

**Εργονομία και Ασφάλεια Εργασίας**

Εργασία Εργαστηρίου

Μανούσος Γαλανάκης : 2014010070  
Σωτήρης Αυγέρης: 2013010138

**Θέμα**: Αεροπορικό ατύχημα **Lauda Air B767.**



**Εισαγωγή**

Για το μάθημα της εργονομίας θα γίνει η ανάλυση του ατυχήματος Lauda Air Flight 004 . Στις 26 Μαΐου το 1991 κατά της διάρκεια της πτήσης 004 με προορισμό την Αυστρία ένα Boeing 767 μετά από την απογείωση του και καθώς πετούσε ήδη για 20-25 λεπτά προς το προορισμό του , έπεσε σε ένα δάσος της Μπανγκόγκ . Από την πτώση του αεροπλάνου πέθαναν και οι 213 επιβάτες καθώς και 10 άτομα από το πλήρωμα του αεροσκάφους .

Παρακάτω θα δοθούν κάποιες γενικές πληροφορίες για το αεροσκάφος και τις συνθήκες ατυχήματος καθώς και θα παρουσιαστεί η ανάλυση του ατυχήματος με την μέθοδο STAMP.

Πριν την περιγραφή του ατυχήματος γίνεται αναφορά σε κάποια σημαντικά αεροπορικά δυστυχήματα στην ιστορία αυτών.

**Lauda Air B767**

Η πτήση 004 της Lauda Air Flight ξεκίνησε από το Χονγκ Κονγκ , έπειτα προσγειώθηκε στο Μπανγκόγκ με σκοπό να επιβιβαστούν οι επιβάτες , οι αποσκευές καθώς και να γίνει ανεφοδιασμός καύσιμων . Προορισμός ήταν η Βιέννη . Το αεροπλάνο απογειώθηκε κανονικά από το αεροδρόμιο του Μπανγκόγκ και πέταξε κανονικά για περίπου 20-25 λεπτά . Μετά από εκεί εξαφανίστηκε από το ραντάρ εναέριας κυκλοφορίας και έπεσε σε ένα δάσος λίγο έξω από το Μπανγκόγκ .

Υπήρξαν αρχικές υποθέσεις τρομοκρατίας , καθώς εκείνη την εποχή οι Αμερικανοί είχαν κάνει επίθεση προς τα στρατεύματα Χασαμ Χουσιεν στο Περσικό Κόλπο . Έτσι έγινε η σκέψη για κάποια τρομοκρατική επίθεση μέσω κάποιου πυραυλικού συστήματος , βόμβας ή σαμποτάζ των μηχανών . Επίσης μετά από την εξέταση των επιβατών πρόεκυψε ότι επιβιβαζόταν στο αεροπλάνο ένας πράκτορας του FBI που βοηθούσε στην καταπολέμηση της εμπορίας ηρωίνης στο Μπανγκόγκ . Οπότε είναι πολύ πιθανόν να ήταν το αεροπλάνο σαμποταρισμένο . Οι ερευνητές πήραν δείγματα από τα απομεινάρια του αεροπλάνου για τυχόν εκρηκτικές ύλες , καθώς και έλεγξαν τον χώρο αποσκευών για να δουν εάν υπήρχε κάποια έκρηξη εκεί αλλά ανακάλυψαν ότι οι αποσκευές ήταν ανέπαφες και ότι δεν υπήρχε ίχνος εκρηκτικών υλών στο αεροσκάφος .

Ένα άλλο πρόβλημα που αντιμετώπισαν οι ερευνητές είναι ότι η τοπική αστυνομία δεν μπορούσε να ελέγξει τους ντόπιους που είχαν φτάσει σε αυτό το σημείο και είχαν ξεκινήσει να κλέβουν κομμάτια μέταλλων για να τα πουλήσουν ως παλιοσίδερα για οικονομικούς λογούς . Έτσι δεν ήξεραν αν σημαντικά κομμάτια μπορεί να έλλειπαν από τον τόπο του ατυχήματος .

