Τμήμα Μηχανικών
Παραγωγής & Διοίκησης

Πολυτεχνείο Κρήτης

Μοντελοποίηση Οργανωτικών Παραγόντων και Συστημάτων Διαχείρισης Ασφάλειας με Έμφαση στη Διακίνηση Επικίνδυνων Ουσιών



Διατριβή που υπεβλήθη για την μερική ικανοποίηση των απαιτήσεων για την απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης

από τον

Κουφιδάκη Εμμανουήλ

Μάρτιος 2009

Η διατριβή του Κουφιδάκη Εμμανουήλ εγκρίνεται από τους κ.κ.

Επιστημονικός Υπεύθυνος Εργασίας

Κοντογιάννης Θωμάς - Αναπληρωτής Καθηγητής

Μέλη Επιτροπής

Μουστάκης Βασίλειος - Αναπληρωτής Καθηγητής

Γρηγορούδης Ευάγγελος - Επίκουρος Καθηγητής

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας και στην ουσία του μεταπτυχιακού μου στο τμήμα των Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης θα ήθελα να μνημονεύσω κάποια άτομα που έπαιξαν βασικό ρόλο στην επιτυχή περαίωση της όλης διαδικασίας.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Κοντογιάννη Θωμά για την κατανόηση, τις γνώσεις και τη βοήθεια που μου προσέφερε. Η συνεργασία μας ήταν άψογη και κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της διατριβής αλλά και στα πλαίσια του μαθήματος "Συστήματα Αλληλεπίδρασης Ανθρώπου Μηχανής".

Παράλληλα, να ευχαριστήσω τον καθηγητή κύριο Παπαδάκη Γεώργιο ο οποίος με τις γνώσεις του με βοήθησε σημαντικά όποτε το είχα ανάγκη κατά τη διάρκεια της διπλωματικής μου εργασίας.

Ευχαριστώ επίσης τα μέλη της εξεταστικής μου επιτροπής, τους καθηγητές κυρίους Μουστάκη Βασίλειο και Γρηγορούδη Ευάγγελο, οι οποίοι διάβασαν και αξιολόγησαν την δουλειά μου.

Επίσης, μιας και τον πρώτο χρόνο της φοίτησης μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα έτυχε να είμαι και φαντάρος, πρέπει να ευχαριστήσω τους προϊσταμένους μου στη 115 Πτέρυγα Μάχης για τις άδειες και τα ρεπό που μου έδιναν προκειμένου να παρακολουθώ τις διαλέξεις και να διαβάζω. Μην ξεχάσω όμως και τους υπόλοιπους σμηνίτες στο γραφείο που με κάλυπταν όποτε είχα τέτοιες υποχρεώσεις.

Για το τέλος (και ας μου επιτραπεί το πιο πεζό ύφος) άφησα όλους μου τους φίλους παλιούς και νέους οι οποίοι έκαναν αυτόν τον ενάμισι χρόνο πολύ πιο χαρούμενο, διασκεδαστικό και με στήριξαν όποτε είχα ανάγκη. Ειδική μνεία στις παλιοσειρές και ακόμα περισσότερο ότι έχει απομείνει στα Χανιά από αυτές γιατί πολύ απλά "Some myths live forever" – 8 και συνεχίζουμε.

Όσον αφορά την οικογένεια μου και το γατί μου, τις ευχαριστείς θα τους τις πω όταν γυρίσω σπίτι αν και τα λόγια είναι μάλλον περιττά.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ 1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 3

