayoutFcn',  [] , ...
    'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before Opti_pro is made visible.
function Opti_pro_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
```



```

handles.output = hObject;

guidata(hObject, handles);

function varargout = Opti_pro_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)

varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
[filename pathname] = uigetfile({'*.xlsx'}, 'File Selector');
if filename==0
return
end
[a,v,data]=xlsread(filename);
[a,b]=size(data);
if b<5
mystring='Μη αποδεκτό αρχείο';
set(handles.text10, 'String',mystring);
data=zeros(1,5);
set(handles.uitable2, 'Data',data);
return
end
data=data(2:end,1:5);
set(handles.uitable2, 'Data',data);
filename=filename(1:end-5);
set(handles.text10, 'String',filename);
[a,b]=size(data);
if not (b==5)
mystring='Μη αποδεκτό αρχείο';
set(handles.text10, 'String',mystring);
data=zeros(1,5);

```

```

set(handles.uitable2, 'Data', data);

return

end

RQ2=0;

set(handles.text14, 'String', RQ2);


% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
[filename2 pathname] = uigetfile({'*.xlsx'}, 'File Selector');
if filename2==0
return
end

[a,v,data2]=xlsread(filename2);
l=1;
[a,b]=size(data2);
if numel(cell2mat(data2(2,1)))>1 | numel(cell2mat(data2(2,2)))>1
mystring='Μη αποδεκτό αρχείο';
set(handles.text13, 'String', mystring);
data2=zeros(1,2);
set(handles.uitable3, 'Data', data2);
return
end
while sum(isnan(cell2mat(data2(l,1))))==0 & l<a
l=l+1;
end
if sum(isnan(cell2mat(data2(l,1))))==1
data2=data2(1:(l-1),1:2);
data2(3,:)=data2(2,:);
data2(1:2,:)=[];
else
data2=data2(1:l,1:2);
data2(3,:)=data2(2,:);
data2(1:2,:)=[];

```

```

end

data2;

data0=data2(1,:);
for i=1: numel(data0)
data0(i)={cell2mat(data0(i))*24};
end
data0=cell2mat(data0);
WORKTIME=cell(1,2);
for i=1: numel(data0)
t=hours(data0(i));
t.Format='hh:mm';
WORKTIME(i)={char(t)};
end

data2=(data2(2:end,:));
set(handles.uitable3,'Data',data2);
filename2=filename2(1:end-5);
set(handles.text13,'String',filename2);
[a,b]=size(data2);
if b==2
data0=WORKTIME;
set(handles.uitable19,'Data',data0);
end
if not (b==2)
mystring='Μη αποδεκτό αρχείο';
set(handles.text13,'String',mystring);
data2=zeros(1,2);
set(handles.uitable3,'Data',data2);
return
end

```

```

% --- Executes on button press in pushbutton4.

function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
S6=get(handles.uitable2,'Data');
[a,b]=size(S6);
if a==1 & sum(S6)==0
myString = 'Απαιτούνται στοιχεία εργασιών';
set(handles.text3, 'String', myString);
return
end
S5=get(handles.uitable3,'Data');
[a,b]=size(S5);
if a==1 & sum(S5)==0
myString = 'Απαιτούνται στοιχεία συνεργειών';
set(handles.text3, 'String', myString);
return
end
if a>1
myString = '';
set(handles.text3, 'String', myString);
end
S11=S6(:,2);
mask = cellfun(@ (C) isnumeric(C) && isscalar(C) && isnan(C), S11);
S11(mask) = {' '};
S6(:,2)=S11;
S15=S6(:,4);
S8=S15;
S13=S15;
PL=numel(unique(S15));
C=cell(PL,2);
C(:,1)=unique(S15);
i=1;
while i<=PL
C(i,2)={i};
i=i+1;

```

```

end
for i=1:numel(S15)
j=1;
while isequal(S15(i),C(j,1))==0
j=j+1;
end
S13(i)=C(j,2);
end
[S15,S13];
S6(:,4)=S13;
RQ2=get(handles.text14,'String');
RQ2=str2num(RQ2);
[a,b]=size(C);
W=cell(a,b);
for i=1:a
j=1;
while isequal(C(i,1),S5(j,1))==0
j=j+1;
end
W(i,1)={i};
W(i,2)=S5(j,2);
end
pro2=cell2mat(W);
pro4=S6(:,5);

% eltime1

S9=S6(:,1);
S9=unique(S9);

E=[];
i=1;
while i<= numel(S9)
E=[E;{i}];

```

```

i=i+1;

end

E=[S9,E];

task=cell2mat(E(:,2));

syn2=cell(numel(task),1);

pro4=syn2;


for i=1:numel(S9)

j=1;

while isequal(S9(i),S6(j,1))==0

j=j+1;

end

syn2(i)=S6(j,4);

pro4(i)=S6(j,5);

end


for i=1:numel(S9)