Μετά από ώρες ψαξίματος βρέθηκε το μαύρο κουτί του και ο αριστερός κινητήρας του αεροσκάφους . Το μαύρο κουτί ήταν σε πολύ κακή κατάσταση από την φωτιά και την κρούση . Στάλθηκε στην Ουάσινγκτον για να γίνει ανάκτηση των δεδομένων ,όπου οι επιστήμονες δεν κατάφεραν να ανακτήσουν κανένα δεδομένο . Όσο αφορά τον κινητήρα ανακάλυψαν κάτι το οποίο δεν ήταν αναμενόμενο , ήταν ενεργοποιημένη η αντίθετη πρόωση , δηλαδή ήχε μπει η "όπισθεν" ο αέρας που περνούσε από τα πτερύγια η μηχανή τον έσπρωχνε προς τα εμπρός . Αυτή η λειτουργιά βοηθάει ως φρενάρισμα κατά την προσγείωση .

Ο ερευνητής που είχε αποσταλεί από την Boeing είπε ότι κάτι τέτοιο δεν έπρεπε να είχε συμβεί , παρόλα αυτά το αεροπλάνο είναι σχεδιασμένο να πετάξει αποτελεσματικά και σε τέτοια περίπτωση βλάβης . Έχουν γίνει τεστ στα όποια ενεργοποιούν το Thrust (όπισθεν) και παρόλη την φασαρία και τις δονήσεις από τον αέρα το αεροπλάνο είναι απόλυτα ελεγχόμενο .

Παρόλα αυτά οι ερευνητές κατάλαβαν ότι αυτό το στοιχειό δεν είναι τυχαίο και μάλλον τους διαφεύγει κάποιο σημαντικό άλλο στοιχειό . Το κύριο ερώτημα ήταν πως μπορεί η ενεργοποίησης του Thrust Reverse να ρίξει ένα τόσο μεγάλο αεροπλάνο .

Από την πτώση του αεροπλάνου κατάφερε να σωθεί ο καταγραφέας φωνής της καμπίνας του αεροσκάφους . Μετά από ανάλυση των νέων αυτών στοιχείων κατάλαβαν ότι τίποτα άλλο ασυνήθιστο δεν έγινε στο αεροπλάνο πέρα από το ότι ενεργοποιήθηκε το Thrust Reverse . Έτσι οι ερευνητές πήγαν στον τόπο του ατυχήματος και έβγαλαν το τσεπάκι που ήχε ενσωματωμένο πάνω του ο κινητήρας . Μετά από την ανάλυση του έβγαλαν ως συμπέρασμα ότι ο μονός λόγος που μπορεί να έπεσε το αεροπλάνο είναι αυτή η λάθος ενεργοποίηση .

Με τα νέα αυτά ο ίδιος ο ιδιοκτήτης της εταιρίας πηγαίνει στα κεντρικά γραφεία της Boeing και ασκεί πίεση στου υπευθύνους να γίνει μια προσομοίωση του ατυχήματος στο προσομοιωτή πτήσης . Μετά από πολλές δοκιμές που έγινε συμπέραναν ότι ήταν αδύνατον να ελέγξει ένα αεροπλάνο το οποίο ενώ λειτουργούν οι κινητήρες τους στο 100% ξαφνικά ενεργοποιείται το Thrust Reverse .

Για να σωθεί το ατύχημα ο πιλότος θα έπρεπε μέσα σε 6 δευτερόλεπτα να καταλάβει τι έχει γίνει στο αεροπλάνο και να κάνει κάποιες ενέργειες πάρα πολύ γρήγορα ώστε να ξεμπλοκάρει τον κινητήρα και να ευθυγράμμιση ξανά το αεροπλάνο . Έτσι ως συμπέρασμα βγήκε ότι μέσα σε αυτό το περιθώριο των 6 δευτερόλεπτων δεν γίνετε να γίνουν όλα αυτά .

