

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

**ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΟΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟ ΠΤΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟ ΠΛΗΡΩΜΑΤΟΣ
ΑΠΟ ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ
ΚΥΠΡΙΑΚΩΝ ΑΕΡΟΓΡΑΜΜΩΝ (CYPRUS AIRWAYS)**

Από

ΑΝΤΡΕΟΥ ΑΝΤΡΕΑ

A.M. 935

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των
απαιτήσεων για την απόκτηση του
Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού
2011



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 14928/1
Ημερ. Εισ.: 05-10-2017
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΜΜ
2011
ΑΝΤ

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

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής Δρ. Σαχαρίδης Γιώργος
(Επιβλέπων) Επίκουρος Καθηγητής (Μέθοδοι Επιχειρησιακής Έρευνας στη Βιομηχανική Διοίκηση).
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών - Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Λυμπερόπουλος Γιώργος
Καθηγητής (Στοχαστικές Μέθοδοι στην Διοίκηση Παραγωγής)
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών - Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Κοζανίδης Γιώργος
Επίκουρος Καθηγητής (Μέθοδοι Βελτιστοποίηση Συστημάτων Παραγωγής / Υπηρεσιών)
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών - Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες :

Πρώτα απ' όλα, θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας, Λέκτορα κύριο Σαχαρίδη Γιώργο, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της δουλειάς μου. Επίσης, είμαι ευγνώμων στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της διπλωματικής εργασίας μου, Καθηγητές κύριο Γιώργο Λυμπερόπουλο και κύριο Γιώργο Κοζανίδη για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους. Οφείλω ευχαριστίες στους φίλους(ες) μου για την ηθική υποστήριξή τους. ενώ πάνω απ' όλα, είμαι ευγνώμων στους γονείς μου, για την αγάπη, κατανόησή και υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια.

Αντρέου Αντρέας

**ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΟΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟ ΠΤΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟ ΠΛΗΡΩΜΑΤΟΣ
ΑΠΟ ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ
ΚΥΠΡΙΑΚΩΝ ΑΕΡΟΓΡΑΜΜΩΝ (CYPRUS AIRWAYS)**

ANTPEOY ANTPEAS

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών - Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας , 2011

Επιβλέπων Καθηγητής:

Δρ. Σαχαρίδης Γιώργος

Επίκουρος Καθηγητής (Μέθοδοι Επιχειρησιακής Έρευνας στη Βιομηχανική Διοίκηση)

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών - Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Περίληψη

Από τα πανάρχαια χρόνια ο άνθρωπος είχε μία επιθυμία, να πετάξει. Παρατηρούσε συνεχώς τα πουλιά στον αέρα και προσπαθούσε να βρει τρόπο να κατακτήσει τους αιθέρες. Αυτή η επιθυμία του έγινε πραγματικότητα τον 19^ο αιώνα, όταν οι εφευρέτες και αεροπόροι αδελφοί Ράιτ κατάφεραν να κατασκευάσουν αεροπλάνο που να επιτυγχάνει σταθερή πτήση και μάλιστα με επιβάτη. Με την πάροδο του χρόνου και την εξέλιξη της τεχνολογίας στον 20^ο αιώνα, το αεροπλάνο βελτιώθηκε και έγινε ένα από τα σημαντικότερα μέσα συγκοινωνίας που χρησιμοποιούν οι άνθρωποι. Για την καλύτερη εξυπηρέτηση αυτών, δημιουργήθηκαν αεροπορικές εταιρείες οι οποίες διαθέτουν ένα αριθμό αεροπλάνων και πληρωμάτων αυτών, στις οποίες μπορούν να αποταθούν οι ταξιδιώτες για τις μετακινήσεις τους.

Λόγω της ανταγωνιστικότητας στην αγορά, οι αεροπορικές εταιρείες ψάχνουν τρόπο να εξυπηρετούν όσους περισσότερους πελάτες μπορούν, μειώνοντας όμως ταυτόχρονα τα έξοδα που προκύπτουν από μια πτήση, και των απρόβλεπτων γεγονότων που μπορούν να συμβούν πριν την πτήση (π.χ. μηχανική βλάβη, κακές καιρικές συνθήκες). Αυτό επιτυγχάνεται με το σωστό προγραμματισμό του υπάρχοντος πληρώματος και των αεροπλάνων. Σε αυτή τη μελέτη θα γίνει αναφορά σε συγκεκριμένες αεροπορικές εταιρείες του εξωτερικού για το πώς αντιμετωπίζουν απρόβλεπτα γεγονότα και θα παρουσιαστεί μαθηματικό μοντέλο με το οποίο μπορούν οι αεροπορικές εταιρείες να πετυχαίνουν σωστό προγραμματισμό πτήσεων και πληρώματος στις πτήσεις τους. Η όλη παρουσία του μαθηματικού μοντέλου θα βασίζεται σε δεδομένα που αφορούν τις Κυπριακές Αερογραμμές, μιας και θα γίνει αναφορά στην ίδια την εταιρεία.

Περιεχόμενα

Σελίδα

Κεφάλαιο 1

Περιγραφή γενικού προβλήματος

- | | | |
|-----|--|----|
| 1.1 | Εισαγωγή | 5 |
| 1.2 | Περιγραφή δευτερευόντων προβλημάτων | 6 |
| | • Πρόβλημα προγραμματισμού διαθέσιμων πτήσεων | 7 |
| | • Πρόβλημα προγραμματισμού διαθέσιμου προσωπικού πτήσεων | 10 |

Κεφάλαιο 2

Πορεία για αντιμετώπιση προβλήματος μέχρι στιγμής

- | | | |
|-----|--|----|
| 2.1 | Παρουσίαση 1 ^{ου} δημοσιεύματος | 12 |
| 2.2 | Παρουσίαση 2 ^{ου} δημοσιεύματος | 14 |
| 2.3 | Παρουσίαση 3 ^{ου} δημοσιεύματος | 16 |
| 2.4 | Αντιμετώπιση προβλήματος από ξένες αεροπορικές εταιρείες | 17 |

Κεφάλαιο 3

Περιγραφή μεταβλητών προβλήματος

- | | | |
|-----|--|----|
| 3.1 | Πρόβλημα προγραμματισμού πτήσεων | 24 |
| 3.2 | Πρόβλημα προγραμματισμού διαθέσιμου προσωπικού | 26 |

Κεφάλαιο 4

Case Study Κυπριακών Αερογραμμών (C.A.)

- | | | |
|-----|--|----|
| 4.1 | Εισαγωγική αναφορά στις Κυπριακές Αερογραμμές | 29 |
| 4.2 | Περιγραφή προβλημάτων Κυπριακών Αερογραμμών | 31 |
| 4.3 | Προσπάθεια επίλυσης προβλημάτων - Συνεργασία με SITA | 34 |

Κεφάλαιο 5

Μοντελοποίηση προβλήματος - Αποτελέσματα

- | | | |
|-----|---|----|
| 5.1 | Εισαγωγή γενικού προβλήματος | 36 |
| 5.2 | Μαθηματική μοντελοποίηση - Ανάλυση μοντέλου – Αποτελέσματα | 39 |
| 5.3 | Χρήση μοντέλου GPSS και αποτελέσματα μέχρι στιγμής | 51 |

Κεφάλαιο 6

Τελική ανασκόπηση εργασίας - Συμπεράσματα

- | | | |
|-----|---------------------------------|----|
| 6.1 | Ανασκόπηση - Συμπεράσματα | 56 |
|-----|---------------------------------|----|

Βιβλιογραφία 57

Κεφάλαιο 1

Περιγραφή γενικού προβλήματος αεροπορικής εταιρείας

1.1. Εισαγωγή

Οι αεροπορικές εταιρείες, στα πλαίσια του ανταγωνισμού, προσπαθούν να εξυπηρετήσουν όσο πιο πολύ επιβατικό κοινό γίνεται, προσφέροντας σε αυτό περισσότερα δρομολόγια, όσο αφορά τις προγραμματιζόμενες πτήσεις με διαθέσιμα αεροπλάνα και προσωπικό. Αυτό είναι ένα συνηθισμένο πρόβλημα που αντιμετωπίζει σε μεγάλο βαθμό κάθε αεροπορική εταιρεία και προσπαθεί να το επιλύσει σε μικρό χρονικό διάστημα και για το λόγο αυτό αναζητεί μεθόδους που την βοηθούν να έχει περισσότερα κέρδη και λιγότερα έξοδα όσο αφορά τον τρόπο λειτουργίας της. Η λύση του πιο πάνω προβλήματος δίνεται με την χρήση μαθηματικών μοντέλων, τα οποία με την σωστή μορφοποίηση αυτών δίνουν απαντήσεις σε μικρό χρονικό διάστημα.

Το γεγονός αυτό δηλαδή να εξυπηρετείται άμεσα το επιβατικό κοινό που χρησιμοποιεί μια συγκεκριμένη αεροπορική εταιρία για τις μετακινήσεις του, προσφέρει οφέλη στην ίδια την αεροπορική εταιρεία, αφού με αυτό τον τρόπο γίνεται ευρέως γνωστή για το μεγάλο βαθμό εξυπηρέτησης πελατών που διαθέτει, και παράλληλα αυξάνει τα κέρδη της από τις υπηρεσίες που λαμβάνει και χρησιμοποιεί το επιβατικό κοινό από αυτή. Το επιβατικό κοινό τις περισσότερες φορές θέλει η πτήση που θα πάρει για την μετακίνηση του, να έχει τερματικό σταθμό την πόλη που έχει επιλέξει από τη αρχή για να πάει. Κάθε μεγάλη πόλη στην σημερινή εποχή διαθέτει αεροδρόμιο που δέχεται εσωτερικές και εξωτερικές πτήσεις. Αν μια αεροπορική εταιρεία εξυπηρετεί το αεροδρόμιο της επιλεγόμενης πόλης προορισμού από το επιβατικό κοινό, τότε θα προσελκύσει άμεσα την αεροπορική εταιρεία για να προγραμματίσει την πτήση (εικόνα 1).

Εκτός όμως από τα οφέλη, παρουσιάζονται και πολλά προβλήματα στην αεροπορική εταιρεία για να καταφέρει να πετύχει το συγκεκριμένο στόχο της. Πρέπει με οργανωμένο και βέλτιστο προγραμματισμό να οργανώσει το διαθέσιμο προσωπικό και τα αεροπλάνα που έχει και να τα ετοιμάσει για να εκτελέσουν τα επιθυμητά δρομολόγια του επιβατικού κοινού. Αυτό πρέπει επίσης να καταφέρει να το επιλύσει σε μικρό χρονικό διάστημα, πράγμα δύσκολο για την ίδια αφού υπάρχουν πολλά αεροπλάνα και μεγάλος αριθμός εργατικού προσωπικού που δουλεύουν σε αυτά. Κάθε φορά που πρέπει να γίνει μια πτήση, πρέπει να είναι σε θέση να διαθέτει διαθέσιμο προσωπικό που είναι οι κυβερνήτες του αεροπλάνου και πλήρωμα για το αεροπλάνο που είναι οι αεροσυνοδοί (εικόνα 2). Επίσης θα πρέπει να ορίσει την διαδρομή που θα πρέπει να κάνει το συγκεκριμένο αεροπλάνο ώστε να προγραμματιστεί η πτήση έγκαιρα και να ενημερωθεί το αεροδρόμιο για την άφιξη και αναχώρησης της πτήσης, πράγμα δύσκολο για την ίδια την αεροπορική εταιρεία αφού πρέπει να προγραμματίσει πολλές πτήσεις οι οποίες οι περισσότερες είναι χρονικά οριακά κοντά. Επιπλέον κάθε διαδρομή που εκτελείται από συγκεκριμένο τύπο αεροπλάνου έχει και κάποιο κόστος για την ίδια την αεροπορική εταιρεία. Συνήθως τα αεροπλάνα που έχει στην κατοχή της είναι αεροπλάνα μικρής χωρητικότητας επιβατών (Airbus) και αεροπλάνα μεγάλης χωρητικότητας επιβατών (Jumbo Jet). Ανάλογα με τον προορισμό, αν θα είναι μακριά ή κοντά, η αεροπορική εταιρεία οφείλει να πληρώσει ένα κόστος μεταφοράς. Όσο μεγαλύτερης διάρκειας είναι το δρομολόγιο, τόσο μεγαλύτερο είναι και το κόστος μεταφοράς. Ακόμη θα πρέπει να παραχωρήσει στο προσωπικό της πτήσης όλους τους απαιτούμενους μισθούς

και ένα επιπλέον ποσό για να εξασφαλίσει σε αυτούς στην παραμονή και διανυκτέρευση αυτών στην πόλη προορισμού.



Εικόνα 1 : Επιβατικό κοινό που επιλέγει συγκεκριμένη αεροπορική εταιρεία για την μετακίνησή του. (Πηγή : Google Images).

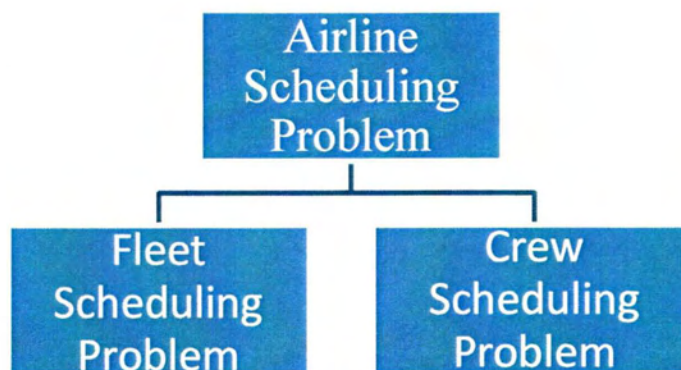


Εικόνα 2 : Κυβερνήτες και αναγκαστικό προσωπικό που χρειάζονται σε μια πτήση. (Πηγή : Google Images).

1.2. Περιγραφή δευτερευόντων προβλημάτων αυτού

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, μια αεροπορική εταιρεία πρέπει να είναι σε θέση να επιλύσει τα προβλήματα που παρουσιάζονται σε αυτή σε μικρό χρονικό διάστημα, ώστε να είναι σε θέση να ξεναμπεί δυναμικά στο παιχνίδι του ανταγωνισμού, και ταυτόχρονα να είναι σε θέση να μεγιστοποιεί τα κέρδη της χωρίς μεγάλες απώλειες σε αυτή. Ένα από αυτά τα προβλήματα είναι και το γενικό πρόβλημα προγραμματισμού της ίδιας της εταιρείας που αφορά στόλο αεροπλάνων και πληρώματα αυτών. Θα πρέπει να ορίζει ποιο αεροπλάνο και τι τύπου θα χρησιμοποιηθεί σε κάθε πτήση και τον αριθμό των πληρωμάτων που θα μπουν στην πτήση.

Το γενικό πρόβλημα προγραμματισμού (airline scheduling problem) χωρίζεται σε δύο δευτερεύοντα προβλήματα (εικόνα 3). Αν κάποιος καταφέρει να επιλύσει αυτά τα δύο δευτερεύοντα προβλήματα, έχει καταφέρει να βρεί μια λύση για το γενικό πρόβλημα. Τα δύο αυτά προβλήματα είναι το πρόβλημα προγραμματισμού του διαθέσιμου αριθμού αεροπλάνων (fleet scheduling problem) και το πρόβλημα του προγραμματισμού του διαθέσιμου προσωπικού που θα αναλάβει συγκεκριμένο αεροπλάνο (crew scheduling problem). Πιο κάτω γίνεται αναλυτική αναφορά σε αυτά τα δύο δευτερεύοντα προβλήματα.



Εικόνα 3 :

Διαχωρισμός του γενικού προβλήματος σε δύο υποπροβλήματα

➤ Πρόβλημα προγραμματισμού διαθέσιμων πτήσεων

Κάθε εταιρεία ανάλογα με την οικονομική άνεση που διαθέτει, αποφασίζει τον αριθμό των αεροπλάνων που θα προμηθευτεί και θα τα χρησιμοποιεί για την εξυπηρέτηση του αεροπορικού κοινού. Συνήθως προμηθεύονται δύο ή περισσότερους τύπους αεροπλάνων οι οποίοι διαφέρουν κυρίως ως προς το αριθμό επιβατών που μεταφέρουν. Ένα σωστό και οργανωμένο πρόβλημα προγραμματισμού επιτρέπει σε μια αεροπορική εταιρεία να αντιμετωπίσει τις απρόβλεπτες διαταραχές, οι οποίες συμβαίνουν σε καθημερινή βάση και συνήθως είναι οι καθυστερήσεις αεροπλάνων και οι ακυρώσεις πτήσεων λόγω προβλημάτων. Το πρόβλημα προγραμματισμού αεροπλάνων παίζει σημαντικό ρόλο για μια αεροπορική εταιρεία γιατί η σωστή επίλυση αυτού θα βοηθήσει την εταιρεία να αποδίδει καλύτερα τις υπηρεσίες της, που αποσκοπούν στην εξυπηρέτηση του αεροπορικού κοινού που χρησιμοποιεί τα αεροπλάνα της για την μετακίνηση του.

Σε αυτό το πρόβλημα η αεροπορική εταιρεία παίρνει αποφάσεις για το αριθμό των αεροπλάνων που θα χρησιμοποιεί για τα δρομολόγια πτήσεων, και καθορίζει σε κάθε τύπο αεροπλάνων τα δρομολόγια που θα ακολουθήσει. Η ίδια η εταιρεία καθορίζει ποιοί τύποι αεροπλάνων θα εκτελούν εσωτερικά δρομολόγια και ποιοί τύποι θα εκτελούν εξωτερικά δρομολόγια. Οι αεροπορικές εταιρείες επιλέγουν να χρησιμοποιούν ένα τύπο αεροπλάνου να εξυπηρετεί πολλά αεροδρόμια, έτσι ώστε να εξυπηρετείται όσο περισσότερο αεροπορικό κοινό γίνεται από το ίδιο το αεροπλάνο. Δεν επιλέγουν να στείλουν δύο αεροπλάνα την ίδια χρονική στιγμή σε ένα κοινό προορισμό γιατί με αυτό τον τρόπο χάνουν ένα αεροπλάνο το οποίο θα μπορούσε άνετα να εξυπηρετεί ένα διαφορετικό προορισμό προσφέροντας έτσι ικανοποίηση στο επιβατικό κοινό. Ακόμη τα δρομολόγια που κάνει ένα αεροπλάνο είναι αρκετά δηλαδή υπάρχουν πολλά αεροδρόμια που μπορεί να εξυπηρετήσει την ίδια στιγμή το ίδιο αεροπλάνο. Έτσι πρέπει να επιλέξει δρομολόγιο το οποίο να βολεύει καλύτερα την εταιρεία. Για αυτό τον λόγο η ίδια αεροπορική εταιρεία θέτει ένα περιορισμό που ορίζει ότι ένα αεροπλάνο θα χρησιμοποιείται για κάθε δρομολόγιο που εκτελείται.

Το συγκεκριμένο πρόβλημα έχει ως στόχο να οδηγήσει την αεροπορική εταιρεία να πάρει σωστές αποφάσεις οι οποίες θα μεγιστοποιούν το κέρδος και αντίστοιχα θα ελαχιστοποιούν το κόστος, όσο αφορά την χρήση των αεροπλάνων σε κάθε χρήση. Το συνολικό κόστος που αφορά τα αεροπλάνα αποτελείται από το κόστος συντήρησης, το λειτουργικό κόστος και το κόστος που έχει η εταιρεία όταν ανικανοποίητοι πελάτες ακυρώνουν το εισιτήριο τους για προγραμματιζόμενη πτήση με συγκεκριμένο αεροπλάνο της εταιρείας. Το κέρδος αντίστοιχα που έχει η εταιρεία είναι η στροφή περισσότερου καταναλωτικού κοινού στα δρομολόγια που προσφέρει η αεροπορική εταιρεία από τα ίδια της τα αεροπλάνα. Πιο κάτω γίνεται αναλυτική αναφορά σε κέρδος και συνολικό κόστος.

Κέρδος : Για να ταξιδέψει κανείς με αεροπλάνο και να πάει σε ένα προορισμό θα πρέπει πρώτα να προμηθευτεί το εισιτήριο του από την αεροπορική εταιρεία που εκτελεί το δρομολόγιο που επιλογής του. Αν μια αεροπορική εταιρεία εξυπηρετεί πολλά αεροδρόμια και ταυτόχρονα πολλούς προορισμούς, θα οδηγήσει μεγάλο αριθμό επιβατικού κοινού να αγοράσει εισιτήριο από την ίδια την εταιρεία, πράγμα που οδηγεί στην αύξηση των εσόδων της.

Κόστος συντήρησης : Όπως όλες οι μηχανές έχουν ένα όριο λειτουργίας το οποίο αν ξεπεραστεί οδηγεί στην φθίνουσα αποδοτικότητα αυτής, έτσι και τα αεροπλάνα έχουν ένα όριο στο οποίο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εκτελέσουν δρομολόγια. Οι σχετικές οδηγίες για την συντήρηση και το όριο αυτό δίνονται από διεθνείς οργανισμούς που σχετίζονται με την αεροπλοΐα, και οι αεροπορικές εταιρείες είναι υποχρεωμένες να τις ακολουθούσουν πιστά, αφού ως πρώτο ρόλο σχετίζονται με την ασφάλεια του επιβατικού κοινού. Η αεροπορική εταιρεία πρέπει να οργανώσει τα διαθέσιμα αεροπλάνα που έχει ώστε να εκτελέσουν όσες πιο πολλές πτήσεις γίνεται πριν την προγραμματιζόμενη συντήρηση αυτών για να καταφέρει να παραμείνει σταθερή στο πρόγραμμα λειτουργίας της εταιρείας. Όσο περισσότερο αργεί μια εταιρεία να οδηγήσει τα αεροπλάνα της για συντήρηση, τόσο μεγαλύτερο είναι και το πρόστιμο που καλείται να πληρώσει, ενώ αν δε φροντίζει ο χρόνος συντήρησης να είναι ελάχιστος, τότε θα χάνει πελάτες γιατί δεν θα έχει αεροπλάνο έτοιμο για να πραγματοποιήσει την επιθυμητή για αυτούς πτήση. Επίσης οφείλει να πληρώσει το εργατικό δυναμικό που θα συντηρήσει το αεροπλάνο. Αν το αεροπλάνο χρειάζεται χρόνο να επιδιορθωθεί, τόσο μεγάλο θα είναι και το κόστος πληρωμής του εργατικού δυναμικού. Συνήθως ο έλεγχος συντήρησης γίνεται μετά από ένα αριθμό ωρών πτήσεων που έχει κάνει το συγκεκριμένο αεροπλάνο (εικόνα 4).

Λειτουργικό κόστος : Στο λειτουργικό κόστος περιλαμβάνονται το κόστος αγοράς και χρήσης καυσίμων για το αεροπλάνο καθώς επίσης και το κόστος προσγείωσης αυτού. Το κόστος αγοράς και χρήσης καυσίμων είναι η δεύτερη μεγαλύτερη δαπάνη σε μια αεροπορική εταιρεία και για το λόγο αυτό προσπαθούν να μειώσουν το κόστος αυτό χωρίς να επηρεάζουν το πρόγραμμα πτήσεων (εικόνα 6). Συνήθως οι αεροπορικές εταιρείες επιλέγουν καύσιμα με χαμηλή αποδοτικότητα επειδή τα αεροπλάνα λόγω απογείωσης και προσγείωσης καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες καυσίμων. Το κόστος προσγείωσης είναι ένα κόστος που πληρώνει ένα αεροπλάνο όταν θέλει να προσγειωθεί σε ένα αεροδρόμιο. Σε αεροδρόμια όπου παρατηρείται συμφόρηση η τιμή του κόστους αυτού είναι μεγαλύτερη σε σχέση με αεροδρόμια με περιορισμένη κίνηση. Υπάρχουν αεροδρόμια τα οποία δεν χρεώνουν κόστος προσγείωσης στα αεροπλάνα, και αυτό γίνεται για να προσελκύσουν περισσότερες πτήσεις από διάφορες αεροπορικές εταιρείες. Οι αεροπορικές εταιρείες προσπαθούν να εκμεταλλευτούν αυτό το γεγονός και προσπαθούν να οργανώσουν το πρόγραμμα πτήσης τους ώστε οι περισσότερες πτήσεις τους να καταλήγουν ή να κάνουν στάση στα συγκεκριμένα αεροδρόμια.

Κόστος ανικανοποίητων πελατών : Λόγω απρόβλεπτων γεγονότων που συμβαίνουν και προκαλούν προβλήματα στην ομαλή λειτουργία αεροπορικών εταιρειών, αρκετό επιβατικό κοινό αναγκάζεται να ακυρώσει τα εισιτήρια που έχει αγοράσει ή ακόμα να αναζητήσει καλύτερες συνθήκες εξυπηρέτησης σε ανταγωνιστική αεροπορική εταιρεία. Μερικά από αυτά τα προβλήματα είναι η πολύωρη καθυστέρηση στην άφιξη και αναχώρηση ενός αεροπλάνου και οι τακτικές στάσεις αεροπλάνων στο αεροδρόμιο λόγω τεχνικών προβλημάτων ή κακών καιρικών συνθηκών. Το επιβατικό κοινό τις περισσότερες φορές θέλει να μετακινείται χωρίς να ταλαιπωρείται και να εξυπηρετείται όσο πιο γρήγορα γίνεται από τις εταιρείες αυτές. Ακόμη οι αεροπορικές εταιρείες για να διατηρήσουν το πρόγραμμα πτήσεων, συνήθως αναγκάζονται να εκτελούν τις πτήσεις χωρίς να έχει γεμίσει εντελώς τα αεροπλάνα. Οι κενές θέσεις οφείλονται στο γεγονός ότι κάποιοι επιβάτες θέλησαν να μην ταξιδέψουν με τις συγκεκριμένες πτήσεις, πράγμα που αυξάνει το κόστος μεταφοράς και μειώνει τα έσοδα των αεροπορικών εταιρειών (εικόνα 5). Έτσι οι αεροπορικές

εταιρείες θα πρέπει αυτό το κόστος να το ελαχιστοποιήσουν ή και ακόμα να το μηδενίσουν αν θέλουν να είναι ανταγωνιστικές στην αγορά και να παραμείνουν χωρίς προβλήματα.



Εικόνα 4:

Συνηθισμένη επιθεώρηση αεροπλάνου που οδηγήθηκε για συντήρηση.
(Πηγή : Google Images).



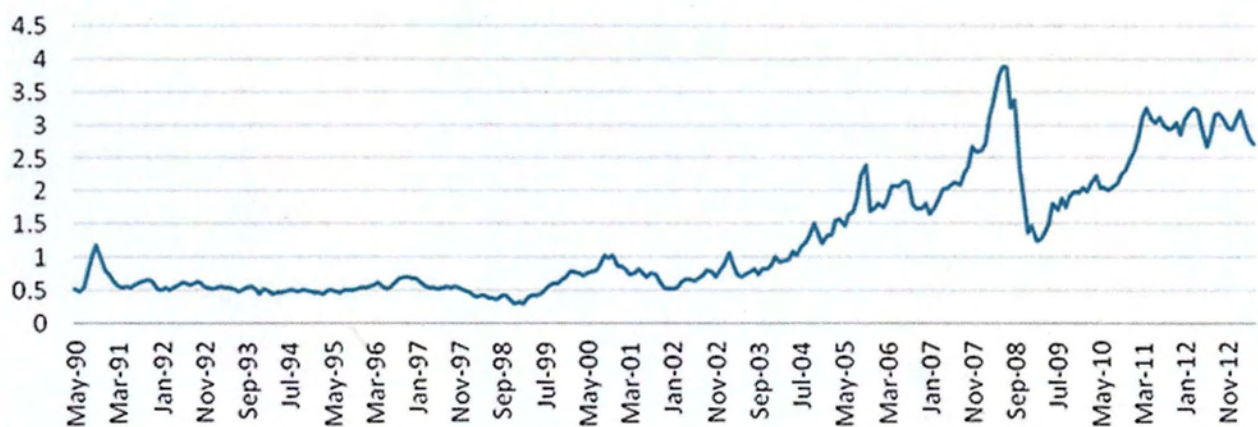
Εικόνα 5 (αριστερά) :

Πτήση στην οποία δεν έχουν γεμίσει όλες οι θέσεις από το επιβατικό κοινό.
(Πηγή : Google Images).