A=[];

for j=1:numel(S6(:,1))

if isequal(S9(i),S6(j,1))==1

A=[A;cell2mat(S6(j,4)),cell2mat(S6(j,5))];

end

end

if numel(unique(A(:,1)))>1

str=sprintf('%d&%d',A(1,1),A(2,1));

str2=sprintf('%d&%d',A(1,2),A(2,2));

if numel(unique(A(:,1)))>2

j=3;

while j<=numel(unique(A(:,1)))

str=sprintf('%s&%d',str,A(j,1));

str2=sprintf('%s&%d',str2,A(j,1));

j=j+1;

end

```

```

end

syn2(i)={str};
pro4(i)={str2};
end
end

D=task*0;
for i=1:numel(pro4)
D1=cell2mat(pro4(i));
if numel(D1)==1
D(i)=D1;
elseif numel(D1)>1
D2=regexp(D1, '\d+(\.)?(\d+)?', 'match');
for j=1:numel(D2)
D(i)=D(i)+str2double(D2(j));
end
end
end
pro=D;

B=[];
for i=1:numel(S9)
A=0;
for j=1:numel(S6(:,1))
if isequal(S9(i),S6(j,1))==1
A=A+1;
end
end

B=[B;{A}];
end

M=max(cell2mat(B));
eks=zeros(numel(S9),M);
S10=S6;

```

```

S7=[S6(:,1),S6(:,2)];
for i=1:numel(S7)
l=1;
if numel(cell2mat(S7(i)))>0
while isequal(S7(i),S9(l))==0
l=l+1;
end
S10(i)=E(l,2);
end
end

z=zeros(numel(S10(:,2)),1);
for i=1:numel(S10(:,2))
D1=cell2mat(S10(i,2));
if numel(D1)>0
z(i)=D1;
else
z(i)=0;
end
end

S10=[cell2mat(S10(:,1)),z];
A=[cell2mat(E(:,2)),eks];
for i=1:numel(S9)
f= find(S10(:,1)==i);
for j=1:numel(f)
eks(i,j)=S10(f(j),2);
end
end

t1=unique(S10(:,1))*0;
s1=t1;
for i=1:numel(S9)
j=1;
while isequal(S6(j,1),S9(i))==0
j=j+1;
end

```



```

t1(i)=cell2mat(S6(j,3));
D1=cell2mat(S6(j,4));
if numel(D1)>1
D1=regexp(D1, '\d+(\.)?(\d+)?', 'match');
s1(i)=str2double([D1{:}]);
else
s1(i)=D1;
end
end
time=t1;
syn=s1;

if sum(eks(:))==0
eltime1=zeros(numel(task),1);
eks=eltime1;
else
eks1=eks;
B0=eks*0;
a=[];
for i=1:numel(task)
if sum(eks1(i,:))==0
a=[a;i];
end
end

while numel(a)<numel(task)
for i=1:numel(a)
for j=1:numel(eks)
if eks1(j)==a(i)
eks1(j)=0;
B0(j)=B0(j)+time(a(i))+max(B0(a(i),:));
end
end
end

```

```

end

a=[];

for i=1:numel(task)
if sum(eks1(i,:))==0
a=[a;i];
end
end
end

eltime1=zeros(numel(task),1);
for i=1:numel(task)
eltime1(i)=max(B0(i,:));
end
end

% eltime2
eltime2=eltime1;
for i=1:numel(task)
eltime2(i)=eltime1(i)+time(i);
end

% maxtime1
c=[];
maxtime1=zeros(numel(task),1);
maxtime3=[];
for i=1:numel(task)
if numel(find(eks==task(i)))==0
maxtime1(i)=max(eltime2);
maxtime3=[maxtime3;task(i)];
end
end

maxtime4=maxtime3;
while numel(maxtime3)<numel(task)
S=setxor(task,maxtime3);
for i=1:numel(S)
[f,f1]=find(eks==S(i));
A=[];

```

```

for j=1:numel(f)
A=[A;find(maxtime3==f(j))];
if numel(A)==numel(f)
maxtime3=[maxtime3;S(i)];
T=f*0;
for l=1:numel(f)
T(l)=maxtime1(f(l))-time(f(l));
end
maxtime1(S(i))=min(T);
end
end
end
maxtime3;
end

% maxtime2
maxtime2=zeros(numel(task),1);
for i=1:numel(task)
maxtime2(i)=maxtime1(i)-time(i);
end

%Κατασκευή κρίσιμου μονοπατιού
cp=zeros(numel(task),1);
for i=1:numel(task)
cp(i)=maxtime2(i)-eltime1(i);
end
b=find(cp==0);
FF=b;
A1=[];
for i=1:numel(b)
A1=[A1;b(i);eks(b(i),:)]';
end
A1=unique(A1);
A1=A1(A1~=0);
b=A1;

```