Μετά από σύγκριση των τεστ που είχε κάνει η Boeing με αυτό που έκανε ο ιδιοκτήτης (Lauda) ανακάλυψαν ότι η ταχύτητα και το υψόμετρο στο οποίο είχε γίνει το τεστ ήταν πολύ μικρότερο από αυτό στο οποίο πετούσε το αεροπλάνο και γενικά πετούσαν σε όλο τον κόσμο τα αεροπλάνα . Όποτε δεν ήταν καθόλου αντιπροσωπευτικό της πραγματικότητας .

Ταυτόχρονα οι ερευνητές της Boeing προσπαθούσαν να κάνουν στα εργαστήρια μια προσομοίωση του ατυχήματος . Συγκεκριμένα ήθελαν να δουν πως γίνεται να ανοίξουν ταυτόχρονα και οι δυο βαλβίδες που ενεργοποιούν το Thrust Reverse . Μετά από πολλά τεστ συνειδητοποίησαν ότι τα καλώδια των δυο βαλβίδων που έδιναν το σήμα για να ανοίξουν η να κλείσουν ήταν μαζί πιασμένα με δεματικά . Έτσι σε περίπτωση που χαλούσε η μόνωση σε κάποιο σημείο και συνέβαινε κάποιο βραχυκύκλωμα , το σύστημα έσφαλε και άφηνε τις δυο βαλβίδες ανοιχτές ταυτόχρονα .

Η Nasa αναμείχτηκε στην έρευνα και έκανε ένα πείραμα με ένα dc-8 και ενεργοποιήθηκε το Thrust Reverse στο ύψος και την ταχύτητα που έγινε το ατύχημα τότε . Το αεροπλάνο έχανε 9000 πόδια ανά λεπτό και κατάφεραν να κερδίσουν τον έλεγχο μόνο και μόνο επειδή είχε 4 κινητήρες συνολικά . Έτσι το πόρισμα ήταν ότι το φταίξιμο του ατυχήματος ήταν η απρόσμενη ενεργοποίηση του Thrust Reverse .

Ως λύση για το πρόβλημα αυτό καθώς υπήρξε κίνδυνος σε όλες τις αεροπορικές εταιρίες να έχουν κάποιο παρόμοιο ατύχημα εφαρμόστηκε μια επιπλέον δικλίδα ασφάλειας , εγκαταστάθηκαν μια σειρά μηχανικών κλειδαριών οι οποίες εξασφάλιζαν ότι δεν θα μπορέσει σε καμία περίπτωση να ενεργοποιηθεί εσφαλμένα ξανά το σύστημα αυτό . Αυτές οι κλειδαριές τοποθετηθήκαν περιμετρικά του κινητήρα και του κομματιού του οποίου ανοίγει για να ενεργοποιηθεί το Thrust Revolve , οι οποίες ήταν απόλυτα συγχρονισμένες μεταξύ τους και μπορούσαν να ανοίξουν μόνο όταν άνοιγαν οι ρόδες του αεροπλάνου ακουμπάνε στο έδαφος .

**Μέθοδος STAMP**

**Εισαγωγή**

Η μέθοδος Stamp έχει στόχο να αναπτύξει μηχανισμούς ελέγχου τόσο του προσωπικού όσο και του τεχνολογικού εξοπλισμού ώστε να ανταπεξέρχεται σε αναπάντεχα γεγονότα .

Στην μέθοδο αυτή το διάγραμμα αποτελείται από επιμέρους στοιχειά τα όποια αλληλεπιδρούν στο περιβάλλον . Κάθε φορά όμως το σύστημα προσπαθεί να προσαρμοστεί στο περιβάλλον χρησιμοποιώντας βρόγχους ελέγχου σε όλα τα ιεραρχικά επίπεδα . Οι βρόγχοι ελέγχου καθορίζουν τους στόχους , τα μέσα και τους περιορισμούς εντός των οποίων πρέπει να κινηθούν τα κατώτερα επίπεδα για να καταφέρουν να πετύχουν τους παραπάνω στόχους .