Εικόνα 6 (κάτω) :

Η τιμή των καυσίμων για αεροπλάνα σε δολάρια τις χρονιές 1990 – 2013.
(Πηγή : <http://financetrainingcourse.com>)

**Jet Fuel prices USD/gallon
1990 - 2013**



➤ Πρόβλημα προγραμματισμού διαθέσιμου προσωπικού

Κάθε αεροπορική εταιρεία διαθέτει προσωπικό το οποίο είναι υπεύθυνο για την ομαλή διεξαγωγή μια πτήσης. Το προσωπικό αυτό ονομάζεται αλλιώς και πλήρωμα αεροπλάνου και πρέπει αναγκαία να βρίσκεται παρών κατά το προγραμματισμό μιας πτήσης. Το προσωπικό αυτό αποτελείται από ένα αριθμό αναγκαίων αεροσυνοδών και από δυο άτομα που είναι υπεύθυνα για την ομαλή εκτέλεση της πτήσης, ένα κυβερνήτη και ένα συγκυβερνήτη.

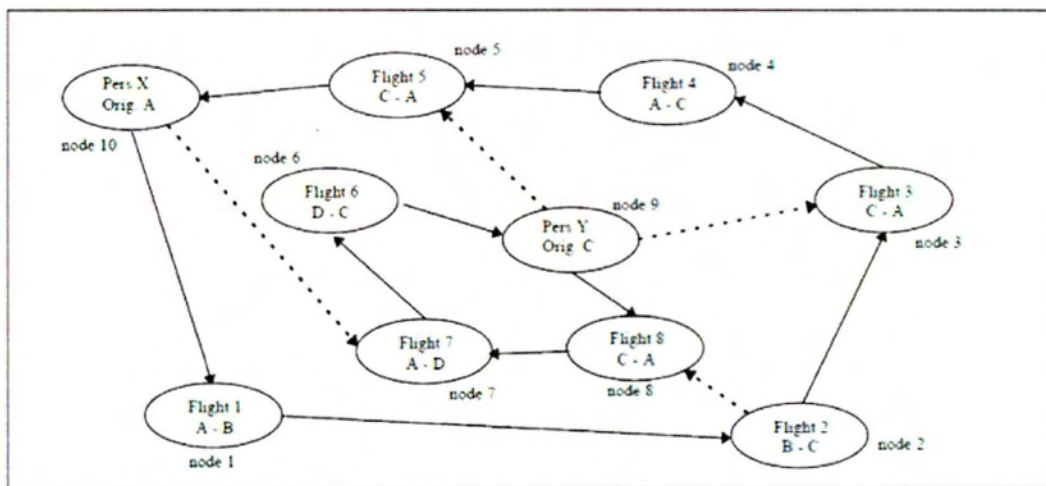
Η σύνθεση του πληρώματος εξαρτάται από τον τύπο του αεροπλάνου που θα χρησιμοποιηθεί για την πτήση, καθώς και το σκοπό της πτήσης. Πιο πάνω έγινε αναφορά σχετικά με τα αεροπλάνα που έχει στην κατοχή της μια αεροπορική εταιρεία. Κατέχει αεροπλάνα μικρής χωρητικότητας επιβατών και αεροπλάνα μεγάλης χωρητικότητας ατόμων. Στα αεροπλάνα με μεγάλη χωρητικότητας επιβατών, το πλήρωμα είναι περισσότερο σε σχέση με το πλήρωμα σε αεροπλάνα με μικρή χωρητικότητα. Στα μεγάλα αεροπλάνα απαιτείται η παρουσία ενός κυβερνήτη και δυο συγκυβερνητών μαζί με έντεκα αεροσυνοδούς για την εξυπηρέτηση επιβατικού κοινού στον αέρα. Στα μικρά αεροπλάνα απαιτείται η παρουσία ενός κυβερνήτη και ενός συγκυβερνήτη μαζί με πέντε αεροσυνοδούς για την εξυπηρέτηση επιβατικού κοινού στον αέρα.

Σε αυτό το πρόβλημα η αεροπορική εταιρεία προσπαθεί να βρει τον βέλτιστο αριθμό ζευγαριών μεταξύ προσωπικού, που ικανοποιούν τους περιορισμούς της ίδιας της εταιρείας, αλλά ταυτόχρονα μειώνουν το συνολικό κόστος πληρώματος. Αν και φαίνεται εύκολο να ορίσει κάποιος προσωπικό σε μία πτήση, οι αεροπορικές εταιρείες αντιμετωπίζουν δυσκολίες στο να επιλύσουν αυτής της μορφής πρόβλημα. Το πρόβλημα παρουσιάζεται στο γεγονός ότι μια αεροπορική εταιρεία δεν διαθέτει μόνο ένα άτομο για κάθε αρμοδιότητα, αλλά διαθέτει μεγάλο αριθμό προσωπικού που αποτελείται από αεροσυνοδούς, κυβερνήτες και συγκυβερνήτες. Η αεροπορική εταιρεία καλείται να ορίσει τους βέλτιστους συνδυασμούς του προσωπικού μιας πτήσης, ώστε να εκτελεστεί με απόλυτο τρόπο το πρόγραμμα πτήσεων και παράλληλα να είναι σε θέση να προγραμματίσει μια άλλη πτήση χωρίς να έχει απώλειες σε προσωπικό και καθυστερήσεις στις προγραμματιζόμενες πτήσεις. Επίσης οι αεροπορικές εταιρείες παίρνουν κανονισμούς που αφορούν τον τρόπο εργασίας του προσωπικού μιας πτήσης από διεθνής οργανισμούς αεροπλοΐας και πρέπει να είναι σε θέση να τους τηρεί απόλυτα στο προγραμματισμό που κάνει στο για τις πτήσεις. Για να ορίσει τους βέλτιστους συνδυασμούς του προσωπικού πτήσης μια αεροπορική εταιρεία χρησιμοποιεί το στάδιο της αντιστοίχισης προσωπικού (Crew pairings) ενώ για να ορίσει σε ποια πτήση θα πάει κάθε δυνατός συνδυασμός, χρησιμοποιώντας πάντα τα διαθέσιμα αεροπλάνα και διαθέσιμο προσωπικό, χρησιμοποιεί το στάδιο του προγραμματισμού πτήσεων (Roster). Στην συνέχεια οι δύο αυτοί όροι αναλύονται με λεπτομέρειες.

Crew Pairings : Ονομάζεται έτσι η διαδικασία συνδυασμού πτήσεων σε ζευγάρια τα οποία έχουν αρχίσει και τελειώσει στο αρχικό αεροδρόμιο. Μια αεροπορική εταιρεία προσπαθεί με κάθε τρόπο να φέρει το προσωπικό που ήδη χρησιμοποίησε στο αεροδρόμιο, όπου ξεκίνησε την αρχική του πτήση, έτσι ώστε να είναι έτοιμο να το ξαναχρησιμοποιήσει σε μία άλλη πτήση που έχει διαφορετικό προορισμό (εικόνα 7). Όλη αυτή η διαδικασία έχει ως περιορισμό ότι το ζεύγος που εκτελεί την συγκεκριμένη πτήση πρέπει να έχει πάει σε όσα πιο πολλά αεροδρόμια γίνεται, εξυπηρετώντας έτσι περισσότερο επιβατικό κοινό. Παράλληλα όμως πρέπει να έχει το λιγότερο συνολικό μεταφορικό κόστος. Ο συνδυασμός αυτός του περιορισμού που χρησιμοποιεί στο Crew Pairing, βοηθά την εταιρεία να εξυπηρετεί βέλτιστα πολλά αεροδρόμια χρησιμοποιώντας το

λιγότερο εφικτό προσωπικό. Έτσι η αεροπορική εταιρεία έχει μια βελτίωση όσο αφορά τα έσοδα της και μπορεί να μειώσει τα μεταφορικά έξοδα της κατά 10 %. Σε αυτά τα έξοδα περιλαμβάνονται οι μισθοί του πληρώματος, οι πληρωμές του προσωπικού σε περίπτωση που χρειαστεί να κάνουν υπερωρίες ή να διανυχτερεύσουν σε μία πόλη που μόλις εξυπηρέτησαν με πτήση και τα έξοδα για τα καύσιμα που χρησιμοποιήθηκαν στις πτήσεις.

Roster : Σε αυτή την διαδικασία η αεροπορική εταιρεία συγκρίνει τα προσόντα, τις ικανότητες και το χρόνο πτήσης κάθε ατόμου του προσωπικού της ξεχωριστά και με συγκεκριμένους περιορισμούς ορίζει τα ζευγάρια που θα μπουν σε κάθε αεροπλάνο για να εκτελεστεί μια πτήση (εικόνα 8). Οι περιορισμοί που χρησιμοποιεί η εταιρεία έχουν ως κοινό παρονομαστή το χρόνο. Είναι κρατικοί κανονισμοί που σχετίζονται με το χρόνο πτήσης, χρόνο υπηρεσίας και χρόνο ανάπαυσης που απαιτούνται ώστε να μειώνεται η κόπωση των πληρωμάτων και ο χρόνος συντήρησης των αεροπλάνων. Επίσης πρέπει να γίνεται αντιστοίχιση μεταξύ έμπειρών μελών του πληρώματος με περισσότερα κατώτερα μέλη πληρώματος, ώστε να μπορέσουν να αποκτήσουν πείρα.



Εικόνα 7 : Σχεδιάγραμμα που περιγράφει τον τρόπο όπου το διαθέσιμο προσωπικό που ξεκινούν από ένα προορισμό (note 10 & note 9) καταλήγει μετά από χρονικό διάστημα στο αρχικό προορισμό εκκίνησης. (Πηγή : Google Images).

16 02/03/2009		Go		Simple Pattern To Emp		Select Shift	
Show	Mon Mar 02 2009	Tue Mar 03 2009	Wed Mar 04 2009	Thu Mar 05 2009	Fri Mar 06 2009	Sat Mar 07 2009	Sun Mar 08 2009
EMP012, FT, 160 Hrs @?Kelly Ned	RDO Roster Day Off	RDO Roster Day Off	09:00 17:30	09:00 17:30	09:00 17:30	09:00 17:30	10:00 18:30
EMP008, FT, 160 Hrs Green Gary	09:00 17:30	09:00 17:30	09:00 17:30	09:00 17:30	15:00 23:30	15:00 23:30	RDO Roster Day Off
MER01, FT, 160 Hrs @?Mercury Freddie T	15:00 23:30	15:00 23:30	15:00 23:30	15:00 23:30	RDO Roster Day Off	RDO Roster Day Off	16:00 00:30
EMP009, PT, 68 Hrs High Mandy Jane	09:00 17:30	09:00 17:30	09:00 17:30	09:00 17:30	10:30 19:00	RDO Roster Day Off	RDO Roster Day Off
EMP014, FT, 68 Hrs Mandy Jane	RDO Roster Day Off	RDO Roster Day Off	14:30 23:00	14:30 23:00	14:30 23:00	14:30 23:00	15:30 00:00
EMP004, FT, 68 Hrs Blue Betty	14:30 23:00	14:30 23:00	RDO Roster Day Off	RDO Roster Day Off	09:00 17:30	09:00 17:30	10:00 18:30
Pattern: A-MGR Line:1	RDO Roster Day Off	RDO Roster Day Off	M8.0F0900 MGR 8.0H	M8.0F0900 MGR 8.0H	M8.0F0900 MGR 8.0H	M8.0F0900 MGR 8.0H	M8.0F0900 MGR 8.0H
Pattern: A-MGR Line:2	M8.0F0900 MGR 8.0H	M8.0F0900 MGR 8.0H	M8.0F0900 MGR 8.0H	M8.0F0900 MGR 8.0H	M8.0F1500 MGR 8.0H	M8.0F1500 MGR 8.0H	RDO Roster Day Off
Pattern: A-MGR Line:3	M8.0F1500 MGR 8.0H	M8.0F1500 MGR 8.0H	M8.0F1500 MGR 8.0H	M8.0F1500 MGR 8.0H	RDO Roster Day Off	RDO Roster Day Off	M8.0F1500 MGR 8.0H
Pattern: PATTERN-ID-01 Line:1	K8.0A0900 KTCHN 8.0H	K8.0A0900 KTCHN 8.0H	K8.0A0900 KTCHN 8.0H	K8.0A0900 KTCHN 8.0H	C8.0A1030 CSHR 8.0H	RDO Roster Day Off	RDO Roster Day Off
Pattern: PATTERN-ID-01 Line:2	RDO Roster Day Off	RDO Roster Day Off	K8.0A1500 KTCHN 8.0H	K8.0A1500 KTCHN 8.0H	K8.0A1500 KTCHN 8.0H	K8.0A1500 KTCHN 8.0H	K8.0A1500 KTCHN 8.0H
Pattern: PATTERN-ID-01 Line:3	K8.0A1500 KTCHN 8.0H	K8.0A1500 KTCHN 8.0H	RDO Roster Day Off	RDO Roster Day Off	K8.0A0900 KTCHN 8.0H	K8.0A0900 KTCHN 8.0H	K8.0A0900 KTCHN 8.0H

Εικόνα 8 :

Πίνακας ειδικού προγράμματος που υπολογίζει το roster μιας αεροπορικής εταιρείας κάτω από περιορισμούς χρόνου. (Πηγή : Google Images).

Κεφάλαιο 2

Πορεία για αντιμετώπιση προβλήματος μέχρι στιγμής

Πολλές αεροπορικές εταιρείες στην προσπάθεια τους να βρουν και να αξιοποιήσουν πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο επίλυσης του γενικού προβλήματος που τους απασχολεί, κάνουν στροφή προς το επιστημονικό κόσμο και μελετούν δημοσιεύσεις και εργασίες που έγιναν από ερευνητές και ειδικούς στο χώρο αντιμετώπισης εταιρικών προβλημάτων. Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναφορά σε τρεις δημοσιεύσεις που έγιναν από ερευνητές, και βοηθούν πληροφοριακά τις αεροπορικές εταιρείες να κάνουν σωστά βήματα στην αναζήτηση βέλτιστων λύσεων.

2.1. 1^η δημοσίευση

An enhanced rostering model for airline crews

(Herbert Dawid, Johannes König, Christine Strauss (2001) - An enhanced rostering model for airline crews)

Η δημοσίευση αυτή δημοσιεύτηκε το 2001 στο 28^ο τεύχος του περιοδικού Computers & Operations Research. Σε αυτή οι συγγραφείς Dawid et al. προσπαθούν να αναλύσουν σε βάθος κάποιες ορολογίες που παίζουν σημαντικό ρόλο στην επίλυση του γενικού προβλήματος των αεροπορικών εταιρειών που αποτελείται από το προγραμματισμό πτήσεων και τον σωστό καθορισμό πληρώματος σε κάθε πτήση. Παρουσιάζουν επίσης δύο μοντέλα αέριου προγραμματισμού τα οποία χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του πιο πάνω προβλήματος και κάνουν λεπτομερή αναφορά σε ένα νέο αλγόριθμο το SWIFTROSTER (εικόνα 9). Ο νέος αλγόριθμος είναι προσεγγιστικός στο αλγόριθμο Davis-Putnam που χρησιμοποιείται για το προγραμματισμό πτήσεων και συνδυάζει νέες στρατηγικές για να επιλύει τα δύο προβλήματα που διαχωρίζουν το γενικό πρόβλημα. Ακόμη κάνουν χρήση πραγματικών δεδομένων από μια μεσαίου μεγέθους ευρωπαϊκή αεροπορική εταιρεία και χρησιμοποιούν το καινούργιο αλγόριθμο για να αποδείξουν ότι ο αλγόριθμος αυτός επιλύει βέλτιστα το γενικό πρόβλημα σε μικρό χρονικό διάστημα. Στις δύο κλασσικές μεθόδους επίλυσης χρησιμοποιούνται πολλοί περιορισμοί και εκατοντάδες μεταβλητές. Οι Dawid et al. αποδεικνύουν ότι στον νέο αλγόριθμο δεν συμβαίνει αυτό, βελτιώνοντας έτσι το χρόνο επίλυσης του προβλήματος.

Η δημοσίευση χωρίζεται σε επτά θεματικές ενότητες. Στην πρώτη ενότητα οι συγγραφείς αναλύουν κάποιες ορολογίες που αφορούν το σωστό προγραμματισμό πτήσεων και το προγραμματισμό πληρώματος που θα μπουν στα αεροπλάνα για να γίνει η πτήση. Στην δεύτερη ενότητα κάνουν αναφορά στο βασικό μοντέλο, το οποίο είναι ένα μοντέλο αέριου προγραμματισμού, που χρησιμοποιείται για να γίνει ο βέλτιστος προγραμματισμός του πληρώματος. Κάνουν αναλυτική αναφορά στις μεταβλητές καθώς και στους περιορισμούς που χρησιμοποιούνται για να δώσουν απαντήσεις μέσα σε κάποια συγκεκριμένα όρια. Στην τρίτη θεματική ενότητα παρουσιάζουν το ίδιο μοντέλο αλλά προσθέτουν σε αυτό κάποιους καινούργιους περιορισμούς οι οποίοι βελτιώνουν το αρχικό μοντέλο. Στην τέταρτη θεματική ενότητα οι συγγραφείς αναφέρονται σε συγκεκριμένα σημεία, τα οποία πρέπει να προσέξει ο προγραμματιστής που θα χρησιμοποιήσει το μαθηματικό μοντέλο. Αφορούν περιορισμούς και μεταβλητές οι οποίες αν μπουν λάθος στο αρχικό προγραμματισμό, θα αυξήσουν το χρόνο επίλυσης. Έτσι δίνουν οι ίδιοι ένα τρόπο διατύπωσης αυτών ώστε να είναι λαμβάνονται υπόψη οι αναγκαίοι στο προγραμματισμό

περιορισμοί αλλά παράλληλα για να ελαχιστοποιείτε ο χρόνος επίλυσης του προβλήματος. Στην πέμπτη θεματική ενότητα αρχίζουν να περιγράφουν το νέο αλγόριθμο κάνοντας αναφορά στις μεταβλητές που αφορούν αυτό και στο τρόπο που πρέπει να γραφτεί ο αλγόριθμος σε υπολογιστή, ώστε να βρεθεί μια λύση. Καταγράφουν τους περιορισμούς και εξηγούν κάθε φορά το λόγο που πρέπει και είναι αναγκαίος ο περιορισμός για το πρόβλημα και τι περιγράφει αναλυτικά. Στην έκτη θεματική ενότητα οι τρεις συγγραφείς χρησιμοποιώντας πραγματικά δεδομένα από ευρωπαϊκή αεροπορική εταιρεία, λύνουν το αρχικό γενικό πρόβλημα στο OSLMIP, ένα πρόγραμμα που επιλύει μικτά ακέραια προβλήματα και παρουσιάζουν σε πίνακες τα αποτελέσματα που πήραν όταν χρησιμοποίησαν το αλγόριθμο SWIFTROSTER στην επίλυση αυτού. Στην συνέχεια συγκρίνουν τα αποτελέσματα και κάνουν αναφορά και στο χρόνο επίλυσης που χρειάστηκε ο υπολογιστής να βγάλει βέλτιστα αποτελέσματα. Παρατηρούν ότι χρειάζονται ώρες με το πρόγραμμα OSLMIP για να λύσει το αρχικό γενικό πρόβλημα, ενώ με τον αλγόριθμο SWIFTROSTER ο υπολογιστής χρειάστηκε δευτερόλεπτα για να δώσει εφικτές λύσεις. Στη τελευταία και έβδομη θεματική ενότητα οι συγγραφείς καταγράφουν τα συμπεράσματα τους και εκφράζουν τις δικές τους μελλοντικές προσδοκίες για το πρόβλημα.

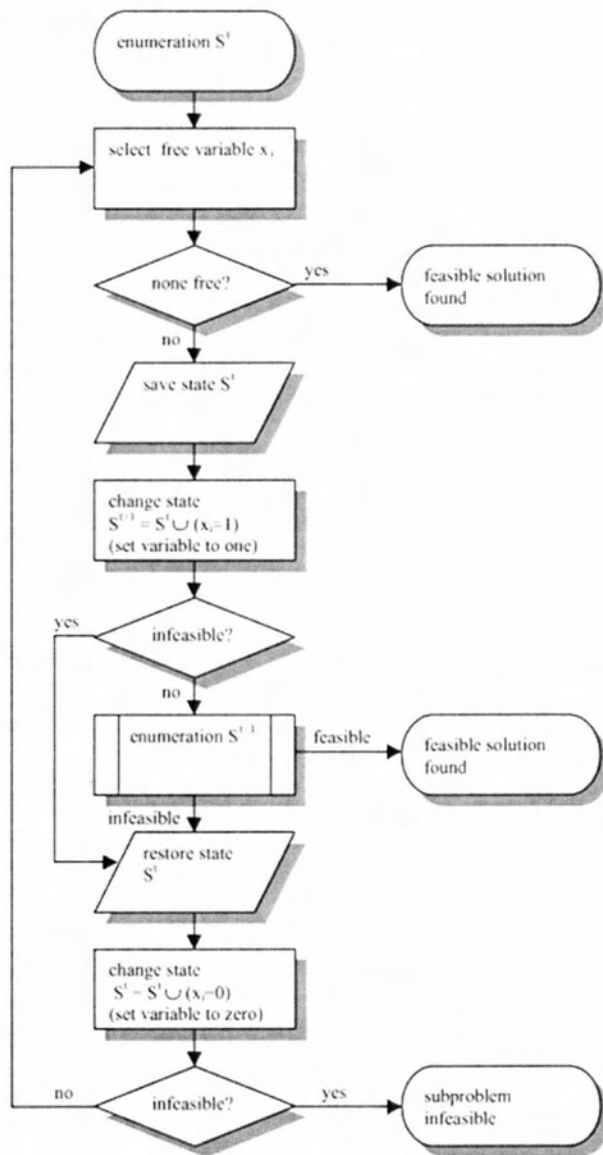


Fig. 2. SWIFTROSTER program flow.

Εικόνα 9 :

**Η ροή προγράμματος
που χρησιμοποιεί
ο αλγόριθμος SWIFTROSTER
όταν επιλύεται στον υπολογιστή**

(Πηγή : Άρθρο «An enhanced
rostering model for airline crews»)

2.2. 2^η δημοσίευση

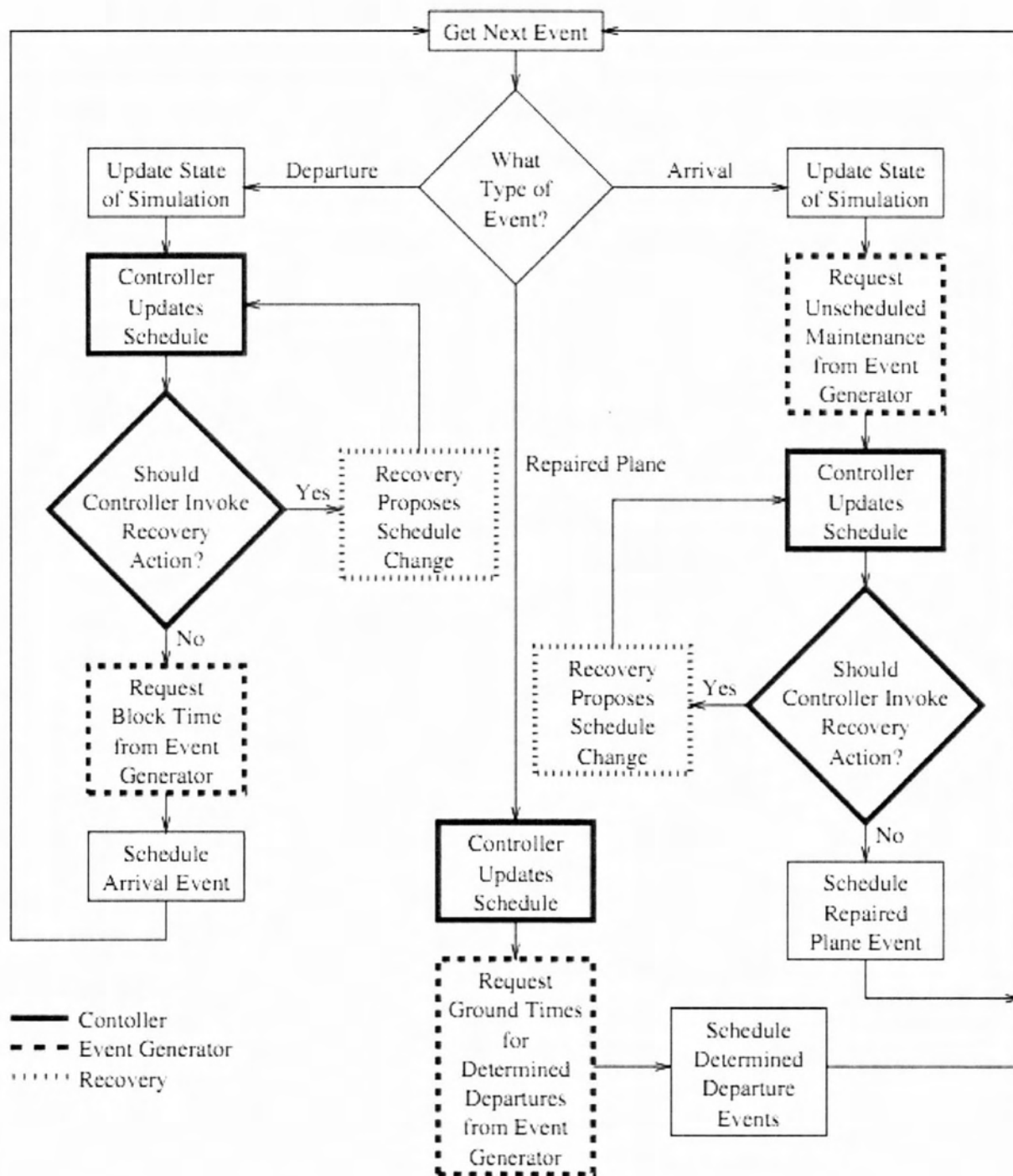
A Stochastic Model of Airline Operations

(Jay M. Rosenberger, Andrew J. Schaefer, David Goldsman, Ellis L. Johnson, Anton J. Kleywegt, George L. Nemhauser (2002). A Stochastic Model of Airline Operations.)

Η δημοσίευση αυτή δημοσιεύτηκε το 2002 στο περιοδικό Transportation Science, ένα περιοδικό το οποίο ασχολείται με το τομέα της ανάλυσης των μεταφορών, παρέχοντας πληροφορίες σχετικά με το στρατηγικό και επιχειρησιακό σχεδιασμό στις μεταφορές και την οικονομική ανάλυση των συστημάτων μεταφοράς. Στη συγκεκριμένο δημοσίευση οι συγγραφείς Jay M. Rosenberge et al. περιγράφουν ένα στοχαστικό μοντέλο για προγραμματισμό ημερήσιων πτήσεων από μια αεροπορική εταιρεία και κάνουν αναφορά στα προβλήματα ομαλής λειτουργίας του μαθηματικού μοντέλου καθώς και στα μέτρα απόδοσης που αφορούν αυτό. Επίσης περιγράφουν μια εφαρμογή προσομοίωσης του στοχαστικού μοντέλου, την SimAir (εικόνα 10), και παρουσιάζουν υπολογιστικά αποτελέσματα που πήραν από την επίλυση προβλήματος σε αυτό. Τέλος εκφράζουν τις δικές τους μελλοντικές προσδοκίες για το πρόβλημα προγραμματισμού πτήσεων.