```

c=zeros(numel(b),1);
for i=1:numel(b)
c(i)=etime1(b(i));
end
d=[b,c];
d=sortrows(d,2);
d=d(:,1);

for i=numel(d)
XR=zeros(PL,1);
for j=1:numel(eks(d(i),:))
BB=eks(d(i),:);
if sum(BB(:))>0
BB=BB(BB~=0);
for o=1:numel(BB)
if numel(cell2mat(syn2(BB(o))))==1
D=cell2mat(syn2(d(i)));
else
A=cell2mat(syn2(BB(o)));
D1=regexp(A, '\d+(\.)?(\d+)?', 'match');
for r=1:numel(D1)
D=str2double(D1(r));
end
end
end
XR(D)=XR(D)+B0(d(i),j);
end
end
etime1(d(i))=max(XR);
end

% Βελτιστοποίηση υπολοίπων εργασιών
TT=[];
Table=[task,time,etime1,etime2,maxtime1,maxtime2,cp];
Table1=Table;

```

```

for i=1:numel(d)
a=find(Table1(:,1)==d(i));
TT=[TT;Table(d(i),:)];
Table1(a,:)=[];
end

Table=[task,eltime1,eltime2,maxtime1,maxtime2,cp];
Table1=sortrows(Table1,6);
Btable=[TT;Table1];
Table=[Btable(:,1),Btable(:,2),Btable(:,3)];

% Υπολογισμός συνεργείων
A=zeros(numel(task),1);
for i=1:numel(task)
A(i)=syn(Table(i,1));
end

Best1=[Table,A]';
Best=Best1(1,:);

% Τελικός programatismos
eks2=eks;
eks3=eks*0;
XS=zeros(PL,1);
XA=zeros(1,numel(task));

for i=1:numel(task)
D1=cell2mat(syn2(Best(i)));
if numel(D1)==1
D=D1;
if sum(eks2(Best(i)))==0
a=max(XS(D),max(eks3(Best(i),:)));
XA(i)=a;
XS(D)=XA(i)+time(Best(i));
b=find(eks==Best(i));
for j=1:numel(b)
eks2(b(j))=0;

```

```

eks3(b(j))=XA(i)+time(Best(i));
end
end
elseif numel(D1)>1
AB=zeros(numel(D1),1);
A=cell2mat(syn2(Best(i)));
D1=regexp(A, '\d+(\.)?(\d+)?', 'match');
for j=1:numel(D1)
AB(j)=str2double(D1(j));
end
AB2=AB*0;
for j=1:numel(AB)
D=AB(j);
AB2(j)=max(XS(D),max(eks3(Best(i),:)));
end
XA(i)=max(AB2);
for j=1:numel(AB)
XS(AB(j))=XS(AB(j))+time(Best(i));
end
b=find(eks==Best(i));
for j=1:numel(b)
eks2(b(j))=0;
eks3(b(j))=XA(i)+time(Best(i));
end
end
end
XT=XA*0;
XS1=XT;
XS2=XT;
for i=1:numel(XA)
XT(i)=XA(i)+time(Best(i));
XS1(i)=pro(Best(i));

D1=cell2mat(syn2(Best(i)));

```

```

if numel(D1)>1
D2=0;
D1=regexp(D1,'\d+(\.)?(\d+)?','match');
for j=1:numel(D1)
D3=str2double(D1(j));
D2=D2+pro2(D3,2);
end
XS2(i)=D2;
elseif numel(D1)==1
XS2(i)=pro2(syn(Best(i)),2);
end

end

TT2=[Best1;XS1;XS2;XA;XT];
[task,eks,eks2,eks3];
(sortrows(TT2',7))';
Best;
Best2=Best;
time2=time;
T5=[0,0];
TT=[];

E1=cell2mat(E(:,2));
A2=cell(numel(task),4);
for i=1:numel(Best)
f=find(E1==Best(i));
A2(i,2)={XA(i)};
A2(i,3)={XT(i)};
A2(i,4)=syn2(Best(i));
A2(i,1)=E(f,1);
end
A2=sortrows(A2,2);

```