Οι περιορισμοί ασφαλείας καθορίζουν το πεδίο δράσης και τον βαθμό ελευθερίας των βρόγχων αυτών . Έτσι έχουμε ομαλή και ασφαλή λειτουργιά του συστήματος . Η Stamp ορίζει την διαχείριση ασφαλείας ως μια προσπάθεια να επιβληθούν κάποιοι περιορισμοί και κανονισμοί έτσι ώστε να προσαρμόζονται εύκολα στο μεταβαλλόμενο περιβάλλον και να αποφεύγονται ατυχήματα .

Για παράδειγμα :

Οι βαλβίδες ενεργοποίησης του Thrust Reverse δεν πρέπει να ενεργοποιούνται κατά την διάρκεια που πετάει το αεροπλάνο .

Οι πόρτες του αεροπλάνου πρέπει να είναι κλειστές όταν πετάει το αεροπλάνο .

Οι πόρτες του αεροπλάνου πρέπει να ανοίγουν μόνο σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης και μόνο όταν δώσουν την οδηγία οι αεροσυνοδοί ή μόνο από τους αεροσυνοδούς .

**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ STAMP**

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION

*δ*

ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΑΕΡΟΠΟΡΙΑΣ

ΜΠΑΝΓΚΟΝΓ , ΥΠΑ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

ΑΕΡΟΓΡΑΜΜΗ LAUDA AIR

ΟΘΟΝΕΣ ΡΑΝΤΑΡ ΚΑΙ ΑΛΛΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ

ΚΑΜΠΙΝΑ ΑΕΡΟΠΛΑΝΟΥ - ΟΡΓΑΝΑ ΑΕΡΟΠΛΑΝΟΥ

ΕΛΕΓΚΤΕΣ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

ΠΛΗΡΩΜΑ ΑΕΡΟΠΛΑΝΟΥ

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ : ΚΑΙΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ , ΕΝΑΕΡΙΟΣ ΧΩΡΟΣ , ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΚΑΙ ΕΠΙΒΑΤΕΣ