Η δημοσίευση χωρίζεται σε επτά θεματικές ενότητες. Στην πρώτη ενότητα οι συγγραφείς περιγράφουν αναλυτικά το πρόβλημα προγραμματισμού πτήσεων. Αναφέρουν ότι το γενικό πρόβλημα προγραμματισμού πτήσεων χωρίζεται σε δύο επιμέρους προβλήματα, το πρόβλημα προγραμματισμού πτήσεων για το που θα πάει το κάθε αεροπλάνο συγκεκριμένα και το πρόβλημα προγραμματισμού του διαθέσιμου προσωπικού που απαρτίζει μια πτήση. Εντοπίζουν κύριες μεταβλητές που επηρεάζουν το κάθε πρόβλημα ξεχωριστά και τις αναλύουν για να γίνουν κατανοητές από τον αναγνώστη. Στην δεύτερη ενότητα οι συγγραφείς αρχίζουν να περιγράφουν το στοχαστικό μοντέλο. Κάνουν αναφορά σε σημαντικούς παράγοντες που μπορούν άμεσα να επηρεάσουν το γενικό πρόβλημα προγραμματισμού πτήσεων και τους εξηγούν στον αναγνώστη. Κυρίως αφορούν παράγοντες που προκαλούν καθυστερήσεις πτήσεων, χρόνους σχετικά με πτήσεις και προσωπικό, ελλείψεις προσωπικού που επηρεάζει άμεσα το πρόγραμμα πτήσεων, ακυρώσεις πτήσεων και ακυρώσεις πελατών που ακυρώνουν μια πτήση που ήδη έχουν κλείσει. Στην τρίτη ενότητα οι συγγραφείς κάνουν αναφορά σε κανονισμούς και σε μεταβλητές που θεωρούνται σταθερές και προκαλούν περιορισμούς στην λύση του γενικού προβλήματος προγραμματισμού πτήσεων. Παρουσιάζουν μαθηματικούς τύπους και παραδείγματα όπου ο χρήστης μπορεί να υπολογίσει βέλτιστα ή προσεγγιστικά αυτές τις σταθερές και να τις ορίσει στο στοχαστικό μοντέλο και περιγράφουν αναλυτικά τις μεταβλητές αυτές. Στην τέταρτη ενότητα οι συγγραφείς καταγράφουν μέτρα απόδοσης τα οποία αν εφαρμοστούν σωστά, θα βοηθήσουν την αεροπορική εταιρεία που θέλει να κάνει προγραμματισμό πτήσεων και προσωπικού σε δικές τις πτήσεις, να κάνει βέλτιστο σχεδιασμό. Τα μέτρα απόδοσης αφορούν κόστη που προκύπτουν, καθυστερήσεις και χρόνους προγραμματισμού πτήσεων καθώς και αντικατάσταση πληρώματος όταν το ήδη υπάρχον πλήρωμα βγει εκτός προγραμματισμού λόγω απρόβλεπτων συνθηκών. Στην πέμπτη ενότητα οι συγγραφείς περιγράφουν αναλυτικά πώς η εφαρμογή προσομοίωσης SimAir δουλεύει ώστε να δώσει αποτελέσματα στο χρήστη που την χρησιμοποιεί. Ακόμη περιγράφουν διάφορα επιμέρους υπολογιστικά μέρη που βοηθούν την SimAir να απλοποιήσει τους πολλούς περιορισμούς και να μειώσει το χρόνο επίλυσης του προβλήματος. Στην έκτη ενότητα οι συγγραφείς παρουσιάζουν ένα παράδειγμα όπου σε αυτό συγκέντρωσαν στοιχεία και με την βοήθεια της SimAir έβγαλαν κάποια αποτελέσματα. Σε αυτή την ενότητα εξηγούν πως συγκέντρωσαν στοιχεία

και πως κινήθηκαν στην επίλυση του προβλήματος. Τέλος στην έβδομη ενότητα δίνουν συμπεράσματα και μελλοντικές προσδοκίες για το πρόβλημα προγραμματισμού πτήσεων.



Εικόνα 10 :

Η ροή προγράμματος που χρησιμοποιεί η εφαρμογή προσομοίωσης SimAir όταν επιλύεται στον υπολογιστή.

(Πηγή : Άρθρο « A Stochastic Model of Airline Operations »)

2.3. 3^η δημοσίευση

Scheduling aircraft landing using airlines preferences

(M.J. Soomer, G.J. Franx (2008) - Scheduling aircraft landings using airlines' preferences)

Η δημοσίευση αυτή δημοσιεύτηκε το 2008 στο περιοδικό European Journal of Operational Research, ένα περιοδικό το οποίο δημοσιεύει άρθρα σχετικά με τη μεθοδολογία της Επιχειρησιακής Έρευνας (OR) και στην πρακτική της λήψης αποφάσεων. Η δημοσίευση αρχικά έγινε το 2005 και σε αυτή οι συγγραφείς M.J. Soomer and G.J. Franx περιγράφουν ένα πρόβλημα που λύνεται με Μικτό Ακέραιο Προγραμματισμό, όπου εδώ οι αεροπορικές εταιρείες λαμβάνουν υπόψη τους το χρόνο προσγείωσης και τους χρόνους καθυστερήσεων που προκύπτουν. Οι αεροπορικές εταιρείες με βάση αυτούς τους χρόνους φτιάχνουν μια συνάρτηση κόστους για κάθε εισερχόμενη πτήση που πρόκειται να προσγειωθεί σε χώρο ενός αεροδρομίου όπου η βελτιστοποίηση της συγκεκριμένης συνάρτησης κόστους παρέχει ένα ασφαλές και αποτελεσματικό πρόγραμμα για αυτές.

Η δημοσίευση χωρίζεται κυρίως σε επτά θεματικές ενότητες. Στην πρώτη ενότητα οι συγγραφείς εισάγουν τον αναγνώστη μέσα στο πρόβλημα, επεξηγώντας κάποιες βασικές διαδικασίες που ακολουθούνται από την διεύθυνση κάθε αεροδρομίου για την ασφαλή προσγείωση αεροπλάνων που φτάνουν στο αεροδρόμιο και την ασφαλή μεταφορά τους στους χώρους παραμονής. Επίσης σε αυτή την ενότητα κάνουν αναφορά και σε προηγούμενες μελέτες που έγιναν σχετικά με το πρόβλημα που έχουν όλες οι αεροπορικές εταιρείες με τις καθυστερήσεις, τα προβλήματα που προκαλούν σε αυτές και τις λύσεις που βρέθηκαν για αντιμετώπιση αυτού. Στην δεύτερη ενότητα οι συγγραφείς περιγράφουν πως οι αεροπορικές εταιρείες βλέπουν και αντιμετωπίζουν τα θέματα των καθυστερήσεων και πως το αντιμετωπίζουν. Το κόστος που προκύπτει σε μια αεροπορική εταιρεία από μια πτήση που είναι έτοιμη για προσγείωση, εξαρτάται από την ώρα προσγείωσης του αεροπλάνου. Σε περίπτωση καθυστέρησης άφιξης, το κόστος των καυσίμων θα είναι μεγάλο και υπάρχει η πιθανότητα ορισμένοι επιβάτες να χάσουν τις επόμενες πτήσεις τους και έτσι πρέπει να αποζημιωθούν. Επίσης θα πρέπει να προγραμματιστεί από την αρχή το όλο πρόγραμμα της πτήσης, με αποτέλεσμα μεγαλύτερο κόστος για την ίδια την αεροπορική εταιρεία. Στην τρίτη ενότητα οι συγγραφείς περιγράφουν περιορισμούς αλλά και μεταβλητές που πρέπει να χρησιμοποιηθούν στο πρόβλημα που λύνεται με Μικτό Ακέραιο Προγραμματισμό και τους καταγράφουν λεπτομερώς. Στην τέταρτη ενότητα οι δυο συγγραφείς καταγράφουν τα βήματα που κάνουν ώστε να βρουν ένα αλγόριθμο που να παρέχει σωστές λύσεις σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα γιατί η λύση που θα προκύψει, όταν λυθεί με Μικτό Ακέραιο Προγραμματισμό, θα είναι ένα πρόβλημα NP-complete. Στην αμέσως επόμενη ενότητα οι συγγραφείς παρουσιάζουν ένα παράδειγμα στο οποίο τρία διαφορετικά αεροπλάνα τριών διαφορετικών αεροπορικών εταιρειών φτάνουν σε διάστημα δεκαπέντε λεπτών στο ίδιο αεροδρόμιο και θέλουν και τα τρία να προσγειωθούν. Χρησιμοποιούν αλγόριθμο για να προγραμματίσουν τις προσγειώσεις σε τρία διαφορετικά σενάρια. Στο πρώτο σενάριο η ορατότητα είναι καλή. Στο δεύτερο σενάριο επικρατούν συνθήκες χαμηλής ορατότητας, με αποτέλεσμα μεγαλύτερες απαιτήσεις για το διαχωρισμό, ενώ στο τρίτο σενάριο ο διάδρομος προσγείωσης δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν φτάνουν τα τρία αεροπλάνα. Στην έκτη ενότητα οι δύο συγγραφείς περιγράφουν πως έκαναν τα δικά τους πειράματα για να πάρουν δικά τους αποτελέσματα χρησιμοποιώντας συγκεκριμένη αεροπορική εταιρεία. Επίσης καταγράφουν τα αποτελέσματα που πήραν και επεξηγούν λεπτομερώς πως κατέληξαν στα δικά τους αποτελέσματα. Τέλος στην εβδομή ενότητα καταγράφουν τις δικές απόψεις για το πρόβλημα και αναφέρουν τα συμπεράσματα τους από το πείραμα.

2.4. Αντιμετώπιση προβλήματος από ξένες αεροπορικές εταιρείες

2.4.1. Lufthansa Airlines

2.4.1.1 Ιστορικό της Lufthansa Airlines

Η Lufthansa Airlines είναι ο εθνικός αερομεταφορέας της Γερμανίας και ιδρύθηκε στις 6 Ιανουαρίου 1926 στο Βερολίνο, μετά από την συγχώνευση μεταξύ της "Deutsche Aero Lloyd (DAL) και της Deutsche Luft Hansa Aktiengesellschaft. Η ονομασία Lufthansa στην εταιρεία έχει χρησιμοποιηθεί μετά το 1933, και το όνομα της εταιρείας προέρχεται από την συγχώνευση των λέξεων Luft (η γερμανική λέξη για τον αέρα), και Hansa (ισχυρός μεσαιωνικός εμπορικός όμιλος μεταξύ εμπορικών πόλεων και συντεχνιών που κυριαρχούσε στο εμπόριο κατά μήκος των ακτών της Βόρειας Ευρώπης). Η Lufthansa Airlines κατέχει την πρώτη θέση, όσο αφορά τους συνολικά μεταφερόμενους επιβάτες αφού είναι η μεγαλύτερη αεροπορική εταιρεία στην Ευρώπη (εικόνα 11), και την πέμπτη θέση παγκοσμίως στο τομέα αυτό.

Η Lufthansa είναι ιδρυτικό μέλος της Star Alliance η οποία σχηματίστηκε το 1997 και είναι η μεγαλύτερη παγκόσμια αεροπορική συμμαχία. Ως εταιρεία διαθέτει περισσότερα από 500 αεροσκάφη και απασχολεί παγκοσμίως πέρα των 100.000 ατόμων από 146 εθνικότητες. Σε συνεργασία με τις θυγατρικές τις εταιρίες διαθέτει πάνω από 722 αεροσκάφη, και αυτό την κατατάσσει στην τρίτη μεγαλύτερη αεροπορική εταιρεία παγκοσμίως όσο αφορά τον αριθμό στόλου που διαθέτει μια αεροπορική εταιρεία. Εκτελεί δεκαοχτώ εσωτερικά δρομολόγια στην Γερμανία και περίπου 410 δρομολόγια σε 78 χώρες σε ολόκληρη την Αφρική, Αμερική, Ασία και Ευρώπη.



Εικόνα 11 : Προορισμοί της Lufthansa Airlines στην Ευρώπη. (Πηγή : Google Images).

2.4.1.2 Συνεργασία NetLine Corporation με Lufthansa

Airlines

Η NetLine Corporation είναι μια εταιρεία που ειδικεύεται στις B2B Αγορές (B2B = Business to Business) και παρέχει ολοκληρωμένες υπηρεσίες Marketing μέσω Διαδικτύου. Δίνει σημαντικές πληροφορίες στην Lufthansa Airlines σχετικά με τις κινήσεις που κάνουν οι υπόλοιπες ανταγωνιστικές αεροπορικές εταιρίες, ώστε να ανταπεξέλθει στις καινούργιες αλλαγές στην αγορά, και την βοηθά να σχεδιάσει με βέλτιστο τρόπο τον προγραμματισμό πτήσεων και υπάρχοντος προσωπικού με μόνο σκοπό την μέγιστη εξυπηρέτηση πελατών της Lufthansa Airlines. Οι κύριες υπηρεσίες που προσφέρει η NetLine Corporation στην Lufthansa και αναλύονται πιο κάτω είναι οι :

Network Planning & Scheduling

- NetLine/Market
- NetLine/Plan
- NetLine/Sched
- SchedConnect

Crew Management & Operations Control

- NetLine/Crew
- NetLine/Ops

NetLine/Market : Για να καταφέρει μια αεροπορική εταιρεία να κερδίσει το μερίδιο αγοράς στο κλάδο των αεροπορικών μεταφορών, θα πρέπει να βρεί ένα τρόπο ώστε να εντοπίζει σε μικρό χρονικό διάστημα τις αλλαγές που συμβαίνουν στο κλάδο που ανήκει και τις κινήσεις των ανταγωνιστών της. Η συγκεκριμένη υπηρεσία της NetLine Corporation επιτρέπει στην Lufthansa Airlines να εντοπίσει την ακριβή θέση της και των ανταγωνιστών της στην αγορά σας και της δίνει το δικαίωμα να εξετάσει το δίκτυο των ανταγωνιστών της λεπτομερώς.

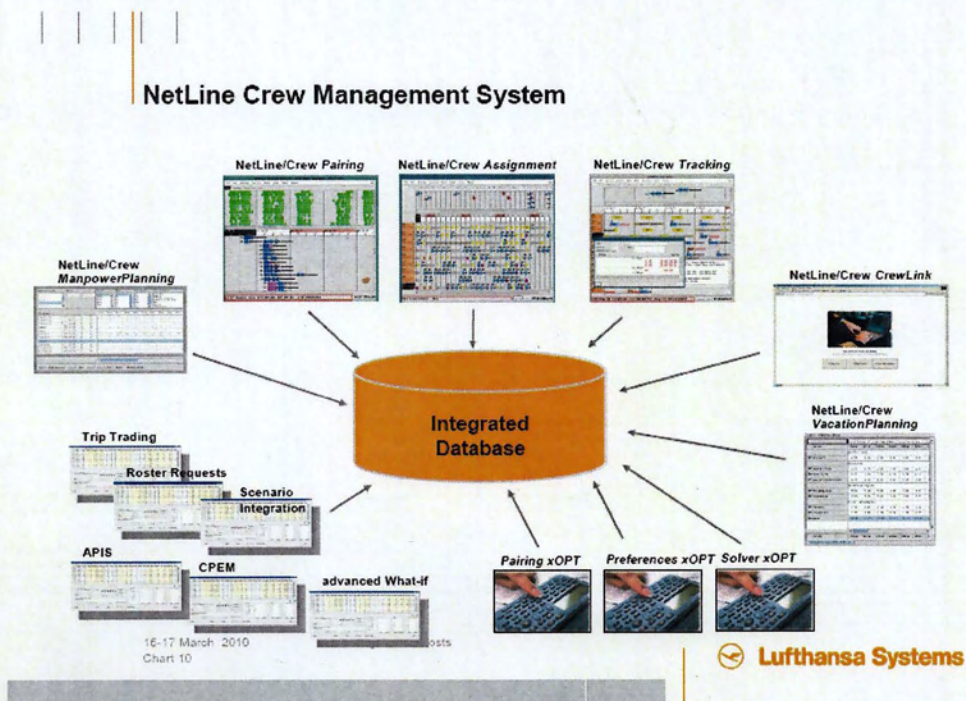
NetLine/Plan : Ο σχεδιασμός των δρομολογίων που πρέπει να κάνει μια αεροπορική εταιρία είναι ένα δύσκολο πρόβλημα για την ίδια. Πρέπει να καταφέρει να ικανοποιήσει όσο πιο πολύ επιβατικό κοινό, σε σχέση με τους ανταγωνιστές της, αλλά παράλληλα να έχει τα λιγότερα κόστη μεταφοράς. Η συγκεκριμένη υπηρεσία της NetLine Corporation επιτρέπει στην Lufthansa Airlines να δημιουργήσει προβλέψεις για τις ροές των επιβατών, το κόστος και τα έσοδα που θα έχει προσομοιώνοντας νέες καταστάσεις και έτσι εντοπίζει τα δυνατά και τα αδύνατα σημεία του δικτύου διαδρομών της.

NetLine/Sched : Η συγκεκριμένη υπηρεσία της NetLine Corporation επιτρέπει στην Lufthansa Airlines να δημιουργήσει ένα βέλτιστο χρονοδιάγραμμα, που αφορά τις πτήσεις της, όπου με κατάλληλο λογισμικό μπορεί να απεικονιστεί και να διαχειριστεί ανάλογα. Αν προκύψει μία απρόβλεπτη κατάσταση σχετικά με τις πτήσεις, η υπηρεσία αυτή δίνει εναλλακτικές λύσεις όσο αφορά τα δρομολόγια και τις επιπτώσεις των εναλλακτικών σεναρίων προγραμματισμού.

SchedConnect : Η συγκεκριμένη υπηρεσία της NetLine Corporation διαθέτει τυποποιημένη βάση δεδομένων ενσωματώνει όλα τα στοιχεία σχετικά με τα δρομολόγια των πτήσεων της Lufthansa Airlines και τις τιμές στα εισιτήρια. Σε περίπτωση αλλαγών στα ωράρια των πτήσεων και στις τιμές, η υπηρεσία ανανεώνεται αυτόματα επιτρέποντας έτσι στο επιβατικό κοινό να δει εγκαίρως τις αλλαγές. Με αυτό τον τρόπο η Lufthansa Airlines καταφέρνει να μειώσει το κόστος εξυπηρέτησης πελατών και τον κίνδυνο να εγκαταλείψουν την εταιρεία.

NetLine/Crew : Η συγκεκριμένη υπηρεσία της NetLine Corporation διαθέτει ένα σύνολο εργαλείων υποστήριξης αποφάσεων που επιτρέπει στην αεροπορική εταιρεία να επικεντρωθεί στη δημιουργία και διατήρηση αποτελεσματικών ωραρίων που ικανοποιούν βέλτιστα την εταιρεία. Δηλαδή ικανοποιεί τους περιορισμούς που θέτει η Lufthansa Airlines και οι νομοθετικές ρυθμίσεις, όσο αφορά το ωράριο εργασίας, πετυχαίνοντας βέλτιστο αποτέλεσμα.

NetLine/Ops : Η συγκεκριμένη υπηρεσία της NetLine Corporation διαθέτει συστήματα που αναγνωρίζουν αυτόματα αποκλίσεις στο χρονοδιάγραμμα πτήσεων. Έτσι η Lufthansa Airlines μπορεί να δει τις αποκλίσεις και να πάρει βέλτιστες αποφάσεις με το λιγότερο κόστος για αυτή.



Airline Management Solutions: Planning & Operations



15-17 March 2010
Chart 4

Reducing Airline Costs



2.4.2. Saudi Arabian Airlines

2.4.2.1 Ιστορικό της Saudi Arabian Airlines (S.A.A.)

Η Saudi Arabian Airlines ιδρύθηκε το 1945 και είναι ο εθνικός αερομεταφορέας της Σαουδικής Αραβίας. Είναι η μεγαλύτερη αεροπορική εταιρεία της Μέσης Ανατολής και εκτελεί εσωτερικές και διεθνείς τακτικές πτήσεις σε πάνω από 90 προορισμούς στη Μέση Ανατολή, Αφρική, Ασία, Ευρώπη και Βόρεια Αμερική (εικόνα 12). Διαθέτει 149 αεροσκάφη, εξυπηρετεί 12 δισεκατομμύρια επιβάτες το χρόνο και εργοδοτεί πάνω από 24.842 άτομα.



Εικόνα 12: Προορισμοί της Saudi Arabian Airlines. (Πηγή : Google Images).

2.4.2.2 Συνεργασία Sabre Airline Solutions με S.A.A.

Η Sabre Airline Solutions είναι μια εταιρεία που κατέχει ηγετική θέση σε υπηρεσίες που αφορούν αεροπορικές εταιρείες. Παρέχει συμβουλευτικές υπηρεσίες και προγράμματα λογισμικού που βοηθούν στην αύξηση των εσόδων, τον τρόπο λειτουργίας, τη βελτίωση της ροής εργασίας και την αύξηση της παραγωγικότητας στους πελάτες της. Η Saudi Arabian Airlines για να επιτύχει τους στόχους της να γίνει μια κορυφαία, παγκόσμιας κλάσης αεροπορική εταιρεία, αποφάσισε να συνεργαστεί με την Sabre Airline Solutions και να χρησιμοποιήσει τα πακέτα Sabre AirCrews Crew Management suite και Sabre AirFlite Suite. Το Sabre AirCrews Crew Management suite (εικόνα 13) είναι ένα πακέτο που βοηθά τις αεροπορικές εταιρείες να διαχειρίζονται σωστά τις ανάγκες που έχουν τα πληρώματα που πληρούν ένα αεροπλάνο. Αυτές οι ανάγκες είναι κυρίως ο μισθός και οι σωστές συνθήκες εργασίας. Δηλαδή οι αεροπορικές εταιρείες διαμορφώνουν το πρόγραμμα τους ώστε να ικανοποιούν το πρόγραμμα πτήσεων αλλά παράλληλα να ικανοποιούν και τους περιορισμούς εργασίας του προσωπικού. Επίσης βοηθά τις αεροπορικές εταιρείες να προγραμματίζουν τις μακροπρόθεσμες και βραχυπρόθεσμες εργασίες του πληρώματος διασφαλίζοντας έτσι την αποτελεσματική ανάπτυξη των μελών του πληρώματος, με ελάχιστο κόστος, διατηρώντας παράλληλα την αξιοπιστία των πτήσεων και την ακεραιότητα του χρονοδιαγράμματος. Επίσης το πακέτο περιέχει υποπρογράμματα τα οποία υπολογίζουν το βέλτιστο αριθμό ζευγαριών πληρώματος που πρέπει να χρησιμοποιηθούν στις καθημερινές πτήσεις αλλά και κάτω από απρόβλεπτες συνθήκες που μπορούν να βγάλουν εκτός προγραμματισμού το πρόγραμμα πτήσεων. Το Sabre AirFlite suite είναι ένα πακέτο που περιέχει προγράμματα τα οποία βοηθούν τις αεροπορικές εταιρείες να αποφασίσουν ποιες αγορές να εξυπηρετήσουν και πόσο συχνά, και τότε να πετάξει συγκεκριμένος τύπος αεροσκάφους να εκτελέσει μια πτήση. Δηλαδή με το πακέτο αυτό οι αεροπορικές εταιρείες σχεδιάζουν βέλτιστα δρομολόγια πτήσεων που ανταποκρίνονται στις ανάγκες των πελατών χρησιμοποιώντας σε βέλτιστο βαθμό τον αριθμό των διαθέσιμων αεροπλάνων. Επίσης το πακέτο περιέχει υποπρογράμματα τα οποία καταγράφουν συνεχώς τους διεθνείς κανονισμούς που βγάζει η FAA και τις ανακοινώσεις των αεροδρομίων που εξυπηρετούν οι αεροπορικές εταιρείες. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται ο αριθμός των σφαλμάτων και η πιθανότητα δαπανηρών λαθών.

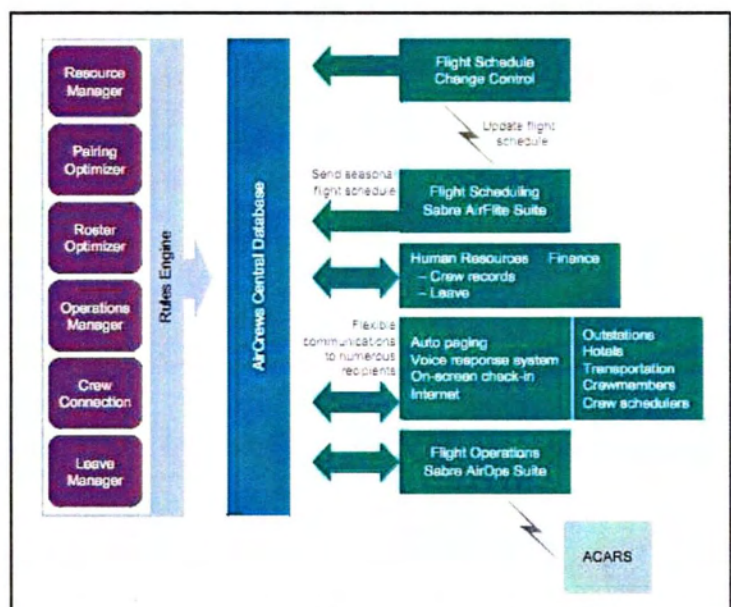
Εικόνα 13:

Οι βασικές διαδικασίες του AirCrews Crew Management suite

(Πηγή : Sabre Airline Solutions).

The *AirCrews Crew Management Suite* offers an end-to-end crew management solution — from long-term planning through the day of operations and irregular operations recovery.

The *AirCrews* systems provide an effective answer to crew management issues, providing integration among *AirCrews* products as well as with other Sabre Airline Solutions systems and other-vendor offerings.



2.4.3. Continental Airlines

2.4.3.1 Ιστορικό της Continental Airlines

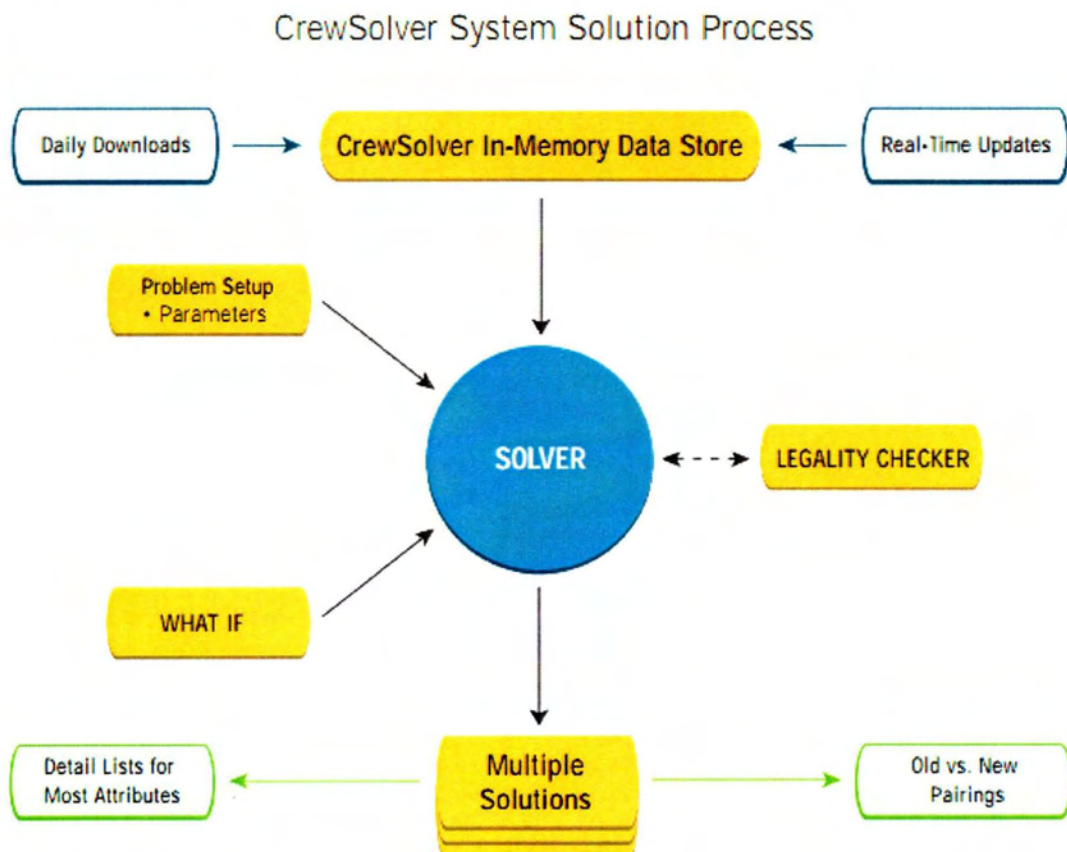
Η Continental Airlines εξυπηρετεί 133 εσωτερικές και 132 διεθνείς προορισμούς με 2.750 καθημερινές αναχωρήσεις (εικόνα 14) και είναι η πέμπτη μεγαλύτερη αεροπορική εταιρεία των ΗΠΑ. Δημιουργήθηκε τον Ιούλιο του 1934 ως Varney Speed Lines, και το 1937 άλλαξε το όνομά της σε Continental Airlines. Κάνει δρομολόγια σε περισσότερα από 200 αεροδρόμια σε όλο τον κόσμο, με τα περισσότερα από αυτά βρίσκονται στις ΗΠΑ. Διαχειρίζεται ένα στόλο από 351 αεροσκάφη που αποτελείται από Boeing 737, 757 και 767 και ως εταιρεία εργοδοτεί πάνω από 43.246 εργαζόμενους. Το Οκτώβριο του 2009 εγκατέλειψε τη SkyTeam και έγινε μέλος της Star Alliance.