```

A3=cell(numel(task),1);
for i=1:numel(task)
j=1;
while isequal(A2(i,1),S9(j))==0
j=j+1;
end
A3(i)={j};
end
[A3,A2];
S13=cell(numel(task),1);
for i=1:numel(S13)
if numel(cell2mat(A2(i,4)))==1
S13(i)=C(cell2mat(A2(i,4)),1);
else
D1=cell2mat(A2(i,4));
D2=regexp(D1,'\\d+(\\.)?(\\d+)?','match');
D2=str2double(D2);
A=cell(1,1);
f=find(cell2mat(C(:,2))==D2(1));
f2=cell2mat(C(f,1));
str=sprintf('%s',f2);
for u=2:numel(D2)
f=find(cell2mat(C(:,2))==D2(u));
f2=cell2mat(C(f,1));
str=sprintf('%s,%s',str,f2);
end
S13(i)={str};
end

end
A2(:,4)=S13;
A2;
RQ=1;

```



```

TT7=[];
TIME1=get(handles.uitable19,'Data');
TIMES=TIME1(1);
[Y, M, D, H, MN, S] = datevec(TIMES);
TIME2=H+MN/60;
[Y, M, D, H, MN, S] = datevec(TIMES);
TIMES=H*60+MN;
TIMES;
TIMEF=TIME1(2);
[Y, M, D, H, MN, S] = datevec(TIMEF);
TIMEF=H*60+MN;
TIME4=TIMEF-TIMES;
TT61=[];
if RQ2>=1
RQ=RQ2+1;
RQ3=RQ2+1;

RQ4=RQ2;
time2=time;
Best2=Best;
B=[];

TT60=get(handles.uitable7,'Data');
A=sprintf('HMEPA  %d',RQ3);
A={A};
j=1;
while isequal(TT60(j,1),A)==0 & j<numel(TT60(:,1))
j=j+1;
end
if j<numel(TT60(:,1))
TT60(j:end,:)=[];
end
TT61=TT60;

```

```

for i=1:numel(TT60(:,1))
if numel(cell2mat(TT60(i,4)))>0
t=TT60(i,2);
[Y, M, D, H, MN, S] = datevec(t);
TT60(i,2)={H*60+MN};

t=TT60(i,3);
[Y, M, D, H, MN, S] = datevec(t);
TT60(i,3)={H*60+MN};

end
end
for i=1:numel(TT60(:,1))
if numel(cell2mat(TT60(i,4)))>0
u=1;
while isequal(TT60(i,1),E(u,1))==0
u=u+1;
end
B=[B;cell2mat(E(u,2)),cell2mat(TT60(i,2)),cell2mat(TT60(i,3)),cell2mat(TT60(i,3))-cell2mat(TT60(i,2))];
end
end
if numel(B)>0
BB=unique(B(:,1));
BB2=BB*0;
for i=1:numel(BB)
f=find(B(:,1)==BB(i));
for j=1:numel(f)
BB2(i)=BB2(i)+B(f(j),4);
end
end
BB3=[BB,BB2];
T5=[];
A1=[];

```

```

for i=1:numel(BB3(:,1))
    if BB3(i,2)>=time(BB3(i,1))
        T5=[T5;BB3(i,1),0];
        f=find(Best2==BB3(i,1));
        Best2(f)=[];
    else
        time2(BB3(i,1))= time(BB3(i,1))-BB3(i,2);
        T5=[T5;BB3(i,1),time(BB3(i,1))-BB3(i,2)];
        f=find(Best2==BB3(i,1));
        Best2(f)=[];
        f2=find(A1==BB3(i,1));
        if numel(f2)==0
            A1=[A1,BB3(i,1)];
        end
    end
end

end

end

Best2=[A1,Best2];

end

end

TT6=[];

if sum(pro2(:,2))==0
    TEXT='ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ';
    set(handles.text3, 'String',TEXT);
    return
end

ACC1=[];
TCC1=[];

while numel(unique(T5(:,1)))<numel(task) | sum(T5(:,2))>0
    T7=[];
    if sum(T5)==0;
        T5=[];

```

```

end

Q=[];
pro3=pro2;
TT=[];
T2=zeros (1,TIME4);
T4=T2;
T6=T5;
TT1=[];
for i=1:PL
T=ones (1,TIME4)*pro2 (i,2);
TT1=[TT1;T];
end
for ww=1
f6=[];
%      Ergasies ana synergio
q=[Best2];

XA=zeros (1,numel (q));
XT=XA*0;

for j=1:numel (q)
T102=0;
if numel (T5)>0
T100=[];
for l=1:numel (T5 (:,1))
if T5 (l,2)<TIME4
T100=[T100;T5 (l,1)];
end
end
T100=unique (T100);
T101=intersect (T100,d);

if isequal (T101,unique (d))==1
T102=1;

```

```

end

end

i=syn(q(j));
T2=zeros(1,TIME4);
D1=cell2mat(syn2(q(j)));
K=[];
if numel(D1)>1
D2=regexp(D1, '\d+(\.)?(\d+)?', 'match');
D3=cell2mat(pro4(q(j)));
D4=regexp(D3, '\d+(\.)?(\d+)?', 'match');
K1=[];
K2=[];
for l=1:numel(D2)
K1=[K1, str2double(D2(l))];
K2=[K2, str2double(D4(l))];
end
K=[K1;K2];
KPL=[];
for l=1:numel(K(1,:))
KPL=[KPL;TT1(K(1,l),:)] ;
end
KPL2=find(KPL(1,:)>=K(2,1));
for l=2:numel(K(1,:))
f=find(KPL(l,:)>=K(2,1));
KPL2=intersect(KPL2,f);
end
for l=1:numel(KPL2)
T2(KPL2(l))=1;
end