ΕΙΣΑΓΩΓΗ 3

1.1 Σκοπός και αναγκαιότητα της έρευνας 4

1.2 Προτεινόμενη μεθοδολογική προσέγγιση 6

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 8

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ 8

2.1 Συστήματα Διαχείρισης Ασφάλειας 8

2.1.1 Ορισμοί και χαρακτηριστικά ενός Συστήματος Διαχείρισης Ασφάλειας 9

2.1.2 Ανάπτυξη Συστημάτων Διαχείρισης Ασφάλειας 11

2.2 Οργανωτικοί και Διαχειριστικοί Παράγοντες 15

2.3 Μεθοδολογίες Μοντελοποίησης 18

2.3.1 Μεθοδολογία Structured Analysis and Design Technique – SADT 18

2.3.2 Μεθοδολογία Integration Definition for Function Modeling – IDEF0 21

2.3.1 Ανάλυση Δέντρων Αστοχιών – Fault Trees Analysis 23

2.3.4 Δίκτυα Πέτρι 25

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 31

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ 31

3.1 Δομή Συστήματος Διαχείρισης Ασφάλειας 31

3.1.1 Οργανωτικοί και Διαχειριστικοί Παράγοντες 32

3.1.2 Προτεινόμενο Μοντέλο 36

3.2 Ανάλυση Κόμβων και Οργανωτικών Παραγόντων 41

3.2.1 Κόμβοι Πρώτου Επιπέδου 41

3.2.2 Κόμβοι Δευτέρου Επιπέδου 47

3.3 Ανάλυση Βρόχων του Συστήματος 54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 58

ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΣΔΑ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΠΕΤΡΙ 58

4.1 Πλεονεκτήματα υλοποίησης σε Δίκτυα Πέτρι 58

4.2 Προδιαγραφές του Συστήματος 60

4.3 Περιγραφή Λειτουργικότητας 61

4.3.1 Κόμβοι Πρώτου Επιπέδου 66
4.3.2 Κόμβοι Δευτέρου Επιπέδου 69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 73
ΣΕΝΑΡΙΟ: ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ ΑΕΡΟΣΚΑΦΟΥΣ ΜΕ ΚΑΥΣΙΜΟ 73
5.1 Ορισμοί 74
5.2 Κίνδυνοι κατά την Εξυπηρέτηση 77
5.3 Παράμετροι της Εξυπηρέτησης 79
5.3.1 Χώρος Εκτέλεσης 80
5.3.2 Εξοπλισμός Υποστήριξης 80
5.3.3 Προσωπικό Υποστήριξης 83
5.4 Περιγραφή της Διαδικασίας Εξυπηρέτησης 85
5.5 Κρίσιμα Σημεία στην Εξυπηρέτηση - Ατυχήματα 89
5.6 Εφαρμογή του Μοντέλου στο Σενάριο 92
5.6.1 Αντιστοιχία των Παραγόντων και Στοιχείων Μοντέλου – Σεναρίου 92
5.6.2 Ατύχημα: Διαρροή Καυσίμου Κατά την Εξυπηρέτηση 95
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 106
ΕΠΙΛΟΓΟΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 106
6.1 Σενάρια εφαρμογής του μοντέλου – δικτύου Πέτρι 106
6.2 Συμπεράσματα 112
6.3 Μελλοντική Εργασία 115
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 117
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 120

Περίληψη

Οι βιομηχανίες και οργανισμοί που παράγουν και διαχειρίζονται μεγάλες ποσότητες επικίνδυνων ουσιών έχουν αναπτύξει Συστήματα Διαχείρισης Ασφάλειας στα πλαίσια των νομοθετικών υποχρεώσεων τους και στα πλαίσια πιστοποίησης των διεργασιών και προϊόντων τους, σύμφωνα με την ΚΥΑ 5697/590 ΦΕΚ 405/ /29.03.2000 (ΣΕΒΕΖΟ ΙΙ), περί ελέγχου των κινδύνων από μεγάλα ατυχήματα που συμμετέχουν επικίνδυνες ουσίες. Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι η ανάπτυξη μιας πρότυπης δομής διαχείρισης των οργανωτικών παραγόντων για τον έλεγχο των κινδύνων αστοχίας και την αποφυγή πρόκλησης μειζόνων ατυχημάτων, καθώς και η εφαρμογή της πάνω σε πραγματικό σενάριο ανεφοδιασμού αεροσκάφους με καύσιμο.