Εικόνα 14 : Τα δρομολόγια και τα αεροσκάφη της Εταιρείας Continental Airlines.
(Πηγή : Google Images).

2.4.3.2 Συνεργασία CALEB Technologies Corporation με Continental Airlines

Η CALEB Technologies Corporation είναι μία παγκόσμιου κύρους ομάδα που ειδικεύεται στην Επιχειρησιακή Έρευνα (OR) και διαθέτει μεγάλη εμπειρία στον αεροπορικό κλάδο. Χρησιμοποιεί προηγμένες τεχνολογίες βελτιστοποίησης που στηρίζονται σε προηγμένες τεχνικές και δεδομένα αλγορίθμων μοντελοποίησης. Τα προγράμματα που έχει χρησιμοποιούν γραμμικό και ακέραιο προγραμματισμό, καθώς και διαδικασίες branch-and-cut, για να δώσουν απαντήσεις στους χρήστες αυτών δίνοντας προτεραιότητα στην μείωση κόστους και τις ανάγκες του χρήστη. Ένα από αυτά τα προγράμματα που δημιούργησε η CALEB Technologies Corporation είναι και ο CrewSolver. Ο CrewSolver έχει την δυνατότητα χρησιμοποιώντας μία βάση δεδομένων (πρόγραμμα πτήσης και πληρώματος), να δίνει τρεις πιθανές λύσεις στην αεροπορική εταιρεία για να αντιμετωπίσει απρόβλεπτες καταστάσεις που μπορούν να συμβούν βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα, και να βγάλουν εκτός προγραμματισμού μία πτήση ή το πλήρωμα που συμπεριλαμβάνεται στην πτήση (εικόνα 15). Με αυτό τον τρόπο η εταιρεία μπορεί να λύσει άμεσα τα προβλήματα πριν συμβούν ή αν συμβούν τα επιλύει σε μικρό χρονικό διάστημα χωρίς να βγαίνει εκτός προγράμματος το χρονοδιάγραμμα που διαθέτει .



Εικόνα 15 : Διαδικασία που χρησιμοποιεί ο CrewSolver για να δώσει απαντήσεις σε απρόβλεπτες καταστάσεις. (Πηγή : CALEB Technologies Corporation)

Κεφάλαιο 3

Περιγραφή μεταβλητών γενικού προβλήματος

3.1. Πρόβλημα προγραμματισμού πτήσεων

3.1.1 Παράμετροι

Οι παράμετροι είναι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν ένα πρόβλημα και να το κάνουν πιο κατανοητό. Επίσης βοηθούν στο να απλοποιηθούν οι περιορισμοί που μπορούν να περιβάλουν ένα πρόβλημα και έτσι μειώνουν το χρόνο επίλυσης του προβλήματος. Στο πρόβλημα προγραμματισμού πτήσεων οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται είναι ο αριθμός στόλου, ο αριθμός επιβατών, ο μισθός προσωπικού, ο χρόνος πτήσης, η απόσταση δύο αεροδρομίων και το σύνολο των αεροδρομίων που εξυπηρετούνται από ένα και μόνο τύπο αεροπλάνου.

Αριθμός στόλου: Κάθε αεροπορική εταιρεία διαθέτει ένα συγκεκριμένο αριθμό αεροπλάνων τα οποία αξιοποιεί βέλτιστα για να εξυπηρετήσει τις ανάγκες του επιβατικού της κοινού. Αυτός ο αριθμός αεροπλάνων ονομάζεται στόλος και τις περισσότερες φορές αποτελείται από πολλούς τύπους αεροπλάνων. Αυτό είναι στην απόφαση της αεροπορικής εταιρείας αν ο στόλος της θα είναι ενιαίος από ένα τύπο αεροπλάνων ή θα έχει πολλούς τύπους αεροπλάνων.

Αριθμός επιβατών: Κάθε αεροπλάνο ανάλογα με το μέγεθος του και τον αριθμό των καθισμάτων που διαθέτει, μπορεί να μεταφέρει ένα μέγιστο αριθμό επιβατών. Ο αριθμός αυτός εξαρτάται από το τύπο αεροπλάνου που χρησιμοποιείται στην πτήση. Μικροί τύποι αεροπλάνων έχουν μικρό αριθμό επιβατών, ενώ μεγάλοι τύποι αεροπλάνων έχουν μεγάλο αριθμό επιβατών. Επειδή ο αριθμός αυτός επηρεάζει άμεσα μια προγραμματιζόμενη πτήση, οι ίδιες οι αεροπορικές πτήσεις ορίζουν για κάθε τύπο αεροπλάνων που διαθέτουν ένα κατώτατο όριο στον αριθμό αυτό. Αν ο αριθμός του επιβατικού κοινού είναι μικρότερος από το όριο αυτό, τότε οι ίδιες οι αεροπορικές εταιρείες δεν εκτελούν την πτήση γιατί αυτό τις επιβαρύνει οικονομικά.

Μισθός προσωπικού: Κάθε προγραμματιζόμενη πτήση για να γίνει πρέπει να έχει κυβερνήτη, συγκυβερνήτη, και πλήρωμα καμπίνας που είναι οι αεροσυνοδοί. Κάθε φορά που τα συγκεκριμένα άτομα ταξιδεύουν από ένα προορισμό σε ένα άλλο, εκτελούν υπηρεσία και για αυτό το λόγο η αεροπορική εταιρεία θα πρέπει να τους πληρώσει για τις υπηρεσίες που προσφέρουν σε αυτή.

Χρόνος πτήσης: Ονομάζεται αλλιώς και Block Time και είναι ο πραγματικός χρόνος πτήσης που χρειάζεται ένα αεροπλάνο να εκτελέσει μία πτήση από ένα αεροδρόμιο σε ένα άλλο. Αρχίζει από την στιγμή που το αεροπλάνο απογειώνεται από τον αεροδιάδρομο του αεροδρομίου εκκίνησης και τελειώνει την στιγμή που προσγειώνεται στο άλλο αεροδρόμιο.

Flight Leg (Spoke): Ορίζει την απόσταση δύο σημείων τα οποία σημεία είναι δύο αεροδρόμια. Η απόσταση αυτή μπορεί να είναι όλη η διαδρομή που κάνει το αεροπλάνο χωρίς στάση ή η απόσταση που κάνει το αεροπλάνο σε αεροδρόμιο στο οποίο θέλει να κάνει στάση.

Κόμβος (Hub): Ορίζει ένα υποσύνολο αεροδρομίων (flight legs) που εξυπηρετούνται σε μια πτήση από ένα συγκεκριμένο τύπο αεροπλάνου.

Χρόνος συντήρησης: Κάθε αεροπλάνο μετά από ένα κρίσιμο αριθμό ωρών πτήσεων, αριθμός που ορίζει το συνολικό χρόνο πτήσεων που έχει κάνει μέχρι στιγμής, πρέπει να οδηγηθεί για συντήρηση και ταυτόχρονα να βγει εκτός προγραμματισμού από την αεροπορική εταιρεία. Διεθνής Οργανισμοί που ασχολούνται με την Αεροπλοΐα ορίζουν αυτό τον αριθμό στις 800 ώρες πτήσης όπου γίνεται προληπτική συντήρηση και σε βασική απαραίτητη συντήρηση που γίνεται κάθε πέντε χρόνια .

Turn Time: Ονομάζεται έτσι ο χρόνος που απαιτείται για να εξυπηρετηθεί ένα αεροπλάνο μετά την άφιξή του στην πύλη και να προετοιμαστεί πάλι για νέα αναχώρηση. Όταν φτάνει ένα αεροπλάνο σε ένα αεροδρόμιο, πρέπει αρχικά να ξεφορτώσει ότι μεταφέρει που προορίζονταν για το αεροδρόμιο που προσγειώθηκε. Αυτά είναι οι αποσκευές των επιβατών και εμπορεύματα. Αφού γίνει αυτό συνεχίζει στο επόμενο στάδιο που είναι προληπτικός έλεγχος και ανεφοδιασμός αυτού. Συνήθως ο χρόνος αυτός κυμαίνεται από τριάντα λεπτά ως και έξι ώρες. Οι αεροπορικές εταιρείες τείνουν να μειώσουν το χρόνο αυτό για να γίνονται περισσότερες ημερήσιες πτήσεις.

Καύσιμα: Για να πραγματοποιηθεί μία πτήση και να είναι σε θέση να φτάσει με ασφάλεια στον προορισμό της, πρέπει να μπουν στο αεροπλάνο η απαραίτητη ποσότητα καυσίμων. Αν μπουν λιγότερα καύσιμα αυτό θα προκαλέσει προβλήματα στην ομαλή λειτουργία του αεροπλάνου και ίσως οδηγήσει στην πτώση αυτού με τραγικές συνέπειες. Για να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα αυτή, τα αεροπλάνα πάντα βάζουν και μια επιπλέον ποσότητα καυσίμων. Η απαραίτητη αυτή ποσότητα καυσίμων υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη το βάρος που μεταφέρει το αεροπλάνο και την συνολική απόσταση που θα διανύσει. Επειδή τα καύσιμα έχουν ένα κόστος οι αεροπορικές εταιρείες θα πρέπει να φροντίσουν να φτιάξουν ένα βέλτιστο πρόγραμμα πτήσεων που να εξυπηρετεί πολλά αεροδρόμια, αλλά παράλληλα να μην διαρκούν μεγάλο χρονικό διάστημα, για να μην χρειάζονται συνέχεια ανεφοδιασμό σε κάθε αεροδρόμιο που πάνε.

3.1.2 Κόστος καυσίμων - κόστος προσγείωσης

Κόστος προσγείωσης: Ονομάζεται και αλλιώς τέλη αεροδρομίου και είναι ένα κόστος που πληρώνει κάθε αεροπορική εταιρεία σε κάθε αεροδρόμιο που εξυπηρετεί με τις πτήσεις της. Τα τέλη αυτά τα καθορίζει το ίδιο το αεροδρόμιο. Συνήθως τα μεγάλα αεροδρόμια που έχουν μεγάλη κίνηση αεροπλάνων έχουν υψηλά κόστη και μικρά αεροδρόμια που έχουν μικρή κίνηση αεροπλάνων έχουν χαμηλά κόστη. Κάθε αεροδρόμιο προσπαθεί να μειώσει τα τέλη αυτά για να δέχεται αεροπλάνα από πολλούς προορισμούς, πράγμα που προσπαθούν να εκμεταλλευτούν οι αεροπορικές εταιρείες και επιλέγουν τα αεροδρόμια αυτά για τα δρομολόγια τους.

Κόστος καυσίμων: Ονομάζεται αλλιώς και επίναυλος καυσίμων. Είναι ένα κόστος που αναπροσαρμόζεται μηνιαία και αυξάνεται ή μειώνεται ανάλογα με τις πραγματικές τιμές των καυσίμων. Υπάρχει μία υστέρηση δύο μηνών στην μέση τιμή των καυσίμων που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του ύψους του επίναυλου καυσίμων και αυτό οφείλεται στις ημερομηνίες δημοσίευσης των μέσων τιμών των καυσίμων.

3.2. Πρόβλημα προγραμματισμού διαθέσιμου προσωπικού

3.2.1 Παράμετροι

Πλήρωμα καμπίνας (Cabin Crew): Κάθε αεροπλάνο, εκτός από το κυβερνήτη και το συγκυβερνήτη αυτού, διαθέτει και ένα αριθμό αεροσυνοδών οι όποιοι είναι υπεύθυνοι για την εξυπηρέτηση του επιβατικού κοινού. Αυτός ο αριθμός αεροσυνοδών ονομάζεται πλήρωμα καμπίνας και εξαρτάται από το τύπο του αεροπλάνου που θα χρησιμοποιηθεί στην πτήση. Σε αεροπλάνα μεγάλης χωρητικότητας επιβατών το πλήρωμα καμπίνας είναι περισσότερο σε σχέση με αεροπλάνα μικρής χωρητικότητας επιβατών.

Μισθός αεροσυνοδών: Κάθε φορά που οι αεροσυνοδοί ταξιδεύουν από ένα προορισμό σε ένα άλλο, εκτελούν υπηρεσία και για αυτό το λόγο η αεροπορική εταιρεία θα πρέπει να τους πληρώσει για το χρόνο που δούλεψαν. Σε περίπτωση που υπάρξει καθυστέρηση ή κάποιο πρόβλημα που οδηγεί σε αύξηση του χρόνου που πρέπει να δουλεύουν οι αεροσυνοδοί, η αεροπορική εταιρεία είναι υποχρεωμένη να πληρώσει το προσωπικό της πτήσης με επιπλέον χρήματα για τις υπερωρίες αυτές. Επίσης θα πρέπει να φροντίσει το προσωπικό της πτήσης να μην ταλαιπωρηθεί σε περίπτωση που η πτήση αλλάξει, λόγω των υπερωριών αυτών.

3.2.2 Μεταβλητές απόφασης

Οι μεταβλητές απόφασης είναι ανεξάρτητες μεταβλητές που οι τιμές που θα πάρουν ανεξάρτητα καθορίζονται από τις επιλογές του χρήστη που τις χρησιμοποιεί. Στο πρόβλημα προγραμματισμού διαθέσιμου προσωπικού οι μεταβλητές απόφασης που χρησιμοποιούνται είναι ο χρόνος εξυπηρέτησης ενός αεροπλάνου Sit Time, τα Crew Pairings μεταξύ του διαθέσιμου προσωπικού, ο χρόνος εργασίας του προσωπικού και τα Deadheads που μπορεί να προκύψουν.

Crew Pairings: Το προσωπικό καμπίνας πρέπει να αξιοποιείται βέλτιστα από μία αεροπορική εταιρεία έτσι ώστε να μπορεί να κάνει ένα σωστό προγραμματισμό σε αυτό. Για το σκοπό αυτό η αεροπορική εταιρεία σχεδιάζει τα δρομολόγια της με τέτοιο τρόπο ώστε να οδηγεί το προσωπικό καμπίνας, που φτάνουν στο τέλος της εργασίας τους, σε ένα προορισμό όπου θα χρησιμοποιηθούν για να εκτελεστεί η επόμενη πτήση. Δηλαδή οι αεροπορικές εταιρείες σχεδιάζουν μια ακολουθία προορισμών που γίνεται μέσα στο χρονικό διάστημα εργασίας των αεροσυνοδών, ώστε να αξιοποιηθούν βέλτιστα και φροντίζουν αυτή η ακολουθία να τελειώνει στον αρχικό χώρο όπου ξεκίνησαν την ημερήσια εργασία τους, για να είναι έτοιμοι για την επόμενη προγραμματιζόμενη πτήση.

Sit Time: Κατά το χρόνο Turn Time όπου είναι ο χρόνος που απαιτείται για να εξυπηρετηθεί ένα αεροπλάνο μετά την άφιξή του στην πύλη, οι αεροσυνοδοί περιμένουν στο αεροδρόμιο. Αναλόγως ο χρόνος της εξυπηρέτησης είναι μεγάλος ή μικρός. Αυτός ο χρόνος παραμονής είναι νεκρός χρόνος και οι αεροσυνοδοί θεωρούνται ότι δεν δουλεύουν, πράγμα αντίθετο αφού ο χρόνος αυτός είναι υποσύνολο του ημερήσιου χρόνου εργασίας. Οι αεροπορικές εταιρείες πληρώνουν τους αεροσυνοδούς ανάλογα με το χρόνο εργασίας που δούλεψαν και αυτό είναι ένα κόστος για αυτές

αν όλο το χρόνο τον αφιερώνουν στην εξυπηρέτηση του αεροπλάνου. Συνήθως ο χρόνος αυτός δίνεται με ένα MinSit και ένα MaxSit Time που είναι τριάντα λεπτά και τέσσερις ώρες αντίστοιχα.

Χρόνος εργασίας προσωπικού: Σύμφωνα με διεθνείς κανονισμούς κάθε εργαζόμενος σε μία εταιρεία θα πρέπει να εργάζεται τουλάχιστο οκτώ ώρες. Μια αεροπορική εταιρεία πρέπει να τηρεί αυτούς τους κανονισμούς και να φροντίζει το προσωπικό της να δουλεύει οκτώ ώρες. Επειδή όμως λόγω απρόβλεπτων γεγονότων όπως καθυστέρηση πτήσης ή βλάβη σε αυτό αναγκάζει το προσωπικό εργασίας να δουλεύει περισσότερο χρόνο από το προβλεπόμενο χρόνο, διεθνείς οργανισμοί αεροπλοΐας έφτιαξαν το κανονισμό 8 in 24. Σύμφωνα με αυτό το κανονισμό το προσωπικό μιας πτήσης θα δουλεύει οκτώ ώρες τη ημέρα και σε περίπτωση υπερωριών η αεροπορική εταιρεία πρέπει να προσφέρει την επόμενη μέρα τουλάχιστο δεκατέσσερις ώρες ξεκούραση στο προσωπικό της πτήσης.

Deadhead: Με αυτή την ονομασία ονομάζεται ένα ήδη υπάρχων άτομο που ανήκει στο προσωπικό της αεροπορικής εταιρείας και ταξιδεύει ως επιβάτης σε πτήσεις της ίδιας του της εταιρείας, σε χρόνο εργασίας. Λόγω έλλειψης προσωπικού που χρειάζεται μια πτήση για να πραγματοποιηθεί, οι αεροπορικές εταιρείες φέρνουν δικό τους αναγκαίο προσωπικό από άλλους προορισμούς, πληρώνοντας οι ίδιες τα έξοδα ταξιδιού, και δεν καταφεύγουν στην εύκολη λύση να ακυρώσουν την πτήση και να απογοητεύσουν το επιβατικό τους κοινό.

3.3 Περιορισμοί γενικού προβλήματος

Δρομολόγια: Κάθε αεροπορική εταιρεία εξυπηρετεί ένα συγκεκριμένο αριθμό αεροδρομίων και φροντίζει να τα εξυπηρετεί όσο περισσότερο χρονικό διάστημα γίνεται. Ως εταιρεία διαθέτει ένα αριθμό διαθέσιμων αεροπλάνων που καθημερινά εκτελούν πτήσεις σε αυτά τα αεροδρόμια. Για να αποφύγει την πιθανότητα όλα τα διαθέσιμα αεροπλάνα της ή τα περισσότερα να εξυπηρετούν μόνο ελάχιστα αεροδρόμια, θέτει τον περιορισμό ότι κάθε αεροπλάνο θα εξυπηρετεί ένα και μόνο αεροδρόμιο ή ένα συγκεκριμένο κόμβο αεροδρομίων. (εικόνα 16).



Εικόνα 16 :

Σχεδιάγραμμα που απεικονίζει τα δρομολόγια που εκτελεί συγκεκριμένη αεροπορική εταιρεία, από την βάση εγκατάστασης της. (Πηγή : Google Images).

Προσωπικό: Κάθε προγραμματιζόμενη πτήση για να πραγματοποιηθεί χρειάζεται το απαραίτητο προσωπικό. Χρειάζεται ένα πλήρωμα καμπίνας και τους κυβερνήτες που θα οδηγήσουν το αεροπλάνο. Ανάλογα με το τύπο αεροπλάνου που θα χρησιμοποιηθεί στην πτήση, ο αριθμός στο πλήρωμα καμπίνας και ο αριθμός των κυβερνητών στο πιλοτήριο αλλάζει. Σύμφωνα με διεθνείς

κανονισμούς και με τους κανονισμούς ασφάλειας της κατασκευάστριας εταιρείας των διαφόρων τύπων αεροπλάνων, οι αριθμοί αυτοί έχουν καθοριστεί και πρέπει να τηρούνται σε κάθε πτήση. Επίσης στο πλήρωμα του πιλοτηρίου υπάρχει ο περιορισμός ότι κάθε κυβερνήτης θα πετά με ένα συγκυβερνήτη, πράγμα που πρέπει να φροντίσει η αεροπορική εταιρεία να το τηρήσει στον προγραμματισμό των πτήσεων που θα κάνει.

Ωράρια εργασίας: Κάθε εργαζόμενος που εργάζεται σε μια εταιρεία πρέπει να δουλεύει το περισσότερο μέχρι οκτώ ώρες. Αν ένας εργαζόμενος αναγκαστεί να υπερβεί το χρονικό αυτό όριο, η εταιρεία που τον εργοδοτεί είναι υποχρεωμένη να τον καλύψει οικονομικά και να του προσφέρει κάποιες οφειλές για τις υπερωρίες που κάνει. Σε μια αεροπορική εταιρεία, οι υπερωρίες που γίνονται από το αναγκαίο προσωπικό της για μία πτήση, δημιουργούν κόστος στην εταιρεία αφού πρέπει να τους καλύψει όλους οικονομικά για τις υπερωρίες και για την διαμονή τους στο ξένο αεροδρόμιο. Έτσι στον προγραμματισμό που κάνει για να ορίσει δρομολόγια και προσωπικό για κάθε πτήση, θέτει το περιορισμό ότι το διαθέσιμο προσωπικό της πτήσης θα δουλέψει ημερήσια το αργότερο οκτώ ώρες.

Συντήρηση αεροπλάνου: Κάθε κατασκευάστρια εταιρεία που προμηθεύει διαφόρων τύπων αεροπλάνων σε μια αεροπορική εταιρεία, φροντίζει να της παρέχει και τον οδηγό χρήσεως κάθε τύπου, που ορίζει τον σωστό τρόπο χρήσης του αεροπλάνου. Στον οδηγό αυτό υπάρχουν κάποια χρονικά όρια τα οποία διαφέρουν για κάθε τύπο αεροπλάνου και καθορίζουν το χρόνο που η αεροπορική εταιρεία θα πρέπει να οδηγήσει τα αεροπλάνα για προληπτική ή αναγκαία συντήρηση. Αν ξεπεραστούν τα όρια αυτά και το αεροπλάνο συνεχίζει να πετά, αυξάνεται και η πιθανότητα να πάθει βλάβη κατά την διάρκεια μιας πτήσης και να υπάρξει αεροπορικό δυστύχημα. Για να αποφύγει το κίνδυνο αυτό μια αεροπορική εταιρεία, φροντίζει ο συνολικός χρόνος πτήσεων ενός τύπου αεροπλάνου να είναι μικρότερος ή ίσος από την τιμή που δίνει ο οδηγός χρήσεως.

Καύσιμα αεροπλάνου: Κάθε τύπος αεροπλάνου έχει διαφορετική δεξαμενή καυσίμων η οποία μπορεί να χωρέσει συγκεκριμένη ποσότητα αυτών. Κάθε αεροπλάνο καταναλώνει συγκεκριμένη ποσότητα καυσίμων ανά χιλιόμετρα απόστασης που καλύπτει. (εικόνα 17). Πρέπει η αεροπορική εταιρεία να χρησιμοποιήσει το κατάλληλο τύπο αεροπλάνου και να φροντίζει η απόσταση δυο αεροδρομίων να είναι η αναγκαία ώστε τα καύσιμα να είναι επαρκής.

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΥΠΙΚΩΝ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ

	A318	A319	A320-100	A320-200	A321-100	A321-200	
Διαστάσεις (m)	Ανοιγμα πτερύγων	34,10	34,10	34,10	34,10	34,10	
	Πτερυγική επιφάνεια	122,44	122,44	122,44	122,44	122,44	
	Μήκος	31,45	33,83	37,58	37,58	44,50	44,50
	Ύψος	12,55	11,76	11,76	11,76	11,76	11,76
	Διάμετρος Ατράκτου	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96
Φορτίσι/Βάρος (kg)	Τυπ. Επιβατ. Χωρητικ.	107	124	150	150	184	184
	Μέγιστο Κενό	39035	39900	41000	42200	47900	48500
	Ωφέλιμο Φορτίο	14100	17100	18800	20000	21700	23000
	Μέγιστο Βάρος Αιτογ.	59-65000	64000	65000	73-77000	83-85000	88-93000
Επιδόσεις	Κενό καυσίμων (ZFW)	53-54500	57-58000	57000	61000	69-73800	69-73800
	Χωρητ.Καυσίμων (Kg)	19100	19100	18800	19100	19000	23600
	Μέγιστη Ταχ. (Mach)	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
	Ιδανική Ταχ. (Mach)	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
	Ύψος οροφής (ft)	39000	39000	39000	39000	39000	39000
	Εμβέλεια (χιλιόμε X 1000)	3,7-5,2	3,39-5,84	3,25	4,84-5,67	4,25-4,35	5,0-5,5

Εικόνα 17 :

Πίνακας τυπικών προδιαγραφών αεροπλάνων Airbus.

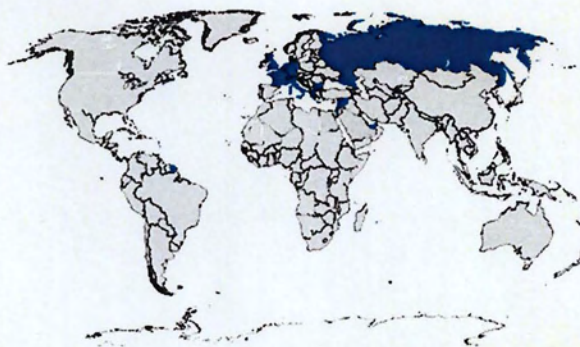
(Πηγή : Google Images)

Κεφάλαιο 4

Case study : Κυπριακές Αερογραμμές

4.1. Ιστορικό Κυπριακών Αερογραμμών (Cyprus Airways)

Οι Κυπριακές Αερογραμμές (Cyprus Airways) ιδρύθηκαν στις 24 Σεπτεμβρίου 1947 (έκλεισαν 09 Ιανουαρίου 2015) και είναι ο κρατικός αερομεταφορέας της Κύπρου (εικόνα 21). Ανήκουν κατά 70 % στην Κυπριακή Δημοκρατία, και κατά 30 % σε ιδιώτες επενδυτές. Τα κεντρικά της γραφεία είναι στη Λευκωσία και η αρχική της βάση της ήταν το αεροδρόμιο Λευκωσίας. Μετά την τουρκική εισβολή που είχε ως αποτέλεσμα να καταστραφεί η βάση αυτή, δημιούργησε μία καινούργια βάση στο Διεθνή Αερολιμένα Λάρνακας όπου βάση διατηρεί και την σημερινή εποχή. Το 1992 ίδρυσαν τη θυγατρική εταιρεία Eurocypria Airlines, ώστε να κατέχει μεγαλύτερο μερίδιο σε ναυλωμένες πτήσεις από και προς την Κύπρο και το 2002 την Hellas Jet στην Ελλάδα. Μετά από αρνητικά οικονομικά αποτελέσματα οι Κυπριακές Αερογραμμές αποφασίζουν να πουλήσουν την Hellas Jet στον τουριστικό όμιλο Air Miles ενώ κράτησαν τη Eurocypria Airlines. Σήμερα οι Κυπριακές Αερογραμμές εξυπηρετούν 22 προορισμούς σε Ευρώπη και Μέση Ανατολή (εικόνα 18). Διαθέτει στο σύνολο 12 αεροπλάνα διάφορων τύπων τα οποία είναι 3 Airbus A319, 7 Airbus A320, και 2 Airbus A330. Επίσης διαθέτει 1210 άτομα προσωπικό.