elseif numel(D1)==1
T1=TT1(i,:);

```

```

T2=T1*0;

f=find(T1>=pro(q(j)));

for l=1:numel(f)
    T2(f(l))=1;
end
end

RR=[];

if sum(eks(q(j),:))>0
    f5=eks(q(j),:);
    f5=f5(f5~=0);
    for l=1:numel(f5)
        if numel(T5)>0
            R=find(T5(:,1)==f5(l));
            RR=[RR;T5(R,1),T5(R,2)];
        end
    end

    if numel(RR)>0 & isequal(unique(RR(:,1)'),unique(f5))==1
        M=max(RR(:,2));
        f6=find(RR(:,2)==M);

        f7=RR(f6,1);
        f7=unique(f7);
        if numel(f7)>1
            f7=f7(1);
        end
        f6=find(q==f7);
        if numel(f6)==0
            f10=find(unique(T5(:,1))==f7);
            if numel(f10)>0 & T5(f10,2)<TIME4
                T7=unique(T5(f10,2));
            end
        end
    end

    T2(1:M)=0;

```

```

else T2=0;

end

end

% Μετρητης διαθεσιμων ωρων
A=[];
l=0;
B=0;
while l<numel(T2)
l=l+1;
if T2(l)==1
B=B+1;
else
A=[A;B];
B=0;
end
end
A=[A;B];
hh=1;
h=0;
BBB=A;

FT=task*0;
FT=[task,FT];

while hh==1 & h<numel(A)
h=h+1;
f=A(h);
if f==TIME4 & time2(q(j))>TIME4
XA(j)=0;
XT(j)=time2(q(j));
if numel(K)==0
TT1(i,:)=TT1(i,:)-pro(q(j));
else

```

```

for u=1:numel(K(1,:))
e1=K(1,u);
e2=K(2,u);
TT1(e1,:)=TT1(e1,:)-e2;
end
end

T5=[T5;q(j),XT(j)];
hh=0;

elseif f==TIME4 & time2(q(j))<TIME4
XA(j)=0;
XT(j)=time2(q(j));
if numel(K)==0
TT1(i,1:XT(j))=TT1(i,1:XT(j))-pro(q(j));
else
for u=1:numel(K(1,:))
e1=K(1,u);
e2=K(2,u);
TT1(e1,1:XT(j))=TT1(e1,1:XT(j))-e2;
end
end

if XT(j)<TIME4
T5=[T5;q(j),XT(j)];
end

hh=0;

elseif f<TIME4 & time2(q(j))>=TIME4 & numel(find(d==q(j)))>0 & XT(f6)<TIME4
& f>0
if M==0
XA(j)=h-1;
else
Z=[M,h-1];
M=max(Z);

```



```

XA(j)=M;

end

XT(j)=XA(j)+time(q(j));

if numel(K)==0

TT1(i,XA(j)+1:end)=TT1(i,XA(j)+1:end)-pro(q(j));

elseif numel(K)>1

for u=1:numel(K(1,:))

e1=K(1,u);

e2=K(2,u);

TT1(e1,XA(j)+1:end)=TT1(e1,XA(j)+1:end)-e2;

end

end

T5=[T5;q(j),XT(j)];

hh=0;

elseif f<TIME4 & time2(q(j))>=TIME4 & numel(find(d==q(j)))>0 & XT(f6)<TIME4
& f>0

if M==0

XA(j)=h-1;

else

Z=[M,h-1];

M=max(Z);

XA(j)=M;

end

XT(j)=XA(j)+time(q(j));

if numel(K)==0

TT1(i,XA(j)+1:end)=TT1(i,XA(j)+1:end)-pro(q(j));

elseif numel(K)>1

for u=1:numel(K(1,:))

e1=K(1,u);

e2=K(2,u);

TT1(e1,XA(j)+1:end)=TT1(e1,XA(j)+1:end)-e2;

end

```

```

end

T5=[T5;q(j),XT(j)];

hh=0;

elseif f<TIME4 & time2(q(j))>=TIME4 & numel(find(d==q(j)))>0 & T7<=0 & f>0
if M==0
XA(j)=h-1;
else
Z=[M,h-1];
M=max(Z);
XA(j)=M;
end
XT(j)=XA(j)+time2(q(j));
if numel(K)==0
TT1(i,XA(j)+1:end)=TT1(i,XA(j)+1:end)-pro(q(j));
elseif numel(K)>1
for u=1:numel(K(1,:))
e1=K(1,u);
e2=K(2,u);
TT1(e1,XA(j)+1:end)=TT1(e1,XA(j)+1:end)-e2;
end
end
T5=[T5;q(j),XT(j)];

hh=0;

elseif f<TIME4 & time(q(j))>f & numel(find(d==q(j)))>0 & XT(f6)<TIME4 & f>0 &
numel(f6)>0
if M==0
XA(j)=h-1;
else
Z=[M,h-1];

```