**­­ΣΥΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ STAMP**

|  |  |
| --- | --- |
| **1** | **Το πρώτο βέλος αφορά την σχέση μεταξύ του διεθνούς οργανισμού πολιτικής αεροπορίας και της υπηρεσίας πολιτικής αεροπορίας η οποία παίρνει κατευθύνσεις συμμόρφωσης από αυτόν** |
| **2** | **Το δεύτερο αφορά την ανάδραση αυτών** |
| **3** | **Το τρίτο βέλος αφορά τις σχέσεις μεταξύ του διεθνούς οργανισμού πολιτικής αεροπορίας με ΗΠΑ και Μπανγκόγκ** |
| **4** | **Το τέταρτο αφορά την ανάδραση αυτών** |
| **5** | **Το πέμπτο βέλος αφορά τις υπηρεσίες πολιτικής αεροπορίας των ΗΠΑ και Μπανγκόγκ** |
| **6** | **Το έκτο αφορά την ανάδραση αυτών** |
| **7** | **Το έβδομο βέλος αφορά την εποπτεία του τμήματος εναέριας κυκλοφορίας από την υπηρεσία πολιτικής αεροπορίας** |
| **8** | **Το όγδοο βέλος αφορά την συνεννόηση-κατεύθυνση της αερογραμμής Lauda Air από την υπηρεσία πολιτικής αεροπορίας** |
| **9** | **Το ένατο βέλος αφορά την εποπτεία της αερογραμμής Lauda Air από ΗΠΑ και Μπανγκόγκ** |
| **10** | **Το δέκατο βέλος αφορά την ανάδραση μεταξύ των βρόγχων «ελεγκτών εναέριας κυκλοφορίας» και «υπηρεσίας πολιτικής αεροπορίας»** |
| **11** | **Το εντέκατο βέλος αφορά την ανάδραση μεταξύ των βρόγχων «πλήρωμα αεροπλάνων» και «ΗΠΑ , Μπανγκόγκ»** |
| **12** | **Το δωδέκατο βέλος αφορά την σύνδεση της διαδικασίας ελέγχου κυκλοφορίας με τους ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας** |
| **13** | **Το δέκατο τρίτο αφορά την ανάδραση μεταξύ των βρόγχων «ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας» και «έλεγχος κυκλοφορίας»** |
| **14** | **Το δέκατο τέταρτο βέλος αφορά την σύνδεση της αερογραμμής Lauda Air με το πλήρωμα του αεροπλάνου κατά την συγκεκριμένη πτήση** |
| **15** | **Το δέκατο πέμπτο την ανάδραση των βρόγχων «πλήρωμα αεροπλάνου» και «αερογραμμή Lauda Air»** |
| **16** | **Το δέκατο έκτο βέλος αφορά την συνεννόηση και τις κατευθύνσεις προς το πλήρωμα του αεροπλάνου από τους ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας** |
| **17** | **Το δέκατο έβδομο την ανάδραση των βρόγχων «πλήρωμα του αεροπλάνου» και «ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας»** |
| **18** | **Το δέκατο όγδοο βέλος αφορά την σύνδεση των ελεγκτών εναέριας κυκλοφορίας με τα ραντάρ και τα διάφορα άλλα εργαλεία ελέγχου** |
| **19** | **Το δέκατο ένατο την ανάδραση των βρόγχων «οθόνες ραντάρ και διάφορα άλλα εργαλεία ελέγχου» και «ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας»** |
| **20** | **Το εικοστό βέλος αφορά την σχέση-σύνδεση του πληρώματος του αεροπλάνου με την καμπίνα του αεροπλάνου και τα όργανα αυτού** |
| **21** | **Το εικοστό πρώτο την ανάδραση των βρόγχων «καμπίνα αεροπλάνου-Οργανα αεροπλάνου» και «πλήρωμα αεροπλάνου»** |
| **22** | **Το εικοστό δεύτερο βέλος αφορά την σχέση μεταξύ των ραντάρ και των διαφόρων άλλων εργαλείων ελέγχου με το περιβάλλον της πτήσης** |
| **23** | **Το εικοστό τρίτο την ανάδραση των βρόγχων «περιβάλλον πτήσης» και «ραντάρ και διάφορα άλλα εργαλεία ελέγχου»** |
| **24** | **Το εικοστό τέταρτο βέλος αφορά την άμεση σύνδεση μεταξύ της καμπίνας-οργάνων του αεροπλάνου και του περιβάλλοντος της πτήσης** |
| **25** | **Το εικοστό πέμπτο την ανάδραση των βρόγχων «περιβάλλον πτήσης» και «καμπίνα-όργανα αεροπλάνου»** |

**Αστοχίες**

Στον πρώτο βρόγχο όπου αφορά τον διεθνή οργανισμό πολιτικής αεροπορίας πρέπει να επισημάνουμε την αναποτελεσματικότητα αυτού, αφού δεν κατάφερε να προλάβει το αναμενόμενο εν τέλει τεχνικό πρόβλημα του αεροπλάνου αναγνωρίζοντας λανθασμένα διαπιστευτήρια της Boeing όσων αφορά τις πτητικές ικανότητες του αεροπλάνου υπό απρόοπτες συνθήκες πτήσης (μη θεμιτή ενεργοποίηση του Thrust Reverse).