Αρχικά, γίνεται μια σύντομη περιγραφή των μεθοδολογιών που έχουν χρησιμοποιηθεί για τη μοντελοποίηση επικίνδυνων εργασιών. Κατόπιν θα γίνει μία σύντομη περιγραφή των Συστημάτων Διαχείρισης Ασφάλειας (ΣΔΑ) και των οργανωτικών και διαχειριστικών παραγόντων οι οποίοι αποτελούν βασικά συστατικά του πρότυπου μοντέλου ΣΔΑ, το οποίο αναπτύχθηκε από τους Machaira & Papadakis [1]. Το προτεινόμενο σύστημα θα αναπτυχθεί περαιτέρω, εισάγοντας πολυδιάστατη ανάλυση της βασικής δομής του συστήματος και αναδιατάσσοντας τους οργανωτικούς και διαχειριστικούς παράγοντες έτσι ώστε να επιτευχθεί μία βέλτιστη αναλογία ως προς τη λειτουργική και ρεαλιστική περιγραφή του συστήματος και την ποσότητα και ποιότητα των απαιτούμενων παραγόντων. Κάθε οργανωτικός και διαχειριστικός παράγοντας αντιμετωπίζεται στην ουσία, σαν μια ροή εργασίας που χαρακτηρίζεται από τις απαιτήσεις που θέτει το περιβάλλον εργασίας με κριτήρια ποιότητας και προθεσμίες παράδοσης στο άτομο εκείνο που είναι υπεύθυνο για τη διεκπεραίωση της δράσης.

Η αρχική μοντελοποίηση του ΣΔΑ βασίζεται στην μέθοδο IDEF0, η οποία εξετάζει τη σύνταξη, τις λειτουργίες, τους συντακτικούς κανόνες και των τρόπο αναπαράστασης των οργανωτικών παραγόντων. Σε δεύτερο στάδιο, η μοντελοποίηση γίνεται με δίκτυα Πέτρι έτσι ώστε να επιτύχουμε ταυτόχρονα και την προσομοίωση του μοντέλου ΣΔΑ, αλλά και να εξάγουμε ποσοτικά συμπεράσματα. Βασιζόμενοι στον ορισμό του οργανωτικού παράγοντα αναπτύσσουμε μία ευέλικτη αλλά και

αποτελεσματική υλοποίηση του συστήματος με σκοπό να είναι άμεσα εφαρμόσιμο σε διάφορα εργασιακά περιβάλλοντα.

Για την αξιολόγηση και πιστοποίηση της προσφερόμενης λειτουργικότητας εφαρμόζουμε το μοντέλο πάνω σε ένα πραγματικό σενάριο, το οποίο και είναι ο ανεφοδιασμός πολεμικού αεροσκάφους με καύσιμο. Εξετάζονται αναλυτικά οι πιθανές αιτίες πρόκλησης ενός μείζονος ή ελάσσονος σημασίας ατυχήματος καθώς και οι μηχανισμοί αντιμετώπισης του.

Οργάνωση Εργασίας

Η εργασία αποτελείται από τα παρακάτω κεφάλαια.

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή. Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μία εισαγωγή πάνω σε θέματα ασφάλειας εργασίας και επεξηγείται η αναγκαιότητα της έρευνας.

Κεφάλαιο 2 – Βιβλιογραφική και Μεθοδολογική Ανασκόπηση. Σε αυτό το σημείο δίνεται μία αναλυτική περιγραφή ενός ΣΔΑ και αναλύονται οι βασικές δομές του. Επίσης, περιγράφονται οι κυριότερες τεχνικές μοντελοποίησης ροής εργασίας και ανάλυσης ατυχημάτων.

Κεφάλαιο 3 – Προτεινόμενο Σύστημα Διαχείρισης Ασφάλειας. Αναλύουμε το προτεινόμενο ΣΔΑ τονίζοντας τη φιλοσοφία, τη λειτουργικότητα καθώς και τις καινοτομίες που εισάγει.