```

M=max(Z);
XA(j)=M;
end
XT(j)=XA(j)+time(q(j));
if numel(K)==0
TT1(i,XA(j)+1:end)=TT1(i,XA(j)+1:end)-pro(q(j));
elseif numel(K)>1
for u=1:numel(K(1,:))
e1=K(1,u);
e2=K(2,u);
TT1(e1,XA(j)+1:end)=TT1(e1,XA(j)+1:end)-e2;
end
end
T5=[T5;q(j),XT(j)];
hh=0;

elseif f==TIME4 & time2(q(j))==TIME4
XA(j)=0;
XT(j)=TIME4;
if numel(K)==0
TT1(i,:)=TT1(i,:)-pro(q(j));
else
for u=1:numel(K(1,:))
e1=K(1,u);
e2=K(2,u);
TT1(e1,:)=TT1(e1,:)-e2;
end
end
T5=[T5;q(j),XT(j)];

hh=0;

```

```

elseif f<TIME4 & time2(q(j))<=f & f>0
f1=find(A==f);
f2=0;
for l=1:f1-1
if A(l)>0
f2=f2+A(l);
else
f2=f2+1;
end
end
XA(j)=f2;
XT(j)=f2+time2(q(j));
if numel(K)==0
TT1(i,XA(j)+1:XT(j))=TT1(i,XA(j)+1:XT(j))-pro(q(j));
else
for u=1:numel(K(1,:))
e1=K(1,u);
e2=K(2,u);
TT1(e1,XA(j)+1:XT(j))=TT1(e1,XA(j)+1:XT(j))-e2;
end
end
T5=[T5;q(j),XT(j)];

hh=0;

if sum(eks)>0
elseif f<TIME4 & time(q(j))>f & T102==1 & f>0
if M==0
XA(j)=h-1;
else
Z=[M,h-1];
M=max(Z);
XA(j)=M;

```

```

end

XT(j)=XA(j)+time(q(j));

if XT(j)>TIME4
L=TIME4;
else
L=XT(j);
end

if numel(K)==0
TT1(i,XA(j)+1:end)=TT1(i,XA(j)+1:end)-pro(q(j));
elseif numel(K)>1
for u=1:numel(K(1,:))
e1=K(1,u);
e2=K(2,u);
TT1(e1,XA(j)+1:end)=TT1(e1,XA(j)+1:end)-e2;
end
end

T5=[T5;q(j),XT(j)];
hh=0;
end

end

end

end

Q=[q;XA;XT];
TT1;
if numel(Q)>0 & numel(Q(:,1))>2
TT=[TT,Q];
end
end

err=[];
for i=1:numel(q)
if Q(3,i)>0 & sum(Q(3,:))>0
if Q(2,i)==0

```

```

err=1;

end

end

end

ACC2=0;
TCC2=0;

if err==1
for i=1: numel(q)
if Q(3,i)>0 & Q(3,i)<=TIME4
ACC2=ACC2+1;
end
end
end

if err==1
for i=1: numel(q)
if Q(3,i)>0 & Q(3,i)>TIME4
TCC2=TCC2+TIME4-Q(2,i);
elseif Q(3,i)>0 & Q(3,i)<=TIME4
TCC2=TCC2+Q(3,i)-Q(2,i);
end
end
end

ACC1=[ACC1;RQ,ACC2];
TCC1=[TCC1;RQ,TCC2];

if sum(Q(3,:))>0 & numel(err)==0
break
end

for i=1: numel(q)
if Q(3,i)>0

```

```

f=find (FT(:,1)==Q(1,i));
FT(f,2)=1;
end
end

if numel(TT)>0 & sum(TT(1,:))==0
TT=[];
end

if numel(TT)>0 & numel(TT(:,1))==2
TT=[];
end

if numel(T5)>0
for i=1:numel(T5(:,2))
f=find (FT(:,1)==T5(i,1));
if FT(f,2)==1
if T5(i,2)>TIME4
T5(i,2)=T5(i,2)-TIME4;
time2(T5(i,1))=T5(i,2);
elseif T5(i,2)<=TIME4
T5(i,2)=0;
end
end
end
end

O=[];

if numel(T5)>0
f8=find(T5(:,2)==0);
for i=1:numel(f8)
O=[O,T5(f8(i),1)];
end

```