Επίσης, στον βρόγχο που αφορά την αερογραμμή Lauda Air, παρατηρείται αστοχία κατά την απόκτηση του αεροπλάνου από την κατασκευάστρια εταιρία Boeing, καθώς δεν ανακάλυψε εξ αρχής τα άτοπα πειράματα-τεκμήρια όπου παρείχε η Boeing στους πελάτες της για το αεροπλάνο αυτό. Η εκτέλεση δοκιμών ελέγχου και αξιοπιστίας πτήσης με μη θεμιτή ενεργοποίηση του Thrust Reverse απέβη μοιραία στην συγκεκριμένη πτήση αφού δεν υπήρχε αντιστοιχία του περιβάλλοντος των δοκιμών με το ρεαλιστικό περιβάλλον πτήσεων του συγκεκριμένου αεροπλάνου, ευθύνη της οποίας μέρη αναλαμβάνουν και η αερογραμμή Lauda Air και η Boeing, σαφώς κατά πολύ μεγαλύτερο η κατασκευάστρια.

Εν συνεχεία, καταλήγουμε πως υπήρξε έλλειψη εποπτείας και επίβλεψης-ελέγχου από την ομάδα συντήρησης-τεχνικών ελέγχων της αερογραμμής Lauda Air, τουλάχιστον στην κατάσταση των τεχνολογικών μερών του εν λόγω αεροπλάνου, καθώς προφανώς και δεν έγινε σωστός και όσο λεπτομερής έλεγχος έπρεπε ώστε να βρεθεί και επιδιορθωθεί η κακοτεχνία στα καλώδια του Thrust Reverse.

Επιπροσθέτως, στον βρόγχο που αναφέρεται το πλήρωμα του αεροπλάνου, θεωρείται ατόπημα αλλά και αναμενόμενο να υπάρξει έλλειψη της απαιτούμενης αντίληψης-αντίδρασης του πληρώματος για την αντίστοιχη κατάσταση, αναφερόμενος στην προκαθορισμένη διαδικασία των έξι δευτερολέπτων προς αποφυγήν της μοιραίας κατάληξης του αεροπλάνου, αφού δεν προβλεπόταν κάτι τέτοιο βάση των προδιαγραφών που υπήρχαν από τις λανθασμένες εν τέλει δοκιμές της Boeing.

**Μέθοδος δένδρων σφαλμάτων (Fault Trees)**

H ανάλυση με δένδρα σφαλμάτων (Fault trees) είναι μια ανάλυση που συνήθως χρησιμεύει ως προληπτικό εργαλείο για πρόβλεψη πιθανών αιτιών που οδηγούν σε ανεπιθύμητα γεγονότα. Αυτό συχνά γίνεται κατά το σχεδιασμό ενός νέου συστήματος. Ακόμα, αποτελεί και ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται για να εντοπιστούν τα πρωταρχικά αίτια που οδήγησαν σε ένα ανεπιθύμητο γεγονός, μια ανωμαλία ή σε ένα ατύχημα το όποιο ήδη έχει συμβεί. Ήδη η εν λογά μέθοδος μετρά πάνω από περίπου 5 δεκαετίες εφαρμογής και αποτελεί ένα διεθνώς αναγνωρισμένο εργαλείο στο σχεδιασμό και στην ανάπτυξη συστημάτων.

H θεμελιώδης ιδέα της ανάλυσης με fault trees είναι η ‘’μετάφραση’’ της συμπεριφοράς ενός φυσικού συστήματος κατά την εκδήλωση ενός ατυχήματος σε ένα οπτικό και ορθολογικό μοντέλο. Το διάγραμμα παρέχει ένα οπτικό μοντέλο όπου παρουσιάζονται οι συσχετισμοί μεταξύ των γεγονότων και αιτιών μέσα από τις ‘’διαδρομές’’ αστοχίας, το όποιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ποιοτική αλλά και ποσοτική ανάλυση και αξιολόγηση. Η ανάλυση με fault trees βασίζεται στη θεωρία πιθανοτήτων. Με απλούς κανόνες και σύμβολα, ο μηχανισμός των διαγραμμάτων fault trees ενδείκνυται για ανάλυση πολυσυνθέτων συστημάτων και συσχετίσεων μεταξύ υλικών εξοπλισμών, χρησιμοποιούμενων λογισμικών και ανθρώπων.