Εικόνα 18 : Με μπλε χρώμα οι προορισμοί των Κυπριακών Αερογραμμών.
(Πηγή : <http://en.wikipedia.org>)

4.1.1. Οικονομικά στοιχεία Κυπριακών Αερογραμμών 2011



ΚΥΠΡΙΑΚΕΣ ΑΕΡΟΓΡΑΜΜΕΣ ΔΗΜΟΣΙΑ ΛΙΜΙΤΕΔ

ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΘΕΣΗΣ ΣΤΙΣ 31 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2011

	Σημ.	2011 €'000	2010 €'000
Περιουσιακά στοιχεία			
Αεροσκάφη, ακίνητα και εξοπλισμός	17	34.370	59.917
Άλλα περιουσιακά στοιχεία	18	1.333	1.311
Ακίνητα για επένδυση	19	870	950
Χρηματοοικονομικά περιουσιακά στοιχεία διαθέσιμα προς πώληση	20	198	198
Επενδύσεις σε συνδεδεμένες εταιρείες	22	187	6
Αναβαλλόμενες φορολογικές απαιτήσεις	23	4.542	4.688
Εμπορικά και άλλα εισπρακτέα	24	11.151	20.135
Σύνολο μη κυκλοφορούντων περιουσιακών στοιχείων		52.651	87.205
Αποθέματα	25	1.523	2.425
Εμπορικά και άλλα εισπρακτέα	24	49.218	53.198
Παράγωγα χρηματοοικονομικά μέσα	33	697	-
Μετρητά και αντίστοιχα μετρητών	26	28.997	29.871
Μη κυκλοφορούντα περιουσιακά στοιχεία διακρατούμενα προς πώληση	27	8.775	10.154
Σύνολο κυκλοφορούντων περιουσιακών στοιχείων		89.210	95.648
Σύνολο περιουσιακών στοιχείων		141.861	182.853
Ίδια κεφάλαια			
Μετοχικό κεφάλαιο	28	35.204	35.204
Αποθεματικά	29	7.387	8.070
Συσσωρευμένες ζημιές		(58.570)	(35.492)
Σύνολο ιδίων κεφαλαίων		(15.979)	7.782
Υποχρεώσεις			
Δανεισμός	30	31.958	39.060
Υποχρεώσεις χρηματοδοτικών μισθώσεων	31	-	12.869
Εμπορικά, άλλα πληρωτέα και προβλέψεις	32	12.582	29.937
Αναβαλλόμενο εισόδημα	34	3.688	4.461
Σύνολο μακροπρόθεσμων υποχρεώσεων		48.228	86.327
Τραπεζικά παρατραβήγματα	26	600	2.494
Δανεισμός	30	7.102	7.102
Υποχρεώσεις χρηματοδοτικών μισθώσεων	31	13.018	5.148
Εμπορικά, άλλα πληρωτέα και προβλέψεις	32	73.610	53.409
Παράγωγα χρηματοοικονομικά μέσα	33	-	488
Τρέχουσες φορολογικές υποχρεώσεις		74	91
Αναβαλλόμενο εισόδημα	34	15.208	20.012
Σύνολο τρεχουσών υποχρεώσεων		109.612	88.744
Σύνολο υποχρεώσεων		157.840	175.071
Σύνολο ιδίων κεφαλαίων και υποχρεώσεων		141.861	182.853

Οι ενοποιημένες οικονομικές καταστάσεις εγκρίθηκαν από το Διοικητικό Συμβούλιο στις 31 Αυγούστου 2012.

4.2. Περιγραφή προβλημάτων Κυπριακών Αερογραμμών

Οι Κυπριακές Αερογραμμές τα τελευταία χρόνια (2009 και μετά) αντιμετωπίζουν προβλήματα στην όλη λειτουργία της Εταιρείας. Έχουν παρουσιαστεί προβλήματα τα οποία συνεχίζουν να υπάρχουν και προσφέρουν κόστος σε αυτή. Αν δεν τα επιλύσουν άμεσα υπάρχει ο κίνδυνος να χρεοκοπήσουν οι Κυπριακές Αερογραμμές ως εταιρεία και να κλείσουν οριστικά, πράγμα που θα είναι καταστροφικό για την Κύπρο αφού είναι ο εθνικός αερομεταφορέας. Πιο κάτω γίνεται αναφορά σε αυτά τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι Κυπριακές Αερογραμμές.

1. Eurocyprria και Hellas Jet

Η Eurocyprria δημιουργήθηκε το 1992 και είναι θυγατρική εταιρεία των Κυπριακών Αερογραμμών. Είχε στην κατοχή της έξι αεροπλάνα και εξυπηρετούσε 75 προορισμούς οι οποίοι κάποιοι ήταν κοινοί με τους προορισμούς των Κυπριακών Αερογραμμών.

Με την πάροδο του χρόνου η Eurocyprria άρχισε σταδιακά να έχει ζημιές στους ετήσιους ισολογισμούς της, πράγμα που επηρέασε και τις Κυπριακές Αερογραμμές, αφού ήταν κομμάτι στην δομή και την λειτουργία της εταιρείας. Όταν άρχισε να έχει ζημιές στον ετήσιο ισολογισμό της ως εταιρεία και οι Κυπριακές Αερογραμμές, τότε ήταν δύσκολο να τα βγάλει πέρα με τα αρνητικά οικονομικά αποτελέσματα που είχε. Έτσι το 2006 η Κυβέρνηση της Κύπρου αποφάσισε να αγοράσει το μεγαλύτερο μερίδιο των μετοχών της Eurocyprria από τις Κυπριακές Αερογραμμές για να την βοηθήσει να τα βγάλει πέρα με τα οικονομικά της. Με αυτό τον τρόπο θα υπήρχαν δύο εταιρείες που θα εξυπηρετούσαν το επιβατικό κοινό της Κύπρου.

Τα επόμενα χρόνια όμως η Eurocyprria συνέχισε να έχει ζημιές στον ετήσιο ισολογισμό κάθε έτους ξεπερνώντας και μερικές φορές το μέγιστο επιτρεπτό όριο που είχε θέσει. Η Κυπριακή Κυβέρνηση αποφάσισε να μειώσει το στόλο της Eurocyprria στα τέσσερα αεροπλάνα από τα έξι που είχε αρχικά. Αυτό το γεγονός οδήγησε αρκετό προσωπικό να χάσει την δουλειά του. Αυτή η κίνηση δεν έγινε δεκτή από το προσωπικό της Eurocyprria, οι οποίοι αντέδρασαν έντονα και απαιτούσαν να έχουν ίσες θέσεις εργασίας στις Κυπριακές Αερογραμμές. Θεώρησαν ότι η κίνηση αυτή αποσκοπούσε στο να βοηθήσει τις Κυπριακές Αερογραμμές και να καταστρέψει την Eurocyprria.

Η Κυβέρνηση της Κύπρου μετά την απόφαση του Υπουργού Οικονομικών, έδωσε την λύση και οι Κυπριακές Αερογραμμές απορρόφησαν τις ζημιές της Eurocyprria, καθώς και το σύνολο των υπαλλήλων της που είχαν απολυθεί. Αυτό δημιούργησε περισσότερα προβλήματα στις Κυπριακές Αερογραμμές γιατί θα έπρεπε να προσθέσει στα όλα αρνητικά της οικονομικά αποτελέσματα τις ζημιές της Eurocyprria και να κατανέμει το καινούργιο προσωπικό της σε εργασίες. Παράλληλα αφού μειώθηκε ο στόλος της Eurocyprria, καταργήθηκαν προορισμοί τους οποίους εξυπηρετούσε η ίδια, με αποτέλεσμα να υπάρχει μείωση επιβατικού κοινού από και προς την Κύπρο. Έτσι έπρεπε οι Κυπριακές Αερογραμμές να συμπληρώσουν τους προορισμούς αυτούς με τα δικά της αεροπλάνα, επιβαρύνοντας έτσι το δικό της πρόγραμμα πτήσεων.

Η Κυπριακή Κυβέρνηση βλέποντας ότι και οι δύο εταιρείες, Eurocyprria και Κυπριακές Αερογραμμές, δεν τα πάνε καλά, αποφάσισε να προτείνει την συγχώνευση των δύο εταιρειών για να γίνει μία ενιαία εταιρεία. Η συγκεκριμένη εταιρεία θα είναι ο εθνικός αερομεταφορέας της Κύπρου και με οργανωμένο και σωστό προγραμματισμό θα καταφέρει να έχει κέρδη.

Η Hellas Jet ιδρύθηκε το 2002 και είναι μια ελληνική αεροπορική εταιρία που πραγματοποιεί αποκλειστικά ναυλωμένες πτήσεις (charter). Αρχικά οι Κυπριακές Αερογραμμές

είχαν το 50 % του μετοχικού κεφαλαίου στην Hellas Jet και από τα μέσα του 2004 απέκτησαν πλήρως το ποσοστό του μετοχικού κεφαλαίου (100 %) σε αυτή. Οι Κυπριακές Αερογραμμές για να ενισχύσουν το στόλο της Hellas Jet, προχώρησαν στην αγορά αεροπλάνων τύπου Airbus 330, τα οποία ως αεροπλάνα είναι πολύ μεγάλα και πολυέξοδα. Σε μικρό χρονικό διάστημα οι Κυπριακές Αερογραμμές παρατήρησαν ότι η κίνηση τους αυτή δεν ήταν σωστή και ότι οδήγησαν την εταιρεία στο να έχει μεγάλα κόστη. Είδαν ότι δεν ανταποκρίνονταν στις ανάγκες της αγοράς την οποία εξυπηρετούσε η εταιρεία. Τα μισά περίπου κόστη που έκανε η εταιρεία στο σύνολο προέρχονταν από την Hellas Jet. Έτσι το 2005 οι Κυπριακές Αερογραμμές πούλησαν την Hellas Jet σε άλλη εταιρεία.

2. Πρόστιμο από την Τουρκία

Το 1974 η Τουρκία έκανε εισβολή στην Κύπρο και κατάφερε να πάρει το 37 % του κυπριακού εδάφους παράνομα που βρίσκεται στο βόρειο τμήμα της Κύπρου. Από την πρώτη στιγμή που η Τουρκία πάτησε σε κυπριακό έδαφος άρχισε να επιβάλλει περιορισμούς στην Κυπριακή Κυβέρνηση. Ένας από αυτούς τους περιορισμούς ήταν η απαγόρευση χρήσης του εναέριου χώρου της Τουρκίας από κυπριακά αεροπλάνα. Δηλαδή η Τουρκία δεν επέτρεπε σε αεροπλάνα των Κυπριακών Αερογραμμών να πετάνε πάνω από το βόρειο τμήμα της Κύπρου και αντίστοιχα πάνω από την Τουρκία. Αυτή η κίνηση της Τουρκίας προκάλεσε πρόβλημα στις Κυπριακές Αερογραμμές. Η διάρκεια των πτήσεών της εταιρείας αυξήθηκε κατά δύο τουλάχιστον ώρες, αφού τα αεροπλάνα έκαναν μεγάλη διαδρομή, προκειμένου να αποφύγουν να πετάξουν πάνω από την Τουρκία. Επίσης έχαναν το χρόνο και την ευχέρεια να αξιοποιήσουν για δύο ώρες τα αεροπλάνα της για άλλους προορισμούς. Αυτό οδήγησε μεγάλο αριθμό επιβατικού κοινού των Κυπριακών Αερογραμμών να προτιμήσουν να διακινηθούν με άλλες αεροπορικές εταιρείες, για να πάνε γρηγορότερα στον προορισμό τους. Αυτή η προσπάθεια που κάνουν οι Κυπριακές Αερογραμμές να αποφύγουν τις πτήσεις πάνω από τουρκικό έδαφος, κάνοντας διαδρομές γύρω από την Τουρκία, για να καταφέρουν να πάνε προς τη Ρωσία και γενικά προς τον βορρά, προκάλεσε αύξηση στο μεταφορικό κόστος της εταιρείας κατά 20 εκατομμύρια ευρώ. Αυτό το ποσό ήταν ήδη αρκετό για να προκαλέσει πρόβλημα στην λειτουργία και οργάνωση των Κυπριακών Αερογραμμών, και για αυτό το λόγο η Κυπριακή Κυβέρνηση αποφάσισε να πληρώνει αυτό το ποσό κάθε χρόνο στην εταιρεία, προκειμένου να την βοηθήσει οικονομικά.

3. Προβλήματα στα αεροπλάνα και έλλειψη αυτών

Λόγω της έλλειψης αεροπλάνων που έχουν οι Κυπριακές Αερογραμμές, υπάρχουν φορές που δεν έχουν αεροπλάνα να εξυπηρετήσουν το επιβατικό κοινό όταν χρειαστεί. Λόγω του μικρού αριθμού στο στόλο αεροπλάνων και του γεγονότος ότι κάποια από αυτά θα πάνε για συντήρηση, δεν μπορούν να στείλουν αεροπλάνο να εξυπηρετήσει το επιβατικό κοινό όταν ένα αεροπλάνο πάθει μία απρόβλεπτη βλάβη. Για το λόγο αυτό υπάρχουν διαμαρτυρίες από το επιβατικό κοινό για πολύωρες καθυστερήσεις στην εξυπηρέτηση αυτών με αποτέλεσμα να μην είναι ικανοποιημένοι με τις υπηρεσίες που προσφέρουν και εγκαταλείπουν την εταιρεία.

4. Έλλειψη συντονισμού με Κ.Ο.Τ.

Ο Κυπριακός Οργανισμός Τουρισμού (Κ.Ο.Τ.) είναι ένας ημικρατικός οργανισμός ο οποίος υπάγεται στο Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού και έχει ως κύριο σκοπό του τη οργάνωση και προώθηση του τουρισμού στην Κύπρο και στο εξωτερικό. Οι Κυπριακές Αερογραμμές είχαν πρόβλημα συντονισμού με το Κ.Ο.Τ, ώστε να πάρουν κοινές αποφάσεις για το πώς θα κινηθούν στο μέλλον για να πετύχουν τους στόχους τους, με αποτέλεσμα η κάθε εταιρεία να παίρνει αποφάσεις που επηρεάζουν η μια την άλλη. Έτσι ο Κυπριακός Οργανισμός Τουρισμού αφού δεν μπορούσε να συνεννοηθεί σωστά με τις Κυπριακές Αερογραμμές, έπαιρνε την απόφαση να δίνει επιχορηγήσεις σε ξένες αεροπορικές εταιρείες για να πετύχει τους στόχους του ως οργανισμός. Αυτή η κίνηση που έκανε ο Κ.Ο.Τ. οδηγούσε στην αύξηση του ανταγωνισμού μεταξύ Κυπριακών Αερογραμμών και ξένων αεροπορικών εταιρειών, και έκανε την εταιρεία να χάνει πιθανούς προορισμούς που ίσως να ήταν κερδοφόροι για την ίδια.

5. Λάθος αποφάσεις και αντιδράσεις

Οι Κυπριακές Αερογραμμές, από την στιγμή που η Κύπρος εντάχθηκε στην Ευρωπαϊκή Ένωση, άρχισαν να χάνουν το παιχνίδι του ανταγωνισμού. Είδαν ότι δεν μπορούσαν να ανταγωνιστούν τις μεγάλες αεροπορικές εταιρείες του εξωτερικού, οι οποίες με πείρα κατάφερναν να οδηγούνται μπροστά στον ανταγωνισμό και να κερδίζουν καινούργιους προορισμούς και περισσότερο επιβατικό κοινό. Αφού δεν υπήρχαν αρκετοί προορισμοί για να εκτελούνται πτήσεις, σταδιακά άρχισαν να έχουν ζημιές στα ετήσια οικονομικά αποτελέσματα. Για να τα καταφέρουν ως εταιρεία να τα βγάλουν πέρα και να μην οδηγηθούν στην χρεοκοπία, αποφάσισαν να διακόψουν συγκεκριμένες πτήσεις από τα δύο αεροδρόμια της Κύπρου, προς το εξωτερικό. Η απόφαση αυτή της εταιρείας προκάλεσε αντιδράσεις στο επιβατικό κοινό της Κύπρου, αφού με αυτό το τρόπο έχαναν την ευκαιρία να ταξιδέψουν στις χώρες αυτές με τον εθνικό τους αερομεταφορέα και επίσης έχαναν και την εμπιστοσύνη της ίδιας της εταιρείας και έκαναν στροφή σε άλλη αεροπορική εταιρεία. Ακόμη υπήρξαν και αντιδράσεις πολιτών που επηρεάζονται άμεσα από τις πτήσεις από και προς την Κύπρο, όπως είναι π.χ. οι ξενοδόχοι οι οποίοι με μια τέτοια απόφαση, που είναι ενάντια σε αυτή, δεν θα είχαν πληρότητα τα ξενοδοχεία της Κύπρου αφού δεν θα μετέφεραν τουρίστες στην Κύπρο από τους προορισμούς στους οποίους έχουν διακόψει.

6. Προβλήματα στο Κέντρο Εναέριας Κυκλοφορίας της Κύπρου

Από το 2002 μέχρι και σήμερα, λόγω εργασιακών διαφορών που υπάρχουν στο Κυπριακό Κέντρο Εναέριας Κυκλοφορίας, δημιουργούνται πολλές καθυστερήσεις στις πτήσεις των αεροπλάνων που πετούν από και προς την Κύπρο. Έτσι δεν εξυπηρετούνται σωστά οι πτήσεις των Κυπριακών Αερογραμμών πράγμα που οδηγεί σε κόστος που φτάνει τα 2,5 εκατομμύρια ευρώ ετησίως. Επιπλέον η Ευρωπαϊκή Ένωση θεωρεί την Κύπρο ως τη λιγότερο παραγωγική περιοχή της Ευρώπης στο θέμα της εξυπηρέτησης αεροπλάνων στον δικό της κυπριακό εναέριο χώρο, γεγονός που μπορεί να επηρεάσει τις αποφάσεις του τουριστικού κοινού για τον τρόπο προσέλευσης τους στην Κύπρο. Επίσης το αεροδρόμιο της Λάρνακας κλείνει μετά τις 12 το βράδυ και δεν δέχεται πτήσεις, πράξη η οποία μειώνει τον αριθμό ημερήσιων πτήσεων, ενώ παραμένει ανοικτό το αεροδρόμιο της Πάφου για εξυπηρέτηση νυκτερινών πτήσεων.

4.3. Προσπάθεια επίλυσης προβλημάτων - Συνεργασία με SITA

Η SITA (Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques) ιδρύθηκε το 1949 από έντεκα αεροπορικές εταιρείες οι οποίες είναι η Air France, η KLM, η Sabena, η Swissair, η TWA, η British European Airways Corporation (BEAC), η British Overseas Airways Corporation (BOAC), η British Airways Νότιας Αμερικής (BSAA), η σουηδική AGAerotrtransport, η δανική Det Danske Luftfartselskab A / Det S και η Noweigan Luftfartselskap Norske. Ως εταιρεία κατέχει ηγετική θέση στον κόσμο των επικοινωνιών των αεροπορικών μεταφορών και λύσεων πληροφορικής. Εξυπηρετεί περισσότερες από 500 αεροπορικές εταιρίες, αεροδρόμια, εταιρείες αεροδιαστημικής και οργανώσεις που ασχολούνται με τις εμπορευματικές αερομεταφορές. Παραδίδει και διαχειρίζεται επιχειρηματικές λύσεις σε αεροπορικές εταιρείες, αεροδρόμια, κυβερνήσεις και σε πελάτες για το δίκτυο των επικοινωνιών των αεροπορικών μεταφορών στο παγκόσμιο κλάδο. Η SITA έχει ένα χαρτοφυλάκιο το οποίο βοηθά την αεροπορική εταιρεία που το επιλέγει να διαχειρίζεται σωστά τις ενέργειες της ώστε να οδηγηθεί στρατηγικά προς την επιτυχία και να κερδίσει το παιχνίδι του ανταγωνισμού. Το χαρτοφυλάκιο περιέχει υπηρεσίες για εμπορικές αεροπορικές εταιρείες για σωστή διαχείριση των επιβατών, υπηρεσίες για σωστό χειρισμό πτήσεων και εκμετάλλευσης αεροσκαφών, υπηρεσίες επικοινωνιών αέρος-εδάφους και υπηρεσίες για ασφαλή μεταφορά εμπορευμάτων και ασφάλεια των αποσκευών που μεταφέρουν.

Οι Κυπριακές Αερογραμμές θέλοντας να βελτιώσουν τις επικοινωνίες και το ηθικό του πληρώματος και παράλληλα να οδηγηθούν μπροστά στο ανταγωνισμό, αποφάσισαν να χρησιμοποιήσουν τις υπηρεσίες που παρέχει το χαρτοφυλάκιο της SITA. Έτσι το Μάρτιο του 2009 πλήρωσε 4 εκατομμύρια δολάρια για να αγοράσει τέσσερις υπηρεσίες του χαρτοφυλακίου Συγκεκριμένα αγόρασε τις υπηρεσίες FleetPlan, FleetPlan Max, FleetWatch και CrewWatch οι οποίες αναλύονται πιο κάτω.

FleetPlan: Είναι μια υπηρεσία η οποία βοηθά το πελάτη να βλέπει τα δρομολόγια των πτήσεων που εκτελούν οι Κυπριακές Αερογραμμές από το σπίτι. Πιο συγκεκριμένα μέσω ενός τοπικού ή Wide Area Network ο πελάτης αποκτά πρόσβαση στο κεντρικό Server των Κυπριακών Αερογραμμών και έτσι με άνεση βλέπει τα δρομολόγια που πρόκειται να εκτελεστούν (εικόνα 19).

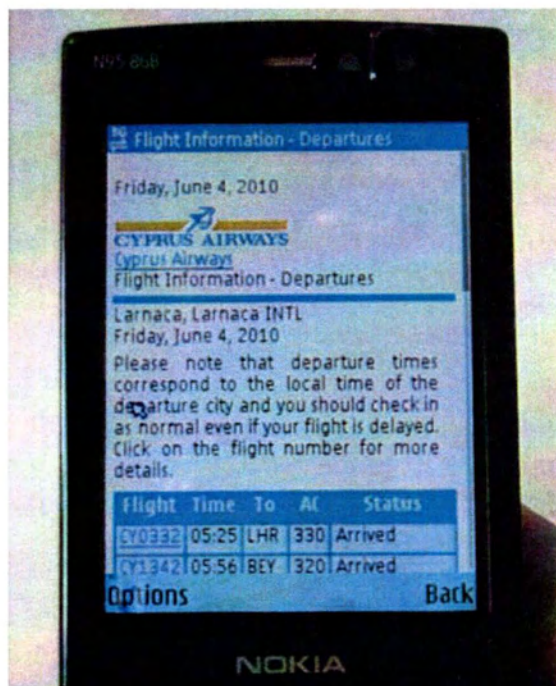
FleetPlan Max: Είναι υπηρεσία και ένα στρατηγικό επιχειρηματικό εργαλείο που βελτιστοποιεί τη λεπτή ισορροπία μεταξύ επιχειρησιακών δαπανών και παράλληλα βοηθά τις Κυπριακές Αερογραμμές ως εταιρεία να βελτιστοποιήσει τα κέρδη της. Παρέχει ένα σωστό σύστημα προγραμματισμού δικτύων και εξασφαλίζει ότι τα διαθέσιμα αεροπλάνα και οι πόροι του πληρώματος που είναι αναγκαία για προγραμματιζόμενες πτήσεις θα χρησιμοποιούνται στο μέγιστο των δυνατοτήτων τους.

FleetWatch: Είναι μια υπηρεσία που χρησιμοποιεί ένα εργαλείο ελέγχου διαχείρισης ενεργειών. Με το εργαλείο αυτό διαχειρίζεται τις ενέργειες που γίνονται με χρονοδιαγράμματα με μια δυναμική έγχρωμη οθόνη, παρέχει διεπαφές με τα Departure Control Systems και βοηθά στο σχεδιασμό των πτήσεων. Επίσης το FleetWatch βοηθά τις Κυπριακές Αερογραμμές να βελτιώσουν την χρήση των αεροσκαφών στις πτήσεις αφού διευκολύνει την ταχύτερη ανάκαμψη από απροσδόκητες καταστάσεις, όπως για τον καιρό και τις καθυστερήσεις.

CrewWatch: Είναι μια υπηρεσία που χρησιμοποιείται για τον χρονοπρογραμματισμό πληρωμάτων όπου καθορίζεται η τελική ανάθεση του πληρώματος στις πτήσεις. Παρακολουθεί τον αρχικό σχεδιασμό και βοηθά στην σωστή αντιστοίχιση και έλεγχο του πληρώματος με τα αρχεία του πληρώματος στην εταιρεία, ώστε να μην υπάρξει πρόβλημα στις προγραμματιζόμενες πτήσεις. Ακόμη το CrewWatch βοηθά τις Κυπριακές Αερογραμμές να τηρούν σε εθνικό επίπεδο τους κανόνες της εταιρείας και τούς διεθνείς κανονισμούς που ισχύουν για τα πληρώματα της.

Από την εφαρμογή των υπηρεσιών του χαρτοφυλακίου της SITA, οι Κυπριακές Αερογραμμές έχουν κερδίσει μια σειρά από οφέλη όπως :

- Πολύ καλύτερη επικοινωνία μεταξύ των διαφόρων παραγόντων που εμπλέκονται στο σχεδιασμό και τη διαχείριση των πτήσεων.
- Βελτιωμένη λήψη αποφάσεων, η οποία επιτρέπει στην εταιρεία να εξετάσει το κόστος των διαφόρων σεναρίων, και όχι η απλή πρακτικότητα αυτών.
- Βελτιώθηκαν οι εργασιακές σχέσεις μεταξύ των μέλων του πληρώματος με τη διαχείριση και το τμήμα προγραμματισμού του πληρώματος (εικόνα 20).
- Καλύτερη χρήση των δεδομένων, η οποία παρέχει καλύτερη γνώση των λειτουργικών δαπανών.



Εικόνα 19 : Χρήση της υπηρεσίας FleetPlan για προγραμματιζόμενα δρομολόγια των Κυπριακών Αερογραμμών. (Πηγή : Google Images)



Εικόνα 20 : Καλές εργασιακές σχέσεις μεταξύ του προσωπικού των Κυπριακών Αερογραμμών. (Πηγή : Google Images)

Κεφάλαιο 5

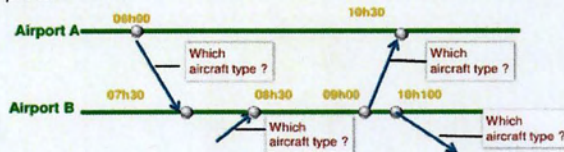
Μοντελοποίηση προβλήματος - Αποτελέσματα

5.1. Περιγραφή γενικού προβλήματος

Το πρόβλημα ανάθεσης διαθέσιμων αεροσκαφών (Fleet Assignment Problem) επηρεάζει σε σημαντικό ποσοστό όλες τις αεροπορικές εταιρείες και όλες έχουν ως προτεραιότητα να επιλύσουν σε σύντομο χρονικό διάστημα αυτό το πρόβλημα. Σκοπός της επίλυσης αυτής είναι ο καθορισμός ενός τύπου αεροσκάφους για την εξυπηρέτηση κάθε πτήσης σε ένα συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα, ικανοποιώντας παράλληλα τις επιχειρησιακές απαιτήσεις, τούς κανόνες συντήρησης, καθώς και τους περιορισμούς του πληρώματος (εικόνα 21). Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την επίλυση αξιολογούνται από τις αεροπορικές εταιρείες, καθώς δίνουν αποτελέσματα για την σύνδεση δύο ή περισσότερων εξυπηρετούμενων αεροδρομίων από βέλτιστο αριθμό αεροσκαφών, το πρόγραμμα συντηρήσεων των αεροσκαφών ώστε να ξεκαθαρίσει ποιά αεροσκάφη είναι διαθέσιμα για εξυπηρέτηση πελατών και πόσα άτομα του εργασιακού προσωπικού θα πρέπει να είναι διαθέσιμα για κάθε πτήση. Το πρώτο πρόβλημα ανάθεσης αεροσκαφών επιλύθηκε το 1995 και αφορούσε αεροπορική εταιρεία με 11 αεροσκάφη και 2500 σταθμούς εξυπηρέτησης, και σε αυτό το πρόβλημα υπήρχε η παραδοχή ότι κάθε πτήση γινόταν κάθε μέρα της εβδομάδας. Στην συνέχεια το 1996 το πρόβλημα αυτό γενικεύτηκε και πλέον σε αυτό υπήρχε η συντήρηση των αεροσκαφών και ο προγραμματισμός του προσωπικού για εξυπηρέτηση των πτήσεων. Στην συνέχεια όσο αφορά το πρόβλημα ανάθεσης διαθέσιμου προσωπικού (Crew Scheduling Problem) είναι επίσης σημαντικό για τις αεροπορικές εταιρίες. Εδώ προσπαθούν να αναθέσουν στο διαθέσιμο προσωπικό σε μια ακολουθία πτήσεων που αρχίζουν και τελειώνουν στην ίδια καθορισμένη βάση. Πρέπει να καθορίσουν τον ελάχιστο αριθμό προσωπικού, που είναι οι αεροσυνδοί και οι πιλότοι, και απαιτούνται για την κάλυψη όλων αυτών των πτήσεων, έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται το συνολικό κόστος πραγματοποίησης των πτήσεων αυτών (εικόνα 22). Κάθε ομάδα ατόμων, που είναι αναγκαίοι για πραγματοποίηση μιας πτήσης, πρέπει να πληρούν μια σειρά κανονισμών που αφορούν το μέγιστο χρόνο εργασίας που δαπανούν στον αέρα ανά ημέρα και το ελάχιστο χρόνο ανάπαυσης των ατόμων αυτών.