Κεφάλαιο 4 – Υλοποίηση του ΣΔΑ σε Δίκτυα Πέτρι. Περιγράφεται η μοντελοποίηση του ΣΔΑ με τη χρήση των δικτύων Πέτρι.

Κεφάλαιο 5 – Σενάριο: Ανεφοδιασμός Αεροσκάφους με Καύσιμο. Με την εφαρμογή του προτεινόμενου συστήματος πάνω σε ένα πραγματικό σενάριο, επιτυγχάνουμε την παρουσίαση αλλά και πιστοποίηση της λειτουργικότητας του.

Κεφάλαιο 6 – Συμπεράσματα. Εν τέλει, συνοψίζουμε με τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα έρευνα καθώς και προτάσεις για μελλοντική βελτίωση του προτεινόμενου συστήματος.

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Το ζήτημα της ασφάλειας στον χώρο της εργασίας αποτελεί τα τελευταία χρόνια ένα σημαντικό και ευρύτατα εξελισσόμενο θέμα σε όλες τις ανεπτυγμένες χώρες του κόσμου. Μεγάλη σημασία δίνεται στην εξασφάλιση ενός υγιούς και ασφαλούς περιβάλλοντος με σκοπό την αποφυγή καταστροφικών ατυχημάτων αλλά και την αποδοτικότερη αφοσίωση του εργαζόμενου στο αντικείμενο του.

Από τις απάνθρωπες συνθήκες εργασίας της βιομηχανικής επανάστασης ($18^{ος}$ – $19^{ος}$ αιώνας) και των ανθρακωρυχείων του Κάρντιφ (αρχές $20^{ου}$ αιώνα) τεράστια βήματα έχουν γίνει προς την κατεύθυνση ενός ποιοτικότερου εργασιακού περιβάλλοντος. Παρόλα αυτά, στη σύγχρονη και όχι τόσο μακρινή ιστορία, ολόκληρα ονόματα πόλεων έγιναν συνώνυμα με τεράστιες οικολογικές καταστροφές αλλά και απώλειες σε ανθρώπινες ζωές εξαιτίας εργατικών ατυχημάτων. Από το Σεβέζο(1976) έως το Τσερνόμπιλ(1986) η ιστορία διδάσκει ότι οι συνέπειες μίας αβλεψίας σε ένα επικίνδυνο εργασιακό περιβάλλον μπορεί να είναι ισοπεδωτικές. Παρόμοια ατυχήματα έχουν συμβεί και στην Ελλάδα, όπως η πυρκαγιά στην Jet Oil το 1987 στη Θεσσαλονίκη ή το ατύχημα στην ΠΕΤΡΟΛΑ το 1992.

Μελετώντας την παραπάνω οικογένεια γεγονότων μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με τις πηγές κινδύνου, τον τρόπο εξέλιξης του ατυχήματος, την αποτελεσματικότητα των συστημάτων ασφαλείας καθώς και τις επιπτώσεις στο κοινωνικό σύνολο. Από την εμπειρία και την έρευνα πάνω στον συγκεκριμένο τομέα έχουν προκύψει διάφορα μοντέλα ατυχημάτων τα οποία αποσκοπούν κυρίως στην πρόβλεψη μελλοντικών αστοχιών σε κάποιο οργανισμό ή επιχείρηση.

Παλαιότερες έρευνες όπως αυτές των Paté-Cornell & Murhpy [2] και Κοντογιάννης [3], ανέδειξαν τα ανθρώπινα σφάλματα ως τις βασικότερες γενεσιουργές αιτίες πρόκλησης ατυχημάτων, χαρακτηρίζοντας τα ως το συνδετικό κρίκο ανάμεσα σε ένα

γενικότερα ανασφαλές περιβάλλον εργασίας και την εκδήλωση ενός ατυχήματος. Πρόσφατα, το ενδιαφέρον διερεύνησης και ταυτοποίησης των αιτιών των βιομηχανικών ατυχημάτων στράφηκε από τους ερευνητές σε δύο έννοιες που δεν είναι άλλες, από τους οργανωτικούς και διαχειριστικούς παράγοντες (organizational and management factors). Οι παράγοντες αυτοί καθοδηγούν και χαρακτηρίζουν τις δραστηριότητες των εργαζομένων, με αποτέλεσμα να επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την λειτουργία ενός οργανισμού.