Τα πλεονεκτήματα της ανάλυσης με fault trees είναι ότι πρόκειται για μια πολύ αποτελεσματική μεθοδολογία για τον εντοπισμό πρωταρχικών αιτιών. Τα αποτελέσματα που παράγονται από την ανάλυση επιτρέπουν την αξιολόγηση και την βελτίωση της συνολικής αξιοπιστίας του συστήματος. Συν τοις άλλοις, το fault tree είναι ένα εύχρηστο μοντέλο, το όποιο είναι κατανοητό και από άτομα που δεν γνωρίζουν απαραίτητα την μεθοδολογία, το σχεδιασμό του υπό ανάλυση συστήματος ή τις συνθήκες του ατυχήματος.

Μειονέκτημα της μεθόδου είναι ο περιορισμός που τίθεται αφού το ανεπιθύμητο γεγονός που βρίσκεται υπό ανάλυση πρέπει να έχει προβλεφτεί, όπως και οι κυρίες συνιστώσες που οδηγούν στην αστοχία. Αυτή η προσπάθεια εντοπισμού μπορεί να αποδειχθεί εξαιρετικά χρονοβόρα και ακριβή. Εν τέλει, η συνολική επιτυχία της ανάλυσης με τα διαγράμματα fault trees επαφίεται στην ικανότητα του αναλυτή. Βάσει των όσων αναφέρθηκαν προηγουμένως η ανάλυση με διαγράμματα fault trees αποδίδει τα μέγιστα στις εξής περιπτώσεις :

* όταν διακρίνεται υψηλός κίνδυνος με σημαντικές απώλειες στην περίπτωση εκδήλωσης ατυχήματος.
* όταν υπάρχουν πολλές διαφορετικές συνιστώσες σε ένα ανεπιθύμητο γεγονός.
* όταν το υπό ανάλυση σύστημα περιέχει πολυσύνθετες διαδικασίες που περιλαμβάνουν πολλά στοιχειά.
* όταν το κύριο γεγονός προς ανάλυση έχει ήδη εντοπιστεί
* όταν τα αίτια μιας καταστροφής είναι δυσδιάκριτα.

**Δομή διαγραμμάτων μεθόδου δένδρων σφαλμάτων**

Tα διαγράμματα fault trees είναι δομημένα ως εξής: ξεκινούν από το κύριο γεγονός ή τις ανεπιθύμητες συνέπειες αυτού και συνεχίζουν προς τα κάτω, παρουσιάζοντας τα αίτια / προϋποθέσεις που οδήγησαν στο υπό ανάλυση γεγονός. Τα γεγονότα κάθε επιπέδου συνδέονται με τα προηγούμενα και τα επόμενα – εάν υπάρχουν – μέσω των λογικών σύμβολων που θα αναφερθούν παρακάτω. Με αυτήν την διαδικασία είναι δυνατό να υπολογίσει κάνεις την πιθανότητα του κυρίου γεγονότος, εάν γνωρίζει τις επιμέρους πιθανότητες των αιτιών με στόχο την κατανόηση των αιτιών και την πρόληψη παρόμοιων ανεπιθύμητων συμβάντων.