```

end

for i=1:numel(O)
f9=find(Best2==(O(i)));
Best2(f9)=[];
end

A1=[];

if numel(T5)>0
for i=1:numel(T5(:,1))
if T5(i,2)>0
f=find(A1==T5(i,1));
if numel(f)==0
A1=[A1,T5(i,1)];
end
end
end

for i=1:numel(A1)
Best2(Best2==A1(i))=[];
end
Best2=[A1,Best2];
end

X=['HMEPA ',num2str(RQ)];
RQ=RQ+1;

TT3= TT';
if numel(TT)>0
indices = find(TT3(:,3)==0);
TT3(indices,:) = [];
end

if numel(TT3)>0
H=cell(numel(TT3(:,1)),1);

```



```

for i=1:numel(TT3(:,1))
f=find(cell2mat(E(:,2))==TT3(i,1));
H(i)=E(f,1);
end
end

[a,b]=size(TT3);
TT4=cell(a,b);
if isempty(TT4)==1
break
end

TT4(:,1)=H;

if a>0 & b>0
for i=1:numel(TT4(:,1))
TT4(i,2)={TT3(i,2)};
TT4(i,3)={TT3(i,3)};
end
end

[a,b]=size(TT4);
if b>1

wd=TT4;

[~,idx]=unique( strcat(wd(:,1),wd(:,2),wd(:,3)) );
withoutduplicates=wd(idx,:);
TT4=withoutduplicates;
TT4=sortrows(TT4,2);


A=cell(1,3);
B=A;
A{1}=X;
A{2}='';
A{3}=A{2};
TT5=vertcat(A,TT4);
TT5=vertcat(TT5,B);
end

```

```

TT6=vertcat(TT6,TT5);

end

if numel(TT6)>0
A=cell(numel(TT6(:,1)),1);
TT7=[TT6,A];
for i=1:numel(TT6(:,1))
if isempty(cell2mat(TT6(i,3)))==0
j=1;
while isequal(TT6(i,1),A2(j,1))==0
j=j+1;
end
TT7(i,4)=A2(j,4);
end
end
end

if numel(TT7)==0

RQ2=RQ2+1;
set(handles.text14, 'String',RQ2);

if numel(T5)>0 & numel(unique(T5(:,1)))==numel(task) & sum(T5(:,2))==0
B=cell(3,4);
X=['HMEPA ',num2str(RQ) ];
B(1,1)={X};
B(2,1)={'Ολοκλήρωση έργου'};

A1=vertcat(TT61,B);
else

B=cell(3,4);
if numel(T5)>0 & numel(unique(T5(:,1)))<numel(task)

```

```

X=['HMEPA ',num2str(RQ-1)];
elseif numel(T5)==0
X=['HMEPA ',num2str(RQ-1)];
else
X=['HMEPA ',num2str(RQ)];
end
B(1,1)={X};
B(2,1)={'Ελλειψη προσωπικού'};
if numel(TT61)>0
A1=vertcat(TT61,B);
else
A1=B;
end
end

data3=A1;
set(handles.uitable7,'Data',data3);
else

for i=1:numel(TT7(:,2))
if isempty(cell2mat(TT7(i,2)))==0
E1=cell2mat(TT7(i,2))+TIME2*60;
if cell2mat(TT7(i,3))>=TIME4
TT7(i,3)={TIME4};
end
E2=cell2mat(TT7(i,3))+TIME2*60;
E1=minutes(E1);
E2=minutes(E2);
E1.Format='hh:mm';
E2.Format='hh:mm';
TT7(i,2)={char(E1)};
TT7(i,3)={char(E2)};
end
end

```

```

if RQ2>=1
TT7=vertcat(TT61,TT7);

end

data3=TT7;

set(handles.uitable7, 'Data', data3);

RQ2=RQ2+1;

set(handles.text14, 'String', RQ2);

end


if numel(T5)>0 & numel(unique(T5(:,1)))==numel(task) & sum(T5(:,2))==0 &
RQ2<RQ

TEXT=sprintf('ΟΛΟΚΛΗΣΩΣΗ ΕΡΓΟΥ ΤΗΝ %dη ΗΜΕΡΑ', RQ-1);

set(handles.text3, 'String', TEXT);


f=find(TCC1(:,1)==(RQ-1));

A=((RQ-2)-RQ2)*TIME4+max(Q(3,:))/60;

if A<=0

A=0;

TEXT=sprintf('ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΕΣ ΩΡΕΣ: %d', A);

set(handles.text26, 'String', TEXT);

else

A=char(hours(A));

TEXT=sprintf('ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΕΣ ΩΡΕΣ: %s', A);

set(handles.text26, 'String', TEXT);

end


elseif numel(T5)>0 & numel(unique(T5(:,1)))==numel(task) & sum(T5(:,2))==0 &
RQ2>=RQ