Η ανάγκη για την εξασφάλιση ενός νομικού πλαισίου το οποίο θα έλεγχε τους κινδύνους που προκύπτουν από την εκδήλωση ατυχημάτων στα οποία συμμετέχουν επικίνδυνες ουσίες, οδήγησε την Ευρωπαϊκή Ένωση στην σύνταξη της οδηγίας 82/501/EC – SEVESO το 1982. Αν και η εφαρμογή της αποδείχτηκε σε γενικές γραμμές επιτυχής, την δεκαετία από το 1982 έως το 1992, μια πλειάδα μειζόνων ατυχημάτων έφερε στην επιφάνεια ορισμένα κενά και παραλείψεις της. Αυτά έγινε προσπάθεια να καλυφθούν από την οδηγία 96/82/EC – SEVESO II, η οποία εκδόθηκε το 1996 περιλαμβάνοντας ότι και η προηγούμενη, εμπλουτισμένη όμως με κάποια επιπρόσθετα εδάφια τα οποία διόρθωναν τις υπάρχουσες αδυναμίες. Σύμφωνα με την εν λόγω οδηγία, οι εγκαταστάσεις οι οποίες διαχειρίζονται επικίνδυνα υλικά και γενικότερα αυτές που περικλείουν κινδύνους σχετικούς με την εκδήλωση ατυχημάτων μεγάλης έκτασης, οφείλουν να εφαρμόζουν συγκεκριμένη πολιτική πρόληψης των κινδύνων αυτών. Η πολιτική αυτή εκφράζεται μέσω ενός στιβαρού Συστήματος Διαχείρισης Ασφάλειας.

1.1 Σκοπός και αναγκαιότητα της έρευνας

Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι η ανάπτυξη μιας πρότυπης δομής διαχείρισης των οργανωτικών παραγόντων για τον έλεγχο των κινδύνων αστοχίας και την αποφυγή πρόκλησης μειζόνων ατυχημάτων, καθώς και η εφαρμογή της πάνω σε πραγματικό σενάριο ανεφοδιασμού αεροσκάφους με καύσιμο.

Βασιζόμενοι στο μοντέλο που προτάθηκε από τους Machaira & Papadakis [1], προχωρούμε σε περαιτέρω επεξεργασία προτείνοντας μια δυσδιάστατη εκδοχή του, και υλοποιώντας τη με δίκτυα Πέτρι. Το μοντέλο των Machaira & Papadakis ακολουθεί μία μονοεπίπεδη λογική, όπου όλες οι ενέργειες σχεδιασμού, λειτουργιών και ελέγχου μιας επιχείρησης μελετώνται στο ανώτερο επίπεδο, χωρίς να υπεισέρχεται ο χρήστης σε κάθε μια λειτουργία ξεχωριστά. Με τον όρο ενέργειες, περιγράφουμε

στην ουσία ροές εργασίας, δηλαδή τους οργανωτικούς παράγοντες. Γεννάται λοιπόν η ανάγκη, να προχωρήσουμε με περισσότερη λεπτομέρεια μέσα στη λειτουργικότητα του κάθε επιπέδου και να λάβουμε υπόψη τοπικές συνθήκες και τοπικούς παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την εύρυθμη λειτουργία ενός οργανισμού και των οποίων τυχών αστοχία μπορεί να είναι αιτία για την πρόκληση ατυχήματος. Επιπρόσθετα, γίνεται προσπάθεια "εξορθολογισμού" της χρήσης των οργανωτικών και λειτουργικών παραγόντων όπως αυτοί προτείνονται από τους Jacobs & Haber [4] και Tuli & Apostolakis [5] και χρησιμοποιούνται σε πληθώρα ερευνών.