Οι σχέσεις μεταξύ των διαφόρων γεγονότων και τα γεγονότα – ανάλογα με την θέση τους στο δένδρο σφαλμάτων και την επιρροή τους στο κύριο γεγονός – εκφράζονται μέσω συγκεκριμένων σύμβολων κατά την κατάστρωση του fault tree, τα οποία είναι:

**AND**

**OR**

**Basic Event**

**Intermediate Event**

**Undeveloped Event**

And: σύμβολο που δηλώνει δυο ή περισσότερων γεγονότα που βρίσκονται κάτω από αυτό, ώστε να οδηγηθούμε στο επόμενο

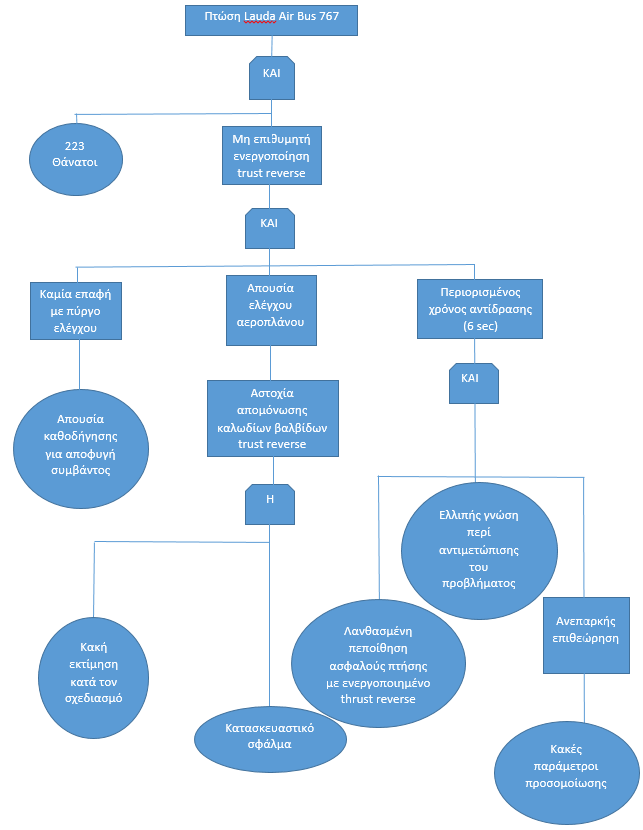
ΟR: σύμβολο που δηλώνει ότι αρκεί ένα και μονό γεγονός από τα συνδεδεμένα κάτω από αυτό, ώστε να οδηγηθούμε στο επόμενο

Κύκλος : εντός του συμβόλου αυτού, τοποθετούνται τα βασικά γεγονότα τα οποία διαδραματίζουν σημαντικό ρολό στην εκδήλωση του κυρίου γεγονότος, δεν αναλύονται περαιτέρω και βρίσκονται στο κάτω μέρος του διαγράμματος

Ορθογώνιο παρ/μο : εντός του συμβόλου αυτού τοποθετούνται γεγονότα που απεικονίζουν αστοχίες. Τοποθετείται στην κορυφή του διαγράμματος αλλά και μέσα σε αυτό.

Τραπέζιο : εντός του συμβόλου αυτού, με το όποιο είναι δυνατό να κλείσει ένας κλάδος του διαγράμματος, τοποθετούνται γεγονότα-αστοχίες που δεν αναλύονται παραπάνω, είτε γιατί η συνέπεια τους είναι ασήμαντη, είτε γιατί πληροφορίες περί αυτών δεν είναι διαθέσιμες.

**Διάγραμμα δένδρου σφαλμάτων**



**Συμπεράσματα**

Οι βασικές ευθύνες για το ατύχημα της Lauda Air 004 (ενεργοποίηση του Thrust Reverse) βαραίνουν την κατασκευάστρια εταιρεία λόγω της έλλειψης επαρκούς ελέγχου κατά την διαδικασία της προσομοίωσης και λάθος εκτίμηση εάν είναι ακόμα ελεγχόμενο το αεροπλάνο σε περίπτωση που γίνει μια τέτοια λάθος ενεργοποίηση .

Σε περίπτωση που είχαν γίνει πιο αυστηροί έλεγχοι και πιο σωστή μελέτη για το πώς επιδρά στο έλεγχο του αεροπλάνο η ενεργοποίηση του Thrust Reverse δεν θα είχε συμβεί ποτέ αυτό το ατύχημα .