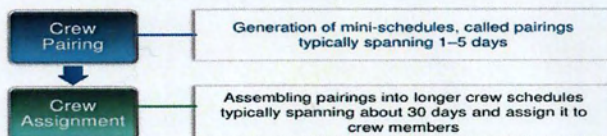
Fleet assignment:

- Given the fleet availability and flight schedule, the goal of fleet assignment is to find the best **assignment of fleet type to flight legs** that maximize the expected profit.



Crew scheduling:

- Because of the complex structure of work-rules and crew costs, the crew scheduling problem is typically solved in a two-step process:



- Crew pairing: the objective is to **minimize the crew costs** associated with covering all flight legs in the flight schedule.
- Crew assignment: The objective is mainly to assemble pairings into schedules that **maximize the satisfaction** levels of crews.

Εικόνα 21 :

Σχεδιάγραμμα καθορισμού αεροσκαφών για εξυπηρέτηση προορισμών. (Πηγή : Google Images)

Εικόνα 22 :

Διαδικασία επίλυσης Crew Scheduling Problem και στόχοι επίτευξης από την επίλυση αυτού. (Πηγή : Google Images)

Ως μελέτη περίπτωσης σε αυτή την εργασία έχω πάρει ως αεροπορική εταιρεία τις Κυπριακές Αερογραμμές. Όπως και οι άλλες αεροπορικές εταιρείες, έτσι και οι Κυπριακές Αερογραμμές, ως αερομεταφορέας αντιμετωπίζει προβλήματα στην ανάθεση διαθέσιμων αεροσκαφών και στη ανάθεση διαθέσιμου προσωπικού στις πτήσεις.

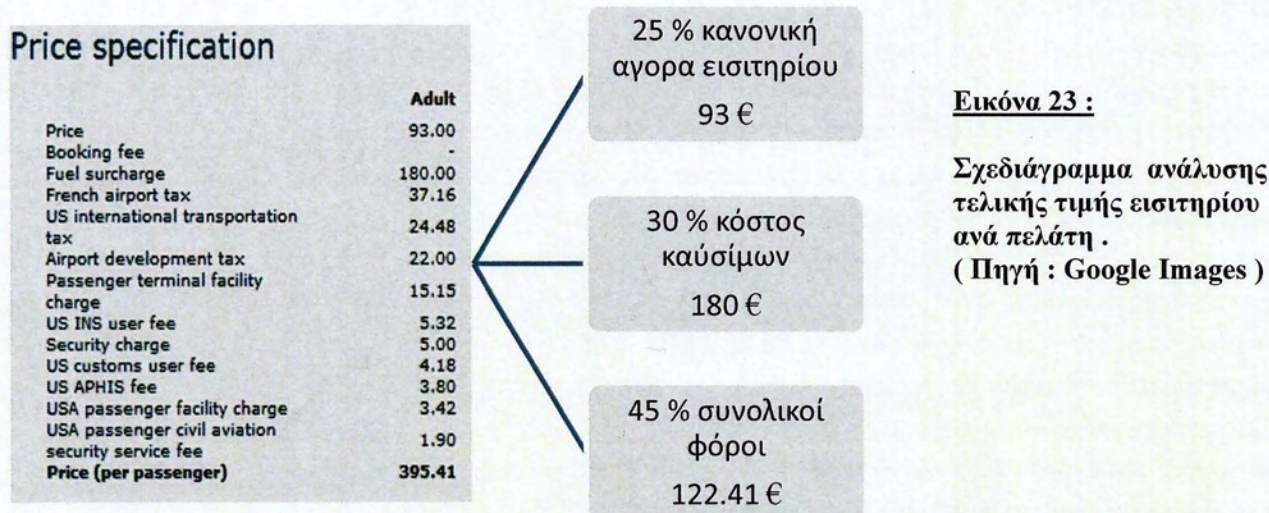
Πιο κάτω γίνεται παρουσίαση του πτητικού προγράμματος των Κυπριακών Αερογραμμών την χειμερινή περίοδο του 2014 όπου οι Κυπριακές Αερογραμμές εξυπηρετούσαν 17 προορισμούς :

Πτήση			Χρόνος πτήσης (σε λεπτά)
Going		Return	
G ₁	Κύπρος - Αθήνα	R ₁	105 λεπτά
G ₂	Κύπρος - Άμστερνταμ	R ₂	215 λεπτά
G ₃	Κύπρος - Βαγδάτη	R ₃	45 λεπτά
G ₄	Κύπρος - Μόναχο	R ₄	285 λεπτά
G ₅	Μόναχο - Φραγκφούρτη	R ₅	60 λεπτά
G ₆	Κύπρος - Ζυρίχη	R ₆	290 λεπτά
G ₇	Ζυρίχη - Φραγκφούρτη	R ₇	60 λεπτά
G ₈	Κύπρος - Ηράκλειο	R ₈	90 λεπτά
G ₉	Κύπρος - Μόσχα	R ₉	270 λεπτά
G ₁₀	Ζυρίχη - Μόναχο	R ₁₀	55 λεπτά
G ₁₁	Κύπρος - Παρίσι	R ₁₁	240 λεπτά
G ₁₂	Κύπρος - Τελαβίβ	R ₁₂	55 λεπτά
G ₁₃	Κύπρος - Θεσσαλονίκη	R ₁₃	120 λεπτά
G ₁₄	Κύπρος - Φραγκφούρτη	R ₁₄	200 λεπτά
G ₁₅	Φραγκφούρτη - Ζυρίχη	R ₁₅	60 λεπτά
G ₁₆	Μόναχο - Ζυρίχη	R ₁₆	55 λεπτά
G ₁₇	Κύπρος - Λονδίνο	R ₁₇	180 λεπτά

Από την ανάλυση του πιο πάνω πτητικού προγράμματος έχω καταγράψει τους βέλτιστους κύκλους πτήσεων P_i (ο κύκλος αρχίζει και τελειώνει στην βάση εγκατάστασης που είναι η Κύπρος), που δημιουργούνται και παρουσιάζονται πιο κάτω :

Κύκλος πτήσης (Pairing)		Συνολικός χρόνος κύκλου πτήσης ST _i (σε λεπτά)
P ₁	(G ₁ , R ₁)	210
P ₂	(G ₂ , R ₂)	430
P ₃	(G ₃ , R ₃)	90
P ₄	(G ₄ , G ₅ , R ₁₄)	545
P ₅	(G ₄ , G ₁₆ , R ₆)	630
P ₆	(G ₁₇ , R ₁₇)	360
P ₇	(G ₆ , G ₁₀ , R ₄)	630
P ₈	(G ₆ , G ₁₀ , R ₁₀ , R ₆)	690
P ₉	(G ₈ , R ₈)	180
P ₁₀	(G ₆ , G ₇ , R ₁₄)	550
P ₁₁	(G ₉ , R ₉)	540
P ₁₂	(G ₁₁ , R ₁₁)	480
P ₁₃	(G ₁₂ , R ₁₂)	110
P ₁₄	(G ₁₃ , R ₁₃)	240
P ₁₅	(G ₁₄ , R ₅ , R ₄)	460
P ₁₆	(G ₁₄ , G ₁₅ , G ₁₀ , R ₄)	600
P ₁₇	(G ₁₄ , G ₁₅ , R ₆)	550
P ₁₈	(G ₄ , G ₁₆ , G ₇ , R ₁₄)	600

Χονδρικά τα τελικά κέρδη και οι συνολικές φορολογίες υπολογίζονται από τις αεροπορικές εταιρείες ποσοστιαία, σε σχέση με την τελική αγορά εισιτηρίου ως εξής : 25% κανονική αγορά εισιτηρίου ανά πελάτη, 30 % συνολικοί φόροι ανά πελάτη και 45 % κόστος καυσίμων ανά πελάτη (Εικόνα 23).



Για την εξυπηρέτηση των 17 αυτών προορισμών και συνάμα των 18 κύκλων πτήσεων που δημιουργούνται, οι Κυπριακές Αερογραμμές είχαν στην διάθεση τους πεντε αεροπλάνα (2 αεροπλάνα τύπου Boeing A330 και 3 αεροπλάνα τύπου Boeing A320). Στους πιο κάτω πίνακες παρουσιάζονται τα κέρδη (τελική αγορά εισιτηρίου) που είχαν οι Κυπριακές Αερογραμμές και τα έξοδα (φόροι) ανά πελάτη από την χρήση των δυο τύπων αεροπλάνων.

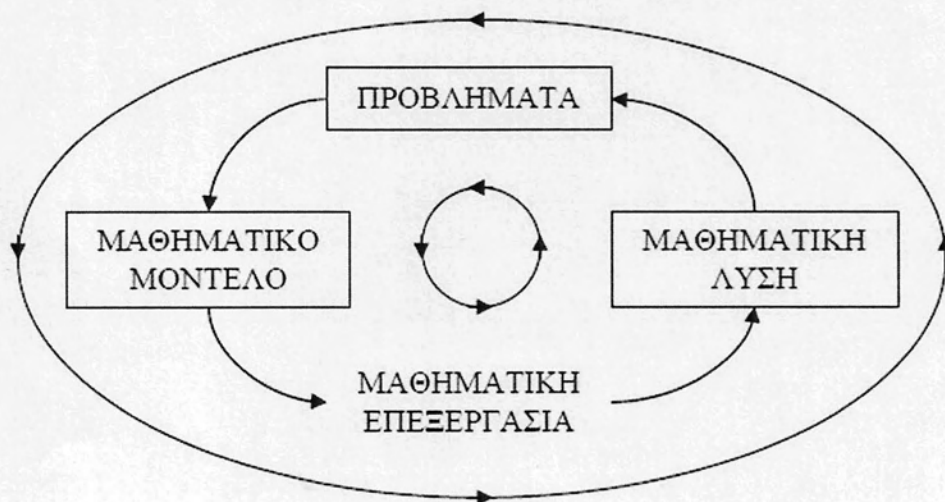
Boeing A320 (r = 1) Αριθμός Επιβατών : 156		Κατανάλωση καυσίμου $Z_g = 37 \frac{\text{Litres (L)}}{\text{minute (t)}}$	Τιμή καυσίμου $Z_g = 0.55 \frac{\text{Euro (€)}}{\text{Litres (L)}}$		
Pairing	Κόστος Καυσίμων $C_{r,i} = (Z_g \cdot Z_s) \cdot T_{r,i}$	Τελική αγορά εισιτηρίου TAE = $\frac{\text{Κόστος καυσίμων}}{0,45 \cdot (\text{αριθμό επιβατών})}$	Φόροι = $\frac{(0,30) \cdot \text{Κόστος καυσίμων}}{0,45 \cdot (\text{αριθμό επιβατών})}$	Κέρδη $K_{r,i} =$ (TAE)(Αριθμό επιβατών)	
P ₁	C _{1,1} = 4273	60.87	18.3	9496	
P ₂	C _{1,2} = 8750	124.65	37.4	19446	
P ₃	C _{1,3} = 1832	26.1	7.8	4072	
P ₄	C _{1,4} = 11091	158	47.4	24648	
P ₅	C _{1,5} = 12820	182.6	54.8	28486	
P ₆	C _{1,6} = 7326	104.36	31.3	16280	
P ₇	C _{1,7} = 12820	182.6	54.8	28486	
P ₈	C _{1,8} = 14042	200	60	31200	
P ₉	C _{1,9} = 3663	52.18	15.6	9076	
P ₁₀	C _{1,10} = 10989	159.45	47.8	24872	
P ₁₁	C _{1,11} = 10989	234.8	70.4	36629	
P ₁₂	C _{1,12} = 9768	139.15	41.7	21708	
P ₁₃	C _{1,13} = 2238	31.9	9.6	4977	
P ₁₄	C _{1,14} = 4884	69.58	20.9	10855	
P ₁₅	C _{1,15} = 9360	133.34	40	20802	
P ₁₆	C _{1,16} = 12210	174	52.2	27144	
P ₁₇	C _{1,17} = 11192	159.45	47.8	24875	
P ₁₈	C _{1,18} = 12210	174	52.2	27144	

Boeing A330 (r = 2) Αριθμός Επιβατών : 253		Κατανάλωση καυσίμου $Z_g = 88 \frac{\text{Litres (L)}}{\text{minute (t)}}$	Τιμή καυσίμου $Z_g = 0.55 \frac{\text{Euro (€)}}{\text{Litres (L)}}$	
Pairing	Κόστος Καυσίμων $C_{r,i} = (Z_g \cdot Z_s) \cdot T_{r,i}$	Τελική αγορά εισιτηρίου TAE = $\frac{\text{Κόστος καυσίμων}}{0,45 \cdot (\text{αριθμό επιβατών})}$	Φόροι = $\frac{(0,30) \cdot \text{Κόστος καυσίμων}}{0,45 \cdot (\text{αριθμό επιβατών})}$	Κέρδη $K_{r,i} =$ $(TAE) \cdot (\text{Αριθμό επιβατών})$
P ₁	C _{2,1} = 10164	89.28	26.8	22588
P ₂	C _{2,2} = 20812	182.80	54.8	46249
P ₃	C _{2,3} = 4356	38.3	11.5	9689
P ₄	C _{2,4} = 26380	231.7	68.5	58620
P ₅	C _{2,5} = 30492	267.8	80.3	67754
P ₆	C _{2,6} = 17425	153.1	46	38734
P ₇	C _{2,7} = 30492	267.8	80.3	67754
P ₈	C _{2,8} = 33400	293.4	88	74.230
P ₉	C _{2,9} = 8712	76.5	23	19355
P ₁₀	C _{2,10} = 26620	233.8	70.1	59152
P ₁₁	C _{2,11} = 26136	344.4	103.5	87134
P ₁₂	C _{2,12} = 23230	204.1	61.2	51638
P ₁₃	C _{2,13} = 5325	46.8	14	11841
P ₁₄	C _{2,14} = 11615	98.1	29.4	24820
P ₁₅	C _{2,15} = 22265	195.6	58.6	49487
P ₁₆	C _{2,16} = 29040	255.1	76.5	64541
P ₁₇	C _{2,17} = 26620	233.8	70.1	59152
P ₁₈	C _{2,18} = 29040	255.1	76.5	64541

5.2. Μαθηματική μοντελοποίηση – Ανάλυση μοντέλου

Η μαθηματική μοντελοποίηση (εικόνα 24) είναι η τέχνη της μετάφρασης προβλημάτων από μια περιοχή εφαρμογών σε μαθηματική διατύπωση, της οποίας η θεωρητική και αριθμητική ανάλυση προσφέρει απαντήσεις και καθοδήγηση χρήσιμες για το αρχικό πρόβλημα.

Η μαθηματική μοντελοποίηση παρουσιάζεται σχηματικά στο παρακάτω διάγραμμα:



Εικόνα 24 :
Σχηματική απεικόνιση μαθηματικής μοντελοποίησης
(Πηγή : Google Images)

(Ν. Καντεράκης, 1995)

Στο υποκεφάλαιο αυτό γίνεται παρουσίαση στο μαθηματικό μοντέλο που έχω επιμεληθεί, το οποίο περιγράφει και δίνει απαντήσεις στα δύο υπόπροβλήματα, που είναι το πρόβλημα ανάθεσης διαθέσιμων αεροσκαφών, και το πρόβλημα ανάθεσης διαθέσιμου προσωπικού. Τέλος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που έχει δώσει το πρόγραμμα επίλυσης του μαθηματικού μοντέλου.

Για την δική μου μοντελοποίηση που θα παρουσιάσω πιο κάτω γίνεται η παραδοχή ότι κάθε αεροπλάνο που είναι στην διάθεση της αεροπορικής εταιρείας για εξυπηρέτηση πτήσης, έχει μια μόνιμη βάση εγκατάστασης όπου από την βάση αυτή αρχίζει και τελειώνει το πτητικό του πρόγραμμα. Επίσης γίνεται η παραδοχή ότι κάθε αεροπορική εταιρία έχει ήδη έτοιμο στο χαρτί όλους τους βέλτιστους κύκλους πτήσεων (Pairing) που μπορούν βέλτιστα να εκτελεστούν, καθώς επίσης και όλους τους βέλτιστους συνδυασμούς του υπάρχοντος προσωπικού πτήσης στην αεροπορική εταιρεία (αναλόγως τύπου αεροπλάνου υπάρχουν δυο πιλότοι και 4 - 6 αεροσυνοδοί)

Κυρίως για το γενικό πρόβλημα κάθε αεροπλάνο έχει ένα κόστος μεταφοράς για να εκτελέσει ένα δρομολόγιο από ένα αεροδρόμιο σε ένα άλλο. Το κόστος αυτό αφορά κυρίως το κόστος καυσίμων που υπολογίζεται από την κατανάλωση του αεροπλάνου και την απόσταση που διανύει μέχρι το προορισμό του, καθώς επίσης και από τους ημερησιακούς μισθούς του προσωπικού που χρησιμοποιούνται στην πτήση. Στο πρόβλημα αυτό πρέπει να ελαχιστοποιηθεί το συνολικό κόστος που υπάρχει από την αεροπορική εταιρία, από την αξιοποίηση όλων των διαθέσιμων αεροπλάνων.

Για την επίλυση προβλήματος ανάθεσης αεροσκαφών, έχει παρατηρηθεί από προηγούμενες μελέτες ότι το καλύτερο μαθηματικό μοντέλο που βοηθά (και γίνεται χρήση αυτού στο μαθηματικό πρόβλημα) στο να δώσει βέλτιστες λύσεις είναι το μαθηματικό μοντέλο για την επίλυση του προβλήματος μεταφοράς ή αλλιώς Transportation Problem.

Πιο κάτω παρουσιάζεται η δική μου μοντελοποίηση όσο αφορά το γενικό πρόβλημα :

$$MAX Z = \sum_1^n (Kr,i)(Pi) - \left(\sum_1^n (Cr,i)(Yr,i) + \sum_1^n ((prSP + hrSH)(Yr,i) + (pr + hr)(x)(1 - Fr,i)) \right) \quad (\text{για όλα τα } r) \quad (1)$$

s.t

$$\sum_{r=1}^R (Yr,i) = 1 \quad (\text{για κάθε } i \text{ ξεχωριστά}) \quad (2)$$

$$Pi \leq (W) \sum_{i=1}^n (Yr,i) \quad (\text{για όλα τα } r) \quad (3)$$

$$Pi \geq Yr,i \quad (\text{για όλα τα } r) \quad (4)$$

$$\sum_{r=1}^R (Yr,i) = M \quad (\text{για όλα τα } i) \quad , \quad \sum_{i=1}^n (Pi) = M \quad (5)$$

$$(Tr,i)(Fr,i) \leq 480 \quad (\text{για όλα τα } r,i) \quad (6)$$

$$Pi, Yr,i, Fr,i \quad \text{δυναμικές μεταβλητές} \quad (7)$$

5.2.1. Περιγραφή μεταβλητών χρήσης στο μοντέλο – Αποτελέσματα

Η επίλυση ενός μαθηματικού μοντέλου αποσκοπεί στη βελτιστοποίηση αγνώστων πραγματικών μεταβλητών, οι οποίες αποτελούν την αντικειμενική συνάρτηση και το πεδίο τιμών αυτών επηρεάζεται έμμεσα από γραμμικούς περιορισμούς. Έτσι κάθε μαθηματικό μοντέλο θα πρέπει να διαθέτει μεταβλητές και περιορισμούς οι οποίοι θα περιγράφουν και θα βοηθούν στην γρήγορη, σωστή και βέλτιστη επίλυση του μαθηματικά. Όσο αφορά τις μεταβλητές, αυτές χωρίζονται σε μεταβλητές απόφασης και σε παραμέτρους, ενώ οι περιορισμοί εμφανίζονται στο μαθηματικά σε αυτό με τη μορφή ανισοεξισώσεων. Πιο κάτω περιγράψω τις μεταβλητές απόφασης, τις παραμέτρους και τους περιορισμούς που έχω χρησιμοποιήσει στο μαθηματικό μου μοντέλο.

Μεταβλητές απόφασης :

- P_i : Η μεταβλητή αυτή ορίζει ένα κύκλο πτήσης P_i και παίρνει τις τιμές 0 και 1. Η τιμή 0 σημαίνει ότι δεν εκτελείται ο κύκλος πτήσης P_i , ενώ η τιμή 1 σημαίνει ότι εκτελείται ο κύκλος πτήσης P_i . Από την αντικειμενική συνάρτηση θα προκύψουν οι βέλτιστοι κύκλοι P_i που πρέπει να εκτελεστούν από την αεροπορική εταιρεία.
- $F_{r,i}$: Η μεταβλητή αυτή ορίζει την υπερωρία που έχει ένας κύκλος πτήσης P_i όταν εκτελείται από το αεροπλάνου τύπου r και παίρνει τις τιμές 0 και 1. Η τιμή 0 σημαίνει ότι δεν έχει υπερωρία ο κύκλος πτήσης P_i , ενώ η τιμή 1 σημαίνει ότι έχει υπερωρία ο κύκλος πτήσης P_i . Από την αντικειμενική συνάρτηση θα προκύψουν οι βέλτιστοι κύκλοι P_i που πρέπει να εκτελεστούν από την αεροπορική εταιρεία, και δεν έχουν υπερωρία στο συνολικό χρόνο εκτέλεσης των κύκλων πτήσεων.
- $Y_{r,i}$: Η μεταβλητή αυτή ορίζει την αξιοποίηση του αεροπλάνου τύπου r για να εκτελέσει τον κύκλο πτήσης P_i , και παίρνει τις τιμές 0 και 1. Αν πάρει την τιμή 1 τότε το αεροπλάνο τύπου r που έχει επιλεγεί θα πρέπει να εκτελέσει τον κύκλο πτήσης που του έχει οριστεί βάση πτητικού προγράμματος. Αν πάρει την τιμή 0 τότε το αεροπλάνο τύπου r που έχει επιλεγεί δεν θα εκτελέσει τον κύκλο πτήσης και θα επιλεγεί άλλο διαθέσιμο.

Παράμετροι:

- $C_{r,i}$: Η μεταβλητή αυτή ορίζει το μεταφορικό κόστος που έχει ένας κύκλος πτήσης P_i όταν εκτελείται από το αεροπλάνου τύπου r , το οποίο είναι το κόστος καυσίμων. Επηρεάζεται από την τιμή αγοράς της κηροζίνης, το ρυθμό κατανάλωσης κηροζίνης από τον τύπο αεροπλάνου που εκτελεί το κύκλο πτήσης P_i , και από το χρόνο εκτέλεσης του κύκλου πτήσης P_i . Το γινόμενο αυτών των παραγόντων θα δώσει το μεταφορικό κόστος του κύκλου πτήσης i που θα εκτελεστεί.
- p_r : Η μεταβλητή αυτή ορίζει τον αριθμό των πιλότων που θα αξιοποιηθούν στο αεροπλάνο τύπου r για την εκτέλεση ενός κύκλου πτήσης P_i .
- h_r : Η μεταβλητή αυτή ορίζει τον αριθμό των αεροσυνοδών που αξιοποιηθούν στο αεροπλάνο τύπου r για την εκτέλεση ενός κύκλου πτήσης P_i .

- SP : Η μεταβλητή αυτή ορίζει τον μισθό των πιλότων που θα χρησιμοποιηθούν για την εκτέλεση ενός κύκλου πτήσης P_i .
- SH : Η μεταβλητή αυτή ορίζει τον μισθό των αεροσυνοδών που θα χρησιμοποιηθούν για την εκτέλεση ενός κύκλου πτήσης P_i .
- x : Η μεταβλητή αυτή ορίζει το ποσό που πληρώνει η αεροπορική εταιρεία στο προσωπικό πτήσης, όταν ο κύκλος πτήσης P_i έχει υπερωρία κατά την εκτέλεση του ($T_{r,i} > 8$ ωρών).
- $T_{r,i}$: Η μεταβλητή αυτή ορίζει τη χρονική διάρκεια ενός κύκλου πτήσης P_i όταν εκτελεστεί από το αεροπλάνο τύπου r .

Περιορισμοί:

- n : Η μεταβλητή αυτή ορίζει τον μέγιστο αριθμό των κύκλων πτήσεων P_i που μπορεί βέλτιστα να εκτελέσει η αεροπορική εταιρεία.
- M : Η μεταβλητή αυτή ορίζει το βέλτιστο αριθμό αεροπλάνων που διαθέτει η αεροπορική εταιρεία για εκτέλεση των κύκλων πτήσεων.
- R : Η μεταβλητή αυτή ορίζει τον μέγιστο αριθμό των διαφόρων τύπων αεροπλάνων που βρίσκονται στην βάση εγκατάστασης για την εκτέλεση των κύκλων πτήσεων P_i .
- Στους περιορισμούς (3) και (6) χρησιμοποιείται η ανισοεξίσωση μικρότερο ή ίσο (\leq), στον περιορισμό (4) χρησιμοποιείται η ανισοεξίσωση μεγαλύτερο ή ίσο (\geq), και στους περιορισμούς (2) και (5) χρησιμοποιείται η ανισοεξίσωση ίσο ($=$), ώστε η λύση που θα προκύψει να είναι όσο πιο κοντά γίνεται στο βέλτιστο όριο.