Παλαιότερες έρευνες πάνω στη διαχείριση της βιομηχανικής επικινδυνότητας όπως αυτές των Pate-Cornell & Murphy [2], Jacobs & Haber [4], Papazoglou & Aneziris [6], Moray & Huey [7] και άλλες, έχουν αποδείξει ότι οι οργανωτικοί και διαχειριστικοί παράγοντες συνδέονται άμεσα με το ΣΔΑ και κατά συνέπεια παίζουν σημαντικό ρόλο στην ασφάλεια ενός οργανισμού. Οι σχετικές έρευνες επικεντρώνονται κυρίως σε δύο τομείς. Αρχικά, στο κατά πόσο οι προαναφερόμενοι παράγοντες επιδρούν στην απόδοση της ασφάλειας εγκαταστάσεων οι οποίες διαχειρίζονται υλικά υψηλού κινδύνου (πυρηνικά ή χημικά) και κατά δεύτερον στην ανάλυση τυχών ατυχημάτων με σκοπό να ταυτοποιηθούν οι γενεσιουργές τους αιτίες.

Μία βασική υπόθεση των μοντέλων ανάλυσης ατυχημάτων, είναι ότι στα περισσότερα ατυχήματα υπάρχουν κάποια κοινά αίτια και εναρκτήρια γεγονότα. Κρίνεται απαραίτητη η συσχέτιση των αιτίων αυτών, με τα δομικά στοιχεία του ΣΔΑ καθώς και τους οργανωτικούς και διαχειριστικούς παράγοντες που επιδρούν σε αυτά. Σαν αποτέλεσμα εξάγουμε τους κρίσιμους εκείνους παράγοντες και βρόγχους πάνω στο ΣΔΑ, των οποίων η λειτουργία είναι απαραίτητη για τη ομαλή λειτουργία της εκάστοτε εγκατάστασης.

Εν συνεχεία, με την προσομοίωση του συστήματος με δίκτυα Πέτρι, αποκτούμε ένα λειτουργικό και περιγραφικό εργαλείο το οποίο βοηθάει στην περαιτέρω μελέτη της διαχειριστικής δομής των παραγόντων. Χρησιμοποιώντας το γραφικό-προγραμματιστικό περιβάλλον των δικτύων Πέτρι, επιτυγχάνουμε την εύκολη προσαρμογή των δεδομένων του κάθε οργανισμού πάνω στο προτεινόμενο σύστημα. Καθίσταται κατ' αυτόν τον τρόπο δυνατή η ευέλικτη εφαρμογή του σε πλειάδα σεναρίων με σκοπό την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων. Εν συντομία, αυτά αφορούν την αντίδραση του συστήματος σε πιθανή αστοχία κάποιου παράγοντα, τους βρόχους που ενεργοποιούνται σε κάθε τέτοιο γεγονός, τις διαδικασίες που εφαρμόζονται για την αποκατάσταση του προβλήματος καθώς και τις επιπτώσεις που

μπορεί να έχει ένα ατυχές συμβάν στον οργανισμό που μελετάμε. Στο Κεφάλαιο 4 θα αναφερθούμε πιο αναλυτικά σε αυτά τα συμπεράσματα.

1.2 Προτεινόμενη μεθοδολογική προσέγγιση

Για την αρχική μοντελοποίηση του προτεινόμενου συστήματος, χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία μοντελοποίησης Integrated Definition for Function Modeling – IDEF0. Η IDEF0 βασίζεται στο γενικότερο πλαίσιο της τεχνικής Structured Analysis and Design Technique – SADT, η οποία παρέχει ένα συστηματικό τρόπο περιγραφής και αναπαράστασης των ΣΔΑ. Στην έρευνα των Hale et al. [8] προτείνεται ένα μεθοδολογικό πλαίσιο για τον σχεδιασμό ενός νέου ΣΔΑ αλλά και για την αξιολόγηση ήδη υπαρχόντων, με χρήση της SADT. Προχωρώντας βαθύτερα, οι Guldenmund et al. [9] περιέγραψαν τους τομείς Παραγωγής