TEXT='ΟΛΟΚΛΗΣΩΣΗ ΕΡΓΟΥ';

set(handles.text3, 'String', TEXT);


else

if numel(TT7)>0

```

```

TEXT=sprintf('ΜΗ ΟΛΟΚΛΗΣΩΣΗ ΕΡΓΟΥ:ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ %d ΗΜΕΡΑ',RQ-2);
set(handles.text3,'String',TEXT);
f=find(ACC1(:,1)==RQ2);

if numel(f)>0
if RQ2==1
A=ACC1(f,2);
else
L=numel(intersect(task,unique(T5(:,1))));
A=ACC1(1,2)+numel(task)-sum(ACC1(:,2))-(numel(task)-L);
end
end

B=numel(task);
TEXT=sprintf('ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ: %d/%d',A,B);
set(handles.text28,'String',TEXT);

f=find(TCC1(:,1)==(RQ-2));
A=((RQ-3)-RQ2)*TIME4+TCC1(f,2)/60;
if A<=0
A=0;
TEXT=sprintf('ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΕΣ ΩΡΕΣ: %d',A);
set(handles.text26,'String',TEXT);
else
A=char(hours(A));
TEXT=sprintf('ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΕΣ ΩΡΕΣ ΕΩΣ ΤΗΝ ΕΛΛΕΙΨΗ: %s',A);
set(handles.text26,'String',TEXT);
end
else
TEXT='Έλλειψη προσωπικού';
set(handles.text3,'String',TEXT);
end
end

```

```

if numel(ACC1)>0 & numel(T5)>0 & isequal(unique(T5(:,1)),task)==1 &
sum(T5(:,2))==0

if RQ2==1
A=ACC1(1,2);

else
A=ACC1(1,2)+numel(task)-sum(ACC1(:,2));

end

B=numel(task);

TEXT=sprintf('ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΕΠΙΣΤΑΣΕΙΣ: %d/%d',A,B);

set(handles.text28,'String',TEXT);

if A==B
TEXT='ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΕΠΙΤΥΧ';

set(handles.text3,'String',TEXT);

end

end

% --- Executes on button press in pushbutton5.

function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)

data=zeros(1,5);

data2=zeros(1,2);

data3=zeros(1,4);

set(handles.uitable2,'Data',data);

set(handles.uitable3,'Data',data2);

myString = '';

set(handles.text10,'String',myString);

set(handles.text13,'String',myString);

set(handles.text14,'String',0);

t=hours(9);

t.Format='hh:mm';

l=hours(15);

l.Format='hh:mm';

A={char(t),char(l)};

set(handles.uitable19,'Data',A);

```

```

% --- Executes on button press in pushbutton7.

function pushbutton7_Callback(hObject, eventdata, handles)

data3=zeros(1,4);
set(handles.uitable7,'Data',data3);
RQ2=0;
set(handles.text14, 'String',RQ2);
TEXT='';
set(handles.text3, 'String','');
set(handles.text28, 'String','');
set(handles.text26, 'String','');

function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)

function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function uipanel15_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

function pushbutton9_Callback(hObject, eventdata, handles)
RQ2=get(handles.text14,'String');
w=str2double(RQ2);
if w==0
return
end
A=get(handles.uitable7,'Data');
B=cell(1,4);
B{1}=RQ2;
A=vertcat(B,A);
prompt = { 'Όνομα αρχείου' };

```

```

dlgttitle = 'Αποθήκευση';
definput = {'project'};
opts.Interpreter = 'tex';
answer=[];

answer = cell2mat(inputdlg(prompt,dlgttitle,[1 40],definput,opts));
if isempty(answer)==1
return
end

folder = 'c:\Users\user\Desktop';
if ~exist(folder, 'dir')
mkdir(folder);
end

filename = sprintf('%s.xlsx',answer);
recycle on
delete(filename);
fullFileName = fullfile(folder, filename);
xlswrite(filename,A);

% --- Executes on button press in pushbutton10.
function pushbutton10_Callback(hObject, eventdata, handles)
[filename pathname] = uigetfile({'*.xlsx'},'File Selector');
if filename==0
return
end

[a,v,data]=xlsread(filename);
[a,b]=size(data);
if not (b==4)
TEXT='ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΟ ΑΡΧΕΙΟ';
set(handles.text28,'String',TEXT);
return
end

RQ2=cell2mat(data(1));

```



```

set(handles.text14,'String',RQ2);
data(1,:)=[];
for k = 1:numel(data)
if isnan(data{k})
data{k} = '';
end
end
for i=1:numel(data(:,2))
if isempty(cell2mat(data(i,2)))==0
w=days(cell2mat(data(i,2)));
w.Format='hh:mm';
data{i,2}=char(w);
w=days(cell2mat(data(i,3)));
w.Format='hh:mm';
data{i,3}=char(w);
end
end
B=cell(1,4);
data=vertcat(data,B);
set(handles.uitable7,'Data',data);
TEXT='';
set(handles.text28,'String',TEXT);

```