Πιο κάτω ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των περιορισμών (1) – (6) που υπάρχουν στο μαθηματικό μοντέλο :

Η εξίσωση (1) είναι η αντικειμενική συνάρτηση του προβλήματος που αφορά την ανάθεση διαθέσιμων αεροσκαφών και την ανάθεση προσωπικού στα αεροσκάφη. Σκοπός εδώ είναι να μεγιστοποιηθεί το συνολικό ημερήσιο κέρδος (Έσοδα – Έξοδα) που θα προκύψει από την βέλτιστη εξυπηρέτηση επιβατικού κοινού της αεροπορικής εταιρείας στα αεροδρόμια τελικού προορισμού, λαμβάνοντας υπόψη τα έξοδα που προκύπτουν για την εξυπηρέτηση του επιβατικού κοινού και την πραγματοποίηση μιας πτήσης . Ως μεταβλητές απόφασης εδώ ορίζονται οι μεταβλητές P_i , $Y_{r,i}$ και $F_{r,i}$. Από την μεταβλητή P_i θα προκύψουν οι βέλτιστοι κύκλοι πτήσεων που πρέπει να εκτελεστούν από το σύνολο των κύκλων πτήσεων που διαμορφώνει η αεροπορική εταιρεία, από την μεταβλητή $F_{r,i}$, θα προκύψουν οι βέλτιστοι κύκλοι πτήσεων από το σύνολο των κύκλων πτήσεων, οι οποίοι έχουν ή δεν έχουν υπέρβαση στο καθορισμένο χρόνο υπηρεσίας του προσωπικού πτήσης που είναι 8 ώρες, ενώ από την μεταβλητή $Y_{r,i}$, θα προκύψουν ποιοι τύποι αεροπλάνων τύπου r θα εκτελέσουν τις πτήσεις. Όσο αφορά τα συνολικά Έσοδα αυτά προκύπτουν από τον πολλαπλασιασμό Έσοδα = ($K_{r,i}$)(P_i). Το $K_{r,i}$ είναι το ποσό χρημάτων που κερδίζει η αεροπορική εταιρεία από την πραγματοποίηση της πτήσης από το αεροπλάνο της τύπου r και έχει σχέση με τον αριθμό επιβατών που μεταφέρει το αεροπλάνο τύπου r και με την τιμή εισιτηρίου που αγοράζει ο πελάτης ($K_{r,i} = (\text{αριθμός επιβατών})(\text{τιμή εισιτηρίου ανά πελάτη})$). Εάν εκτελεστεί ο κύκλος πτήσης P_i τότε η αεροπορική εταιρεία θα βάλει το αντίστοιχο ποσό στα ταμεία της, ενώ αντίθετα δεν θα συμβεί. Όσο αφορά τα Έξοδα διαχωρίζονται σε τρία ξεχωριστά κόστη. Αρχικά

είναι το $C_{r,i} = (Z_g \cdot Z_s) \cdot T_{r,i}$ που είναι το κόστος καυσίμων που χρειάζεται ένα αεροπλάνο να κάνει το κύκλο πτήσης P_i , και υπολογίζεται με το πολλαπλασιασμό σταθερών μεταβλητών Z_g και Z_s και της μεταβλητής $T_{r,i}$. Η σταθερή μεταβλητή Z_g εκφραζόμενη σε $\frac{\text{Cents}(\text{€})}{\text{Litres}(L)}$ αφορά τη τιμή του καυσίμου κίνησης των αεροσκαφών, που είναι η κηροζίνη, και είναι η τιμή αγοράς όπου η αεροπορική εταιρεία διαπραγματεύεται και προμηθεύεται ποσότητες κηροζίνης από τους προμηθευτές της. Η τιμή της κηροζίνης αυτής υπολογίζεται σύμφωνα με διεθνής υπολογισμούς για τα καύσιμα κίνησης αεροπλάνων ότι είναι 50 με 60 $\frac{\text{Cents}(\text{€})}{\text{Litres}(L)}$ (http://ycharts.com/indicators/jet_fuel_spot_price). Η σταθερή μεταβλητή Z_s εκφραζόμενη σε $\frac{\text{Litres}(L)}{\text{minute}(t)}$ είναι η σταθερή κατανάλωση καυσίμου που έχει ο συγκεκριμένος τύπος αεροπλάνου που χρησιμοποιεί η αεροπορική εταιρεία στο πρόγραμμα πτήσεων για πραγματοποίηση πτήσεων. Σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των αεροπλάνων υπολογίζεται ότι οι κινητήρες αεροπλάνων καταναλώνουν γύρω στα 35 με 40 $\frac{\text{Litres}(L)}{\text{minute}(t)}$ (σύμφωνα με τεχνικά χαρακτηριστικά αεροπλάνων που διαθέτει η Aegean στον στόλο της). Η μεταβλητή $T_{r,i}$ είναι ο χρόνος εκφραζόμενος σε λεπτά (minutes) που χρειάζεται ο τύπος αεροπλάνου r από την βάση εγκατάστασης σε ένα προορισμό i και η μεταβλητή P_i ορίζει αν θα γίνει ο κύκλος πτήσης ή όχι. Στην συνέχεια υπάρχει το κόστος της αεροπορικής εταιρείας για το προσωπικό στην πτήση και έχει να κάνει κυρίως με τους μισθούς και το κόστος υπερωριών. Το κόστος μισθοδοσίας είναι ημερήσιο και υπολογίζεται από το γινόμενο $pr(SP) + hr(SH)$ όπου pr = ο αριθμός των πιλότων που απαιτούνται για να πραγματοποιηθεί μια πτήση, hr = ο αριθμός των αεροσυνοδών που απαιτούνται για να πραγματοποιηθεί μια πτήση, SH = ο ημερήσιος μισθός ενός αεροσυνοδού και SP = ο ημερήσιος μισθός ενός πιλότου. Το SH και το SP καθορίζονται από την ίδια την εταιρεία, ενώ οι σταθερές p και h από το πίνακα πιο κάτω :

Υπολογισμός αριθμού πιλότων pr με βάση τον αριθμό θέσεων στο διαθέσιμο αεροπλάνο

$$\begin{array}{l} 140 \text{ έως } 360 \text{ θέσεις} \\ n = 3 \end{array}$$

$$pr = \frac{3!}{n}$$

$$\begin{array}{l} 361 \text{ plus θέσεις} \\ n = 2 \end{array}$$

$$pr = \frac{3!}{n}$$

Υπολογισμός αριθμού αεροσυνοδών hr με βάση τον αριθμό θέσεων στο διαθέσιμο αεροπλάνο

$$\begin{array}{l} 140 \text{ έως } 190 \text{ θέσεις} \\ n = 3 \end{array}$$

$$hr = \frac{4!}{2n}$$

$$\begin{array}{l} 191 \text{ έως } 360 \text{ θέσεις} \\ n = 2 \end{array}$$

$$hr = \frac{4!}{2n}$$

$$\begin{array}{l} 361 \text{ plus θέσεις} \\ n = 1 \end{array}$$

$$hr = \frac{4!}{2n}$$

Τέλος είναι το κόστος υπερωριών και αυτό λαμβάνεται υπόψη από την αεροπορική εταιρεία στην περίπτωση που ένας κύκλος πτήσεων P_i ξεπεράσει το καθορισμένο χρόνο εργασίας του προσωπικού πάνω στο αεροπλάνο (8 ώρες). Το κόστος υπερωριών υπολογίζεται από το γινόμενο ενός σταθερού ποσού x που καθορίζει η ίδια η αεροπορική εταιρεία, και από το σύνολο όλων του προσωπικού που απαιτείται για να πραγματοποιηθεί μια πτήση.

Ο περιορισμός (2) αφορά το πτητικό πρόγραμμα και αφορά το καθορισμό αεροπλάνου τύπου r να εκτελέσει τον κύκλο πτήσης i . Από όλους τους τύπους αεροπλάνων R που είναι διαθέσιμα για εκτέλεση ενός κύκλου πτήσης i , μόνο ένας τύπος αεροπλάνου r θα επιλεγεί. Έτσι για κάθε κύκλο πτήσης i δεν θα επιλέγονται όλοι οι τύποι αεροπλάνων αλλά μόνο ένας τύπος.

Ο περιορισμός (3) έχει να κάνει με τον καθορισμό κύκλου πτήσης που θα πρέπει να εκτελεστεί από ένα αεροπλάνο. Σύμφωνα με τον περιορισμό όταν ένας κύκλος πτήσης P_i πάρει την τιμή 1 και επιλεγεί να εκτελεστεί, τότε θα πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον ένα αεροπλάνο από τα M διαθέσιμα για να εκτελέσει τον κύκλο. Αν πάρει την τιμή 0 τότε κανένα αεροπλάνο τύπου r δεν θα επιλεγεί να εκτελεστεί τον συγκεκριμένο κύκλο πτήσης P_i .

Ο περιορισμός (4) αφορά το πτητικό πρόγραμμα και δείχνει αν θα εκτελεστεί ένας κύκλος πτήσης P_i ή όχι και αν θα γίνει χρήση αεροπλάνου για εξυπηρέτηση του κύκλου πτήσης P_i . Αν επιλεγεί να εκτελεστεί ο κύκλος πτήσης, τότε υποχρεωτικά θα υπάρχει ένα αεροπλάνο για να εκτελέσει τον συγκεκριμένο κύκλο πτήσης. Αντίθετα αν δεν επιλεγεί να εκτελεστεί ο κύκλος πτήσης τότε δεν θα οριστεί αεροπλάνο να εκτελέσει τον συγκεκριμένο κύκλο πτήσης.

Ο περιορισμός (5) αφορά τα αεροπλάνα που θα αξιοποιηθούν για να εκτελεστούν οι κύκλοι πτήσεων P_i . Εκφράζει ότι ο αριθμός των κύκλων πτήσεων P_i που βέλτιστα έχει επιλέξει η αεροπορική εταιρεία, θα πρέπει είναι ίσος με τον αριθμό διαθέσιμων αεροπλάνων M_r ανεξαρτήτου τύπου r που διαθέτει η αεροπορική εταιρεία στην βάση εγκατάστασης της, και ίσος με τον αριθμό των αεροπλάνων που θα αξιοποιηθούν στο σύνολο για τις πτήσεις.

Ο περιορισμός (6) αφορά τις υπερωρίες στο κύκλο πτήσεων P_i . Αν ο συνολικός χρόνος πτήσης $T_{r,i}$ ξεπεράσει το καθορισμένο χρόνο εργασίας που είναι 480 λεπτά (8 ώρες), τότε η αεροπορική εταιρεία πρέπει να πληρώσει το προσωπικό πτήσης με επιπλέον χρήματα. Αν θα υπάρξει υπερωρία στον κύκλο πτήσης P_i , αυτό θα το καθορίσει η μεταβλητή $F_{r,i}$. Αν πάρει την τιμή 1 θα έχει υπερωρία και 0 αν δεν έχει.

Τέλος ο περιορισμός (7) ορίζει ότι οι μεταβλητές απόφασης ανήκουν στο δυαδικό σύστημα και έτσι θα παίρνουν τιμές 0 και 1. Αφορά όλους τους κύκλους πτήσεων P_i που θα πρέπει να εκτελεστούν και ο συνολικός αριθμός των κύκλων πτήσεων που δημιουργεί η αεροπορική εταιρεία εκφράζεται με το n . Πιο συγκεκριμένα αν το P_i πάρει την τιμή 0 σημαίνει ότι ο κύκλος πτήσης δεν πρέπει να εκτελεστεί ενώ αν πάρει την τιμή 1 σημαίνει ότι ο κύκλος πτήσης πρέπει να εκτελεστεί. Αν το $F_{r,i}$ πάρει την τιμή 0 σημαίνει ότι ο κύκλος πτήσης δεν έχει υπερωρία, δηλαδή ο συνολικός χρόνος πτήσης είναι κάτω από 8 ώρες, ενώ αν το $F_{r,i}$ πάρει την τιμή 1 σημαίνει ότι ο κύκλος πτήσης έχει υπερωρία, δηλαδή ο συνολικός χρόνος πτήσης είναι πάνω από 8 ώρες. Αν το $Y_{r,i}$ πάρει την τιμή 0 σημαίνει ότι η αεροπορική εταιρεία δεν θα ορίσει αεροπλάνο τύπου r να εκτελέσει συγκεκριμένο κύκλο πτήσης P_i στο πτητικό της πρόγραμμα. Αν το $Y_{r,i}$ πάρει την τιμή 1 σημαίνει ότι η αεροπορική εταιρεία θα πρέπει ορίσει αεροπλάνο τύπου r να εκτελέσει συγκεκριμένο κύκλο πτήσης P_i στο πτητικό της πρόγραμμα.

Τελικός προορισμός



Βάση εγκατάστασης



Στην συνέχεια το επόμενο στάδιο είναι η εισαγωγή των δεδομένων στο πρόγραμμα επίλυσης για εισαγωγή των αποτελεσμάτων. Υπάρχουν δυο μαθηματικές μοντελοποιήσεις. Η πρώτη μαθηματική μοντελοποίηση θα δώσει βέλτιστες απαντήσεις για τα αεροπλάνα Boeing A320 (3 στον αριθμό), ενώ η δεύτερη μαθηματική μοντελοποίηση θα δώσει βέλτιστες απαντήσεις για τα αεροπλάνα Boeing A330 (2 στον αριθμό), που αξιοποιούν οι Κυπριακές Αερογραμμές στο ημερήσιο πτητικό πρόγραμμα. Πιο κάτω παρουσιάζονται οι δυο μαθηματικές μοντελοποιήσεις στο πρόγραμμα επίλυσης LINGO :

$$\text{MAX} = \text{KerdosA320} - (\text{KostosForoiA320} + \text{KostosPliromwnA320});$$

$$\begin{aligned} \text{KerdosA320} = & 9496*P1 + 19446*P2 + 4072*P3 + 24648*P4 + 28486*P5 + \\ & 16280*P6 + 28486)*P7 + 31200*P8 + 9076*P9 + 24872*P10 + \\ & 10989*P11 + 21708*P12 + 4977*P13 + 10855*P14 + 20802*P15 + \\ & 27144*P16 + 24875*P17 + 27144*P18 ; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KostosForoiA320} = & 18.3*Y11 + 37.4*Y12 + 7.8*Y13 + 47.4*Y14 + 54.8*Y15 + \\ & 31.3*Y16 + 54.8*Y17 + 60*Y18 + 15.6*Y19 + 47.8*Y110 + \\ & 70.4*Y111 + 41.7*Y112 + 9.6*Y113 + 20.9*Y114 + 40*Y115 + \\ & 52.2*Y116 + 47.8*Y117 + 52.2*Y118 ; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KostosPliromwnA320} = & 240*(P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6 + P7 + P8 + P9 + \\ & P10 + P11 + P12 + P13 + P14 + P15 + P16 + P17 + \\ & P18) + 180*(F11 + F12 + F13 + F15 + F16 + F17 + \\ & F18 + F19 + F110 + F111 + F112 + F113 + F114 + \\ & F115 + F116 + F117 + F118)) ; \end{aligned}$$

$$\text{pr} = 2 ; \quad \text{hr} = 4 ; \quad \text{SP} = 40 ; \quad \text{SH} = 40 ; \quad \text{x} = 30 ; \quad \text{M} = 3 ; \quad \text{W} = 100 ;$$

$$\begin{aligned} P1 & \leq 100*(Y11 + Y12 + Y13 + Y14 + Y15 + Y16 + Y17 + Y18 + Y19 + Y110 + \\ & Y113 + Y114 + Y115 + Y116 + Y117 + Y118) ; \\ P2 & \leq 100*(Y11 + Y12 + Y13 + Y14 + Y15 + Y16 + Y17 + Y18 + Y19 + Y110 + \\ & Y113 + Y114 + Y115 + Y116 + Y117 + Y118) ; \\ P3 & \leq 100*(Y11 + Y12 + Y13 + Y14 + Y15 + Y16 + Y17 + Y18 + Y19 + Y110 + \\ & Y113 + Y114 + Y115 + Y116 + Y117 + Y118) ; \\ P4 & \leq 100*(Y11 + Y12 + Y13 + Y14 + Y15 + Y16 + Y17 + Y18 + Y19 + Y110 + \\ & Y113 + Y114 + Y115 + Y116 + Y117 + Y118) ; \\ P5 & \leq 100*(Y11 + Y12 + Y13 + Y14 + Y15 + Y16 + Y17 + Y18 + Y19 + Y110 + \\ & Y113 + Y114 + Y115 + Y116 + Y117 + Y118) ; \\ P6 & \leq 100*(Y11 + Y12 + Y13 + Y14 + Y15 + Y16 + Y17 + Y18 + Y19 + Y110 + \\ & Y113 + Y114 + Y115 + Y116 + Y117 + Y118) ; \\ P7 & \leq 100*(Y11 + Y12 + Y13 + Y14 + Y15 + Y16 + Y17 + Y18 + Y19 + Y110 + \\ & Y113 + Y114 + Y115 + Y116 + Y117 + Y118) ; \\ P8 & \leq 100*(Y11 + Y12 + Y13 + Y14 + Y15 + Y16 + Y17 + Y18 + Y19 + Y110 + \\ & Y113 + Y114 + Y115 + Y116 + Y117 + Y118) ; \\ P9 & \leq 100*(Y11 + Y12 + Y13 + Y14 + Y15 + Y16 + Y17 + Y18 + Y19 + Y110 + \\ & Y113 + Y114 + Y115 + Y116 + Y117 + Y118) ; \\ P10 & \leq 100*(Y11 + Y12 + Y13 + Y14 + Y15 + Y16 + Y17 + Y18 + Y19 + Y110 + \\ & Y113 + Y114 + Y115 + Y116 + Y117 + Y118) ; \end{aligned}$$

```

P11 <= 100*( Y11 + Y12 + Y13 + Y14 + Y15 + Y16 + Y17 + Y18 + Y19 + Y110 +
            Y113 + Y114 + Y115 + Y116 + Y117 + Y118 );
P12 <= 100*( Y11 + Y12 + Y13 + Y14 + Y15 + Y16 + Y17 + Y18 + Y19 + Y110 +
            Y113 + Y114 + Y115 + Y116 + Y117 + Y118 );
P13 <= 100*( Y11 + Y12 + Y13 + Y14 + Y15 + Y16 + Y17 + Y18 + Y19 + Y110 +
            Y113 + Y114 + Y115 + Y116 + Y117 + Y118 );
P14 <= 100*( Y11 + Y12 + Y13 + Y14 + Y15 + Y16 + Y17 + Y18 + Y19 + Y110 +
            Y113 + Y114 + Y115 + Y116 + Y117 + Y118 );
P15 <= 100*( Y11 + Y12 + Y13 + Y14 + Y15 + Y16 + Y17 + Y18 + Y19 + Y110 +
            Y113 + Y114 + Y115 + Y116 + Y117 + Y118 );
P15 <= 100*( Y11 + Y12 + Y13 + Y14 + Y15 + Y16 + Y17 + Y18 + Y19 + Y110 +
            Y113 + Y114 + Y115 + Y116 + Y117 + Y118 );
P16 <= 100*( Y11 + Y12 + Y13 + Y14 + Y15 + Y16 + Y17 + Y18 + Y19 + Y110 +
            Y113 + Y114 + Y115 + Y116 + Y117 + Y118 );
P17 <= 100*( Y11 + Y12 + Y13 + Y14 + Y15 + Y16 + Y17 + Y18 + Y19 + Y110 +
            Y113 + Y114 + Y115 + Y116 + Y117 + Y118 );
P18 <= 100*( Y11 + Y12 + Y13 + Y14 + Y15 + Y16 + Y17 + Y18 + Y19 + Y110 +
            Y113 + Y114 + Y115 + Y116 + Y117 + Y118 );

```

```

P1 >= Y11 ; P2 >= Y12 ; P3 >= Y13 ; P4 >= Y14 ; P5 >= Y15 ; P6 >= Y16 ;
P7 >= Y17 ; P8 >= Y18 ; P9 >= Y19 ; P10 >= Y110 ; P11 >= Y111 ;
P12 >= Y112 ; P13 >= Y113 ; P14 >= Y114 ; P15 >= Y115 ; P16 >= Y116 ;
P17 >= Y117 ; P18 >= Y118 ;

```

```

Y11 + Y12 + Y13 + Y14 + Y15 + Y16 + Y17 + Y18 + Y19 + Y110 + Y111 + Y112 +
Y113 + Y114 + Y115 + Y116 + Y117 + Y118 = 3 ;

```

```

P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6 + P7 + P8 + P9 + P10 + P11 + P12 + P13 + P14 +
P15 + P16 + P17 + P18 = 3 ;

```

@BIN(P1) ;	@BIN(F11) ;	@BIN(Y11) ;	210*F11 <= 480;
@BIN(P2) ;	@BIN(F12) ;	@BIN(Y12) ;	430*F12 <= 480;
@BIN(P3) ;	@BIN(F13) ;	@BIN(Y13) ;	90*F13 <= 480;
@BIN(P4) ;	@BIN(F14) ;	@BIN(Y14) ;	545*F14 <= 480;
@BIN(P5) ;	@BIN(F15) ;	@BIN(Y15) ;	630*F15 <= 480;
@BIN(P6) ;	@BIN(F16) ;	@BIN(Y16) ;	360*F16 <= 480;
@BIN(P7) ;	@BIN(F17) ;	@BIN(Y17) ;	630*F17 <= 480;
@BIN(P8) ;	@BIN(F18) ;	@BIN(Y18) ;	690*F18 <= 480;
@BIN(P9) ;	@BIN(F19) ;	@BIN(Y19) ;	180*F19 <= 480;
@BIN(P10) ;	@BIN(F110) ;	@BIN(Y110) ;	550*F110 <= 480;
@BIN(P11) ;	@BIN(F111) ;	@BIN(Y111) ;	540*F111 <= 480;
@BIN(P12) ;	@BIN(F112) ;	@BIN(Y112) ;	480*F112 <= 480;
@BIN(P13) ;	@BIN(F113) ;	@BIN(Y113) ;	110*F113 <= 480;
@BIN(P14) ;	@BIN(F114) ;	@BIN(Y114) ;	240*F114 <= 480;
@BIN(P15) ;	@BIN(F115) ;	@BIN(Y115) ;	460*F115 <= 480;
@BIN(P16) ;	@BIN(F116) ;	@BIN(Y116) ;	600*F116 <= 480;
@BIN(P17) ;	@BIN(F117) ;	@BIN(Y117) ;	550*F117 <= 480;
@BIN(P18) ;	@BIN(F118) ;	@BIN(Y118) ;	600*F118 <= 480;

Πιο κάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που πάρθηκαν από την επίλυση της μαθηματικής μοντελοποίησης στο πρόγραμμα επίλυσης μαθηματικών μοντέλων LINGO και αφορούν την βέλτιστη αξιοποίηση των αεροπλάνων Boeing A320 στο πτητικό πρόγραμμα :

Global optimal solution found.

Objective value:	85662.40
Objective bound:	85662.40
Infeasibilities:	0.000000
Extended solver steps:	0
Total solver iterations:	33

pr = 2 hr = 4 SP = 40 SH = 30 x = 30 M = 3 W = 100

P1 = 0	Y11 = 0	F11 = 1
P2 = 0	Y12 = 0	F12 = 1
P3 = 0	Y13 = 0	F13 = 1
P4 = 0	Y14 = 0	F14 = 0
P5 = 1	Y15 = 1	F15 = 0
P6 = 0	Y16 = 0	F16 = 1
P7 = 1	Y17 = 1	F17 = 0
P8 = 1	Y18 = 1	F18 = 0
P9 = 0	Y19 = 0	F19 = 1
P10 = 0	Y110 = 0	F110 = 0
P11 = 0	Y111 = 0	F111 = 0
P12 = 0	Y112 = 0	F112 = 1
P13 = 0	Y113 = 0	F113 = 1
P14 = 0	Y114 = 0	F114 = 1
P15 = 0	Y115 = 0	F115 = 1
P16 = 0	Y116 = 0	F116 = 0
P17 = 0	Y117 = 0	F117 = 0
P18 = 0	Y118 = 0	F118 = 0

Σύμφωνα με τα πιο πάνω αποτελέσματα, το ημερήσιο κέρδος της εταιρείας από την βέλτιστη αξιοποίηση των αεροπλάνων Boeing A320 στο πτητικό πρόγραμμα είναι 85662,40 ευρώ και πρέπει εκτελεστούν οι κύκλοι πτήσεων P5 , P7 και P8 όλους τους κύκλους πτήσεων P_i που πρέπει να γίνουν στο πτητικό της πρόγραμμα. Οι συγκεκριμένοι κύκλοι πτήσεων έχουν υπέρβαση στο συνολικό χρόνο εργασίας του προσωπικού (480 λεπτά), όμως καλύπτονται από τον συνολικό χρόνο εργασίας του προσωπικού (8 ώρες + 4 ώρες υπερωρίες = 720 λεπτά) .

	Κύκλος πτήσης	Συνολικός χρόνος κύκλου πτήσης ST _i (σε λεπτά)
P7 =	Κύπρος - Ζυρίχη - Μόναχο - Κύπρος	630
P8 =	Κύπρος - Ζυρίχη - Μόναχο - Ζυρίχη - Κύπρος	690
P5 =	Κύπρος - Μόναχο - Ζυρίχη - Κύπρος	630

Πιο κάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που πάρθηκαν στο LINGO και αφορούν την βέλτιστη αξιοποίηση των αεροπλάνων Boeing A330 στο πτητικό πρόγραμμα. Εδώ γίνεται αφαίρεση των βέλτιστων κύκλων πτήσεων P_i που αφορούν την βέλτιστη αξιοποίηση των αεροπλάνων Boeing A320 στο πτητικό πρόγραμμα :

$$\text{MAX} = \text{KerdosA330} - (\text{KostosForoiA330} + \text{KostosPliromwnA330});$$

$$\begin{aligned} \text{KerdosA330} = & 22588 * P_1 + 46249 * P_2 + 9689 * P_3 + 58620 * P_4 + 38734 * P_6 + \\ & 19355 * P_9 + 59152 * P_{10} + 26136 * P_{11} + 51638 * P_{12} + \\ & 11841 * P_{13} + 24820 * P_{14} + 49487 * P_{15} + 64541 * P_{16} + \\ & 59152 * P_{17} + 64541 * P_{18} ; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KostosForoiA330} = & 26.8 * Y_{21} + 54.8 * Y_{22} + 11.5 * Y_{23} + 68.5 * Y_{24} + 46 * Y_{26} + \\ & 23 * Y_{29} + 70.1 * Y_{210} + 103.5 * Y_{211} + 61.2 * Y_{212} + \\ & 14 * Y_{213} + 29.4 * Y_{214} + 58.6 * Y_{215} + 76.5 * Y_{216} + \\ & 70.1 * Y_{217} + 76.5 * Y_{218} ; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KostosPliromwnA330} = & 320 * (P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_6 + P_9 + P_{10} + P_{11} + \\ & P_{12} + P_{13} + P_{14} + P_{16}) + 240 * (F_{21} + F_{22} + F_{23} + \\ & F_{26} + F_{29} + F_{210} + F_{211} + F_{212} + F_{213} + \\ & F_{214} + F_{215} + F_{216} + F_{217} + F_{218}); \end{aligned}$$

$$\text{pr} = 2 ; \quad \text{hr} = 6 ; \quad \text{SP} = 40 ; \quad \text{SH} = 40 ; \quad \text{x} = 30 ; \quad \text{M} = 2 ; \quad \text{W} = 100 ;$$

$$\begin{aligned} P_1 & \leq 100 * (Y_{21} + Y_{22} + Y_{23} + Y_{24} + Y_{26} + Y_{29} + Y_{210} + Y_{211} + Y_{212} + \\ & Y_{213} + Y_{214} + Y_{215} + Y_{216} + Y_{217} + Y_{218}); \\ P_2 & \leq 100 * (Y_{21} + Y_{22} + Y_{23} + Y_{24} + Y_{26} + Y_{29} + Y_{210} + Y_{211} + Y_{212} + \\ & Y_{213} + Y_{214} + Y_{215} + Y_{216} + Y_{217} + Y_{218}); \\ P_3 & \leq 100 * (Y_{21} + Y_{22} + Y_{23} + Y_{24} + Y_{26} + Y_{29} + Y_{210} + Y_{211} + Y_{212} + \\ & Y_{213} + Y_{214} + Y_{215} + Y_{216} + Y_{217} + Y_{218}); \\ P_4 & \leq 100 * (Y_{21} + Y_{22} + Y_{23} + Y_{24} + Y_{26} + Y_{29} + Y_{210} + Y_{211} + Y_{212} + \\ & Y_{213} + Y_{214} + Y_{215} + Y_{216} + Y_{217} + Y_{218}); \\ P_5 & \leq 100 * (Y_{21} + Y_{22} + Y_{23} + Y_{24} + Y_{26} + Y_{29} + Y_{210} + Y_{211} + Y_{212} + \\ & Y_{213} + Y_{214} + Y_{215} + Y_{216} + Y_{217} + Y_{218}); \\ P_6 & \leq 100 * (Y_{21} + Y_{22} + Y_{23} + Y_{24} + Y_{26} + Y_{29} + Y_{210} + Y_{211} + Y_{212} + \\ & Y_{213} + Y_{214} + Y_{215} + Y_{216} + Y_{217} + Y_{218}); \\ P_7 & \leq 100 * (Y_{21} + Y_{22} + Y_{23} + Y_{24} + Y_{26} + Y_{29} + Y_{210} + Y_{211} + Y_{212} + \\ & Y_{213} + Y_{214} + Y_{215} + Y_{216} + Y_{217} + Y_{218}); \\ P_8 & \leq 100 * (Y_{21} + Y_{22} + Y_{23} + Y_{24} + Y_{26} + Y_{29} + Y_{210} + Y_{211} + Y_{212} + \\ & Y_{213} + Y_{214} + Y_{215} + Y_{216} + Y_{217} + Y_{218}); \\ P_9 & \leq 100 * (Y_{21} + Y_{22} + Y_{23} + Y_{24} + Y_{26} + Y_{29} + Y_{210} + Y_{211} + Y_{212} + \\ & Y_{213} + Y_{214} + Y_{215} + Y_{216} + Y_{217} + Y_{218}); \\ P_{10} & \leq 100 * (Y_{21} + Y_{22} + Y_{23} + Y_{24} + Y_{26} + Y_{29} + Y_{210} + Y_{211} + Y_{212} + \\ & Y_{213} + Y_{214} + Y_{215} + Y_{216} + Y_{217} + Y_{218}); \\ P_{11} & \leq 100 * (Y_{21} + Y_{22} + Y_{23} + Y_{24} + Y_{26} + Y_{29} + Y_{210} + Y_{211} + Y_{212} + \\ & Y_{213} + Y_{214} + Y_{215} + Y_{216} + Y_{217} + Y_{218}); \end{aligned}$$

```

P12 <= 100*( Y21 + Y22 + Y23 + Y24 + Y26 + Y29 + Y210 + Y211 + Y212 +
            Y213 + Y214 + Y215 + Y216 + Y217 + Y218 );
P13 <= 100*( Y21 + Y22 + Y23 + Y24 + Y26 + Y29 + Y210 + Y211 + Y212 +
            Y213 + Y214 + Y215 + Y216 + Y217 + Y218 );
P14 <= 100*( Y21 + Y22 + Y23 + Y24 + Y26 + Y29 + Y210 + Y211 + Y212 +
            Y213 + Y214 + Y215 + Y216 + Y217 + Y218 );
P15 <= 100*( Y21 + Y22 + Y23 + Y24 + Y26 + Y29 + Y210 + Y211 + Y212 +
            Y213 + Y214 + Y215 + Y216 + Y217 + Y218 );
P16 <= 100*( Y21 + Y22 + Y23 + Y24 + Y26 + Y29 + Y210 + Y211 + Y212 +
            Y213 + Y214 + Y215 + Y216 + Y217 + Y218 );
P17 <= 100*( Y21 + Y22 + Y23 + Y24 + Y26 + Y29 + Y210 + Y211 + Y212 +
            Y213 + Y214 + Y215 + Y216 + Y217 + Y218 );
P18 <= 100*( Y21 + Y22 + Y23 + Y24 + Y26 + Y29 + Y210 + Y211 + Y212 +
            Y213 + Y214 + Y215 + Y216 + Y217 + Y218 );

```

```

P1 >= Y21 ; P2 >= Y22 ; P3 >= Y23 ; P4 >= Y24 ; P6 >= Y26 ; P9 >= Y29 ;
P10 >= Y210 ; P11 >= Y211 ; P12 >= Y212 ; P13 >= Y213 ; P14 >= Y214 ;
P15 >= Y215 ; P16 >= Y216 ; P17 >= Y217 ; P18 >= Y218 ;

```

```

Y21 + Y22 + Y23 + Y24 + Y26 + Y29 + Y210 + Y211 + Y212 + Y213 + Y214 +
Y215 + Y216 + Y217 + Y218 = 2 ;

```

```

P1 + P2 + P3 + P4 + P6 + P9 + P10 + P11 + P12 + P13 + P14 + P15 +
P16 + P17 + P18 = 2 ;

```

@BIN(P1) ;	@BIN(F21) ;	@BIN(Y21) ;	210*F21 <= 480;
@BIN(P2) ;	@BIN(F22) ;	@BIN(Y22) ;	430*F22 <= 480;
@BIN(P3) ;	@BIN(F23) ;	@BIN(Y23) ;	90*F23 <= 480;
@BIN(P4) ;	@BIN(F24) ;	@BIN(Y24) ;	545*F24 <= 480;
@BIN(P6) ;	@BIN(F26) ;	@BIN(Y26) ;	360*F26 <= 480;
@BIN(P9) ;	@BIN(F29) ;	@BIN(Y29) ;	180*F29 <= 480;
@BIN(P10) ;	@BIN(F210) ;	@BIN(Y210) ;	550*F210 <= 480;
@BIN(P11) ;	@BIN(F211) ;	@BIN(Y211) ;	540*F211 <= 480;
@BIN(P12) ;	@BIN(F212) ;	@BIN(Y212) ;	480*F212 <= 480;
@BIN(P13) ;	@BIN(F213) ;	@BIN(Y213) ;	110*F213 <= 480;
@BIN(P14) ;	@BIN(F214) ;	@BIN(Y214) ;	240*F214 <= 480;
@BIN(P15) ;	@BIN(F215) ;	@BIN(Y215) ;	460*F215 <= 480;
@BIN(P16) ;	@BIN(F216) ;	@BIN(Y216) ;	600*F216 <= 480;
@BIN(P17) ;	@BIN(F217) ;	@BIN(Y217) ;	550*F217 <= 480;
@BIN(P18) ;	@BIN(F218) ;	@BIN(Y218) ;	600*F218 <= 480;

Πιο κάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που πάρθηκαν από την επίλυση της μαθηματικής μοντελοποίησης στο πρόγραμμα επίλυσης μαθηματικών μοντέλων LINGO και αφορούν την βέλτιστη αξιοποίηση των αεροπλάνων Boeing A320 στο πτητικό πρόγραμμα :

Global optimal solution found.

Objective value:	129082
Objective bound:	129082
Infeasibilities:	0.000000
Extended solver steps:	0
Total solver iterations:	27

pr = 2 hr = 4 SP = 40 SH = 30 x = 30 M = 3 W = 100

P1 = 0	Y21 = 0	F21 = 1
P2 = 0	Y22 = 0	F22 = 1
P3 = 0	Y23 = 0	F23 = 1
P4 = 0	Y24 = 0	F24 = 0
P6 = 0	Y26 = 0	F26 = 1
P9 = 0	Y29 = 0	F29 = 1
P10 = 0	Y210 = 0	F210 = 0
P11 = 0	Y211 = 0	F211 = 0
P12 = 0	Y212 = 0	F212 = 1
P13 = 0	Y213 = 0	F213 = 1
P14 = 0	Y214 = 0	F214 = 1
P15 = 0	Y215 = 0	F215 = 1
P16 = 1	Y216 = 1	F216 = 0
P17 = 0	Y217 = 0	F217 = 0
P18 = 1	Y218 = 1	F218 = 0

Σύμφωνα με τα πιο πάνω αποτελέσματα, το ημερήσιο κέρδος της εταιρείας από την βέλτιστη αξιοποίηση των αεροπλάνων Boeing A330 στο πτητικό πρόγραμμα είναι 129082 ευρώ και πρέπει εκτελεστούν οι κύκλοι πτήσεων P16 και P18 όλους τους κύκλους πτήσεων P_i που μένει να γίνουν στο πτητικό της πρόγραμμα. Οι συγκεκριμένοι κύκλοι πτήσεων έχουν υπέρβαση στο συνολικό χρόνο εργασίας του προσωπικού (480 λεπτά), όμως καλύπτονται από τον συνολικό χρόνο εργασίας του προσωπικού (8 ώρες + 4 ώρες υπερωρίες = 720 λεπτά).

Κύκλος πτήσης	Συνολικός χρόνος κύκλου πτήσης ST_i (σε λεπτά)
P16 = Κύπρος - Φραγκφούρτη - Ζυρίχη - Μόναχο - Κύπρος	600
P18 = Κύπρος - Μόναχο - Ζυρίχη - Φραγκφούρτη - Κύπρος	600

5.3. Χρήση μοντέλου GPSS και αποτελέσματα μέχρι στιγμής

Στην προσπάθεια να επιλυθεί ένα γενικό πρόβλημα ή να βρεθούν κατάλληλες μορφές υποπροβλημάτων και συνθηκών που να βελτιώνουν τον τρόπο κατανόησης του γενικού προβλήματος, οι ερευνητές συνεχώς δημιουργούν μαθηματικούς αλγόριθμους, όπου βάση αυτών μπορούν να εξάγουν αποτελέσματα και να πειραματιστούν πλησιάζοντας έτσι πιο κοντά στην επίλυση αυτού.

Για την επίλυση του γενικού προβλήματος ανάθεσης διαθέσιμων αεροσκαφών και ανάθεσης διαθέσιμου προσωπικού, αρκετοί ερευνητές εφάρμοσαν μεθόδους και αλγόριθμους και τους δημοσίευσαν σε δικές τους μελέτες. Προσπάθησαν να βρουν και να αναπτύξουν υπολογιστικές τεχνικές που να δίνουν λύσεις αποτελεσματικά, μιας και η πολυπλοκότητα του γενικού προβλήματος σε πολύ σπάνιες περιπτώσεις μπορούσε να δώσει πολλούς περιορισμούς και πολλές μεταβλητές.

Ένας από αυτούς τους αλγόριθμους που χρησιμοποιείται για την επίλυση του γενικού προβλήματος ανάθεσης διαθέσιμων αεροσκαφών και ανάθεσης διαθέσιμου προσωπικού είναι το μαθηματικό μοντέλο στο πρόβλημα Set Partitioning Problem (SPP). Το Set Partitioning Problem καθορίζει πώς τα στοιχεία σε ένα σύνολο (S) μπορούν να χωριστούν σε μικρότερα υποσύνολα, όπου όλα τα στοιχεία στο S πρέπει να περιέχονται σε ένα και μόνο ένα διαμέρισμα. Στο γενικό πρόβλημα, αυτό αφορά το προσωπικό πτήσης που διαθέτει μια αεροπορική εταιρεία, όπου αυτό το προσωπικό πτήσης καλείται να διαχωριστεί σε ομάδες και να μπουν σε αεροπλάνα για να εκτελέσουν τους κύκλους πτήσεων. Το μαθηματικό μοντέλο στο πρόβλημα SPP χρησιμοποιείται συχνά γιατί για την επίλυση του χρησιμοποιείται η μέθοδος Branch-and-Bound.

Μέσω του μαθηματικού μοντέλου Set Partitioning Problem προκύπτει και το μαθηματικό μοντέλο Generalized Set Partitioning Problem (Richard Freling, Ramon Lentink and Albert Wagelmans (2001) - A decision support system for crew planning in passenger transportation using a flexible branch-and-price algorithm). Το μαθηματικό αυτό μοντέλο GSPP αναλύεται πιο κάτω και παρουσιάζεται μαθηματικά ως εξής .

$$\text{Min } Z = \sum_{r=1}^R (C_r)(X_r) + \sum_{i=1}^I (P_i)(S_i)$$

s.t

$$X_r + S_i = b \quad (\text{για όλα τα } i) \quad (1)$$

$$\sum_{r=1}^R (X_r) \leq d \quad (2)$$

$$S_i \geq 0 \quad (3)$$

$$X_r, S_i \quad \text{δυναμικές μεταβλητές} \quad (4)$$

Η αντικειμενική συνάρτηση αποτελείται και πάλι από δύο μέρη και σκοπός εδώ είναι να ελαχιστοποιηθεί το συνολικό κόστος. Το πρώτο μέρος αφορά το κόστος ενός κύκλου πτήσης r. Το C_r είναι το κόστος ενός κύκλου πτήσης r (κόστος καυσίμων), ενώ το X_r εκφράζει αν θα γίνει ο κύκλος πτήσης r ή όχι. Το δεύτερο μέρος αφορά το κόστος υπερωριών ενός κύκλου πτήσης r. Το P_i

είναι το κόστος υπερωριών ενός κύκλου πτήσης i ενώ το S_i εκφράζει αν θα έχει υπερωρία ο κύκλος πτήσης i ή όχι. Στον πρώτο περιορισμό η μεταβλητή b εκφράζει τον αναγκαίο αριθμό αεροπλάνων για να εκτελεστεί ο κύκλος πτήσεων i . Δεδομένου ότι ένα αεροπλάνο χρειάζεται για ένα κύκλο πτήσεων, ορίζει ο περιορισμός ότι στον κύκλο πτήσεων που θα εκτελεστεί δεν θα έχει ταυτόχρονα υπερωρία. Στον δεύτερο περιορισμό το d εκφράζει το μέγιστο αριθμό διαθέσιμων αεροπλάνων που θα εκτελέσουν τους κύκλους πτήσεων i και ως περιορισμός εκφράζει ότι οι συνολικές πτήσεις που θα γίνουν θα είναι ίσες ή μικρότερες από τον αριθμό διαθέσιμων αεροπλάνων. Το R εκφράζει το συνολικό αριθμό κύκλων πτήσεων στο πτητικό πρόγραμμα. Ο τρίτος περιορισμός ορίζει ότι το κόστος υπερωριών S_i που υπάρχει για κάθε κύκλο πτήσεων i θα είναι μηδενικό ή θετικό. Τέλος ο τέταρτος περιορισμός ορίζει ότι η μεταβλητές X_i και S_i ανήκουν στο δυαδικό σύστημα.

Στην συνέχεια ακολουθεί ο προγραμματισμός του μοντέλου αυτού για να παρθούν αποτελέσματα ανάλογα με το τύπο αεροπλάνου που θα χρησιμοποιηθεί, για το ποιος είναι ο βέλτιστος οικονομικά κύκλος πτήσης για να εκτελέσει. Πιο κάτω παρουσιάζεται η μαθηματική μοντελοποίηση για το GSPP model (A320), και στην συνέχεια παρουσιάζεται η μαθηματική μοντελοποίηση για το GSPP model (A330):

Για το GSPP model (A320) η μαθηματική μοντελοποίηση είναι η εξής :

$$\text{MIN} = (\text{KostosForoiA320} + \text{KostosPliromwnA320});$$

$$\begin{aligned} \text{KostosForoiA320} = & 18.3 * P1 + 37.4 * P2 + 7.8 * P3 + 47.4 * P4 + 54.8 * P5 + \\ & 31.3 * P6 + 54.8 * P7 + 60 * P8 + 15.6 * P9 + 47.8 * P10 + \\ & 70.4 * P11 + 41.7 * P12 + 9.6 * P13 + 20.9 * P14 + \\ & 40 * P15 + 52.2 * P16 + 47.8 * P17 + 52.2 * P18 ; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KostosPliromwnA320} = & 240 * (P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6 + P7 + P8 + P9 + \\ & P10 + P11 + P12 + P13 + P14 + P15 + P16 + P17 + \\ & P18) + 180 * (F11 + F112 + F13 + F14 + F15 + \\ & F16 + F17 + F18 + F19 + F110 + F111 + F112 + \\ & F113 + F114 + F115 + F116 + F117 + F118) ; \end{aligned}$$

P1 + F11 = 1 ;	@BIN (P1) ;	F11 >= 0 ;
P2 + F12 = 1 ;	@BIN (P2) ;	F12 >= 0 ;
P3 + F13 = 1 ;	@BIN (P3) ;	F13 >= 0 ;
P4 + F14 = 1 ;	@BIN (P4) ;	F14 >= 0 ;
P5 + F15 = 1 ;	@BIN (P5) ;	F15 >= 0 ;
P6 + F16 = 1 ;	@BIN (P6) ;	F16 >= 0 ;
P7 + F27 = 1 ;	@BIN (P7) ;	F17 >= 0 ;
P8 + F18 = 1 ;	@BIN (P8) ;	F18 >= 0 ;
P9 + F19 = 1 ;	@BIN (P9) ;	F19 >= 0 ;
P10 + F110 = 1 ;	@BIN (P10) ;	F110 >= 0 ;
P11 + F111 = 1 ;	@BIN (P11) ;	F111 >= 0 ;

P12 + F112 = 1 ;	@BIN(P12) ;	F112 >= 0 ;
P13 + F113 = 1 ;	@BIN(P13) ;	F113 >= 0 ;
P14 + F114 = 1 ;	@BIN(P14) ;	F114 >= 0 ;
P15 + F115 = 1 ;	@BIN(P15) ;	F115 >= 0 ;
P16 + F116 = 1 ;	@BIN(P16) ;	F116 >= 0 ;
P17 + F117 = 1 ;	@BIN(P17) ;	F117 >= 0 ;
P18 + F118 = 1 ;	@BIN(P18) ;	F118 >= 0 ;

P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6 + P7 + P8 + P9 + P10 + P11 + P12 + P13 + P14 + P15 + P16 + P17 + P18 = 3 ;

Πιο κάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την επίλυση του GSPP (A320) στο πρόγραμμα επίλυσης μαθηματικών μοντέλων LINGO :

Objective value:	3299.100
Objective bound:	3299.100
Infeasibilities:	0.1776357E-14
Extended solver steps:	0
Total solver iterations:	2

h = 4 p = 2 x = 30 d = 5 b = 1

P1 = 0	F1 = 1
P2 = 0	F2 = 1
P3 = 1	F3 = 0
P4 = 0	F4 = 1
P5 = 0	F5 = 1
P6 = 0	F6 = 1
P7 = 0	F7 = 1
P8 = 0	F8 = 1
P9 = 0	F9 = 1
P10 = 0	F10 = 1
P11 = 0	F11 = 1
P12 = 1	F12 = 1
P13 = 1	F13 = 0
P14 = 0	F14 = 1
P15 = 0	F15 = 1
P16 = 0	F16 = 1
P17 = 0	F17 = 1
P18 = 0	F18 = 1

Για το GSPP model (A330) η μαθηματική μοντελοποίηση είναι η εξής : Εδώ αφαιρούνται όλοι οι βέλτιστοι κύκλοι πτήσεων P_i από τη λύση του GSPP (A320) :

$$\text{MIN} = (\text{KostosForoiA330} + \text{KostosPliromwnA330});$$

$$\begin{aligned} \text{KostosForoiA320} = & 26.8 * P1 + 54.8 * P2 + 68.5 * P4 + 80.3 * P5 + 46 * P6 + \\ & 80.3 * P7 + 88 * P8 + 23 * P9 + 70.1 * P10 + \\ & 103.5 * P11 + 29.4 * P14 + 58.6 * P15 + \\ & 76.5 * P16 + 70.1 * P17 + 76.5 * P18 ; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KostosPliromwnA320} = & 320 * (P1 + P2 + P4 + P5 + P6 + P7 + P8 + P9 + \\ & P10 + P11 + P14 + P15 + P16 + P17 + \\ & P18) + 240 * (F11 + F112 + F14 + F15 + \\ & F16 + F17 + F18 + F19 + F110 + F111 + \\ & F114 + F115 + F116 + F117 + F118) ; \end{aligned}$$

P1 + F21 = 1 ;	@BIN(P1) ;	F21 >= 0 ;
P2 + F22 = 1 ;	@BIN(P2) ;	F22 >= 0 ;
P4 + F24 = 1 ;	@BIN(P4) ;	F24 >= 0 ;
P5 + F25 = 1 ;	@BIN(P5) ;	F25 >= 0 ;
P6 + F26 = 1 ;	@BIN(P6) ;	F26 >= 0 ;
P7 + F27 = 1 ;	@BIN(P7) ;	F27 >= 0 ;
P8 + F28 = 1 ;	@BIN(P8) ;	F28 >= 0 ;
P9 + F29 = 1 ;	@BIN(P9) ;	F29 >= 0 ;
P10 + F210 = 1 ;	@BIN(P10) ;	F210 >= 0 ;
P11 + F211 = 1 ;	@BIN(P11) ;	F211 >= 0 ;
P14 + F214 = 1 ;	@BIN(P14) ;	F214 >= 0 ;
P15 + F215 = 1 ;	@BIN(P15) ;	F215 >= 0 ;
P16 + F216 = 1 ;	@BIN(P16) ;	F216 >= 0 ;
P17 + F217 = 1 ;	@BIN(P17) ;	F217 >= 0 ;
P18 + F218 = 1 ;	@BIN(P18) ;	F218 >= 0 ;

$$P1 + P2 + P4 + P5 + P6 + P7 + P8 + P9 + P10 + P11 + P14 + P15 + P16 + P17 + P18 = 2 ;$$

Πιο κάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την επίλυση του GSPP (A330) στο πρόγραμμα επίλυσης μαθηματικών μοντέλων LINGO :

Global optimal solution found.

Objective value: 3809.800
 Objective bound: 3809.800
 Infeasibilities: 0.3552714E-14
 Extended solver steps: 0
 Total solver iterations: 2

h = 4 p = 2 x = 30 d = 5 b = 1

P1 = 1	F1 = 0
P2 = 0	F2 = 1
P4 = 0	F4 = 1
P5 = 0	F5 = 1
P6 = 0	F6 = 1
P7 = 0	F7 = 1
P8 = 0	F8 = 1
P9 = 1	F9 = 0
P10 = 0	F10 = 1
P11 = 0	F11 = 1
P14 = 1	F14 = 1
P15 = 0	F15 = 1
P16 = 0	F16 = 1
P17 = 0	F17 = 1
P18 = 0	F18 = 1

Τέλος τα αποτελέσματα ανάλυσης συνολικού κόστους από την επίλυση μαθηματικών μοντέλων μέχρι στιγμής αποτυπώνονται αναλυτικά στο πίνακα πιο κάτω :

ΑΝΑΘΕΣΗ ΑΕΡΟΠΛΑΝΩΝ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ (Υπολογισμός βάση του μαθηματικού μοντέλου παρουσίασης)																		
Εκτέλεση κύκλου πτήσης Pi																		
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18
A320																		
A330																		

Συνολικό ημερήσιο κόστος Z = 5230 Ευρώ

ΑΝΑΘΕΣΗ ΑΕΡΟΠΛΑΝΩΝ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ (Υπολογισμός βάση του μαθηματικού μοντέλου GSPP)																		
Εκτέλεση κύκλου πτήσης Pi																		
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18
A320																		
A330																		

Συνολικό ημερήσιο κόστος Z = 7109 Ευρώ

Κεφάλαιο 6

Τελική ανασκόπηση εργασίας - Συμπεράσματα

6.1. Ανασκόπηση - Συμπεράσματα

Σε αυτή την εργασία έγινε παρουσίαση ενός μαθηματικού μοντέλου στα πλαίσια αντιμετώπισης υπάρχοντος προβλήματος, που απασχολεί κυρίως τις αεροπορικές εταιρείες. Το πρόβλημα αυτό έχει να κάνει με το προγραμματισμό και των διαθέσιμων αεροπλάνων και προσωπικού που διαθέτει και εργοδοτεί αντίστοιχα μια αεροπορική εταιρεία, ώστε να καλύψουν βέλτιστα όσους περισσότερους κύκλους πτήσεων, με αποτέλεσμα στην εξυπηρέτηση περισσότερων αεροδρομίων και προορισμών. Αρχικά στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας αναλύω το γενικό πρόβλημα, και τα δύο υποπροβλήματα που παρουσιάζονται σε αυτό. Το πρώτο υποπρόβλημα έχει να κάνει με την προσπάθεια εύρεσης βέλτιστου μαθηματικού μοντέλου για αξιοποίηση από την αεροπορική εταιρία των διαθέσιμων αεροπλάνων για εξυπηρέτηση των κύκλων πτήσεων. Το δεύτερο υποπρόβλημα έχει να κάνει με την εύρεση μαθηματικού μοντέλου για βέλτιστη αξιοποίηση και καθορισμό του διαθέσιμου προσωπικού πιλότων και αεροσυνοδών στα αεροπλάνα. Επίσης εδώ κάνω αναφορά και επεξήγηση όρων που εμφανίζονται στα δυο αυτά υποπροβλήματα και αξιοποιούνται στην εργασία. Αμέσως μετά στο δεύτερο κεφάλαιο κάνω αναφορά σε τρεις δημοσιεύσεις που έγιναν σε ανώτερο επίπεδο από ερευνητές, περιγράφοντας τι παρουσιάζει η κάθε δημοσίευση ξεχωριστά αναφορικά με την επίλυση του γενικού προβλήματος, και εξηγώ πως ξένες αεροπορικές εταιρείες προσπαθούν να επιλύσουν το γενικό πρόβλημα κάνοντας χρήση υπαρχών εφαρμογών και προγραμμάτων. Επίσης εξηγώ κάποιες παραμέτρους, μεταβλητές αποφάσεις και περιορισμούς που χρησιμοποιούν οι ερευνητές στις δημοσιεύσεις τους και εγώ παράλληλα στην προσπάθεια μου να γράψω το δικό μου μαθηματικό μοντέλο. Στην συνέχεια στο τέταρτο κεφάλαιο περιγραφώ συντόμως την οικονομική κατάσταση και πορεία μέχρι στιγμής των Κυπριακών Αερογραμμών, η οποία ως εταιρεία αποτελεί την μελέτη περίπτωσης στην εργασία μου αυτή. Παράλληλα στο πέμπτο κεφάλαιο αξιοποιώντας τα δεδομένα που εντόπισα από την ίδια την εταιρία προχωρώ στην γραφή και επεξήγηση του μαθηματικού μου μοντέλου. Τέλος παρουσιάζω τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την επίλυση του δικού μου μαθηματικού μοντέλου και συγκριτικά συγκρίνω τις λύσεις με την επίλυση υπαρχών μαθηματικού μοντέλου.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που πήρα από την επίλυση των δύο μαθηματικών μοντέλων, η δική μου μοντελοποίηση δίνει κατά 26,4 % μείωση ημερήσιου συνολικού κόστους σε σύγκριση με τα αποτελέσματα του GSPP model. Αυτό οφείλεται κυρίως στον περιορισμό που χρησιμοποιείται και στις δυο μοντελοποιήσεις για το κόστος υπερωριών Fi. (σελ.40 και σελ.51), γιατί στην μοντελοποίηση που παρουσιάζω στην εργασία, στην αντικειμενική συνάρτηση μπαίνει μόνο το κόστος υπερωριών όσων κύκλων πτήσεων έχουν υπέρβαση πραγματικά, ενώ στο GSPP model υπάρχει σε όλους τους κύκλους πτήσεων ένα κόστος υπερωριών, ανεξάρτητα αν έχουν υπέρβαση ή όχι στο χρόνο ενός κύκλου πτήσης. Επίσης είναι σαφές ότι οι Κυπριακές Αερογραμμές θα πρέπει να αναθεωρήσουν ξανά το πτητικό πρόγραμμα και να φροντίσουν να εξυπηρετούν προορισμούς που είναι κοντά στην βάση εγκατάστασης, πετυχαίνοντας με τον τρόπο αυτό μείωση κόστους καυσίμων και υπερωριών.

Τέλος θα ήθελα να τονίσω για ακόμα μια φορά ότι το γενικό πρόβλημα δεν έχει ακόμα επιλυθεί πλήρως, παρά μόνο με την βοήθεια ερευνητικών προγραμμάτων που βοηθούν να πλησιάσουν οι έρευνες πιο κοντά στην τελική λύση. Οι δικές μου απόψεις στη συγγραφή της εργασίας αυτής βασίστηκαν πάνω στις προπτυχιακές μου γνώσεις και σε προηγούμενες μελέτες από ερευνητές. Ελπίζω με την δική μου εργασία να βοήθησα στον στόχο αυτό.

Βιβλιογραφία

Διαδικτυακές πηγές

- <http://cyprusair.com/>
- <http://www.sigmalive.com/inbusiness>
- <http://www.referenceforbusiness.com/history2/27/Cyprus-Airways-Public-Limited.html>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page
- <https://www.google.com>

Άρθρα - Δημοσιεύσεις

- Herve Thiriez. The Airline Crew Scheduling Problem - A group theoretic approach.
- Yaohua Li, Na Tan (2013). Study on Fleet Assignment Problem Model and Algorithm.
- Κωνσταντίνος Σολωμός (2010). Υποδείγματα Επιχειρησιακής Έρευνας στον Προγραμματισμό Συντήρησης Αεροσκαφών και Κάλυψης Δρομολογίων.
- Richard Freling, Ramon Lentink and Albert Wagelmans (2001). A decision support system for crew planning in passenger transportation using a flexible branch-and-price algorithm.
- Xugang Ye. Airlines Crew Pairing Optimization: A Brief Review
- Ki-Hwan Bae (2010). Integrated Airline Operations: Schedule Design, Fleet Assignment, Aircraft Routing, and Crew Scheduling.
- Min Wen (2005). Algorithms of Scheduling Aircraft Landing Problem.
- Ugur Özdemir (2004). Methodology for Crew Pairing Problem in Airline Crew Scheduling.
- Nikolaos Papadakos (2006). Integrated Airline Scheduling: Decomposition and Acceleration Techniques.

- Harry Kornilakis, Panagiotis Stamatopoulos (2002). Crew Pairing Optimization with Genetic Algorithms.
- D.M. Ryan (1990). The solution of massive generalized set partitioning problems in aircrew rostering.
- Jay M. Rosenberger, Andrew J. Schaefer, David Goldsman, Ellis L. Johnson, Anton J. Kleywegt, George L. Nemhauser (2002). A Stochastic Model of Airline Operations.
- Jesper Larsen (DTU Mgmt Eng). Set Partitioning and Applications course.
- Paul Seidenman, David J.Spanovich (2008). Aircraft and Aircrew Scheduling Software Replacing Paper Schedules: Easy And Affordable?
- Mirela Stojkovic, François Soumis (2003). The Operational Flight and Multi-Crew Scheduling Problem.
- Andrew J. Schaefer, Ellis L. Johnson, Anton J. Kleywegt, George L. Nemhauser (2001). Airline Crew Scheduling under Uncertainty.
- Pamela H. Vance, Cynthia Barnhart, George L. Nemhauser, Ellis L. Johnson (1994). Airline Crew Scheduling: A New Formulation and Decomposition Algorithm.
- Joyce W.Yen, John R. Birge (2003). A Stochastic Programming Approach to the Airline Crew Scheduling Problem.
- Shangyao Yan, , Jei-Chi Chang (1999). Airline cockpit crew scheduling.
- Diego Klabjan; Ellis J Johnson; George L Nemhauser; Eric Gelman; Srini Ramaswamy (2002). Airline crew scheduling with time windows and plane-count constraints.
- Karla L. Hoffman, Manfred Padberg (1993). Solving airline crew scheduling problems by branch-and-cut.
- Hai D. Chu, Eric Gelman, Ellis L. Johnson (1997). Solving Large Scale Crew Scheduling Problems.
- Niklas Kohl (1999). The use of linear and integer programming in airline crew scheduling.
- Nabil Guerinik, Michel Van Caneghem (2005). Solving crew scheduling problems by constraint programming.
- Balaji Gopalakrishnan, Ellis. L. Johnson (2005). Airline Crew Scheduling: State-of-the-Art.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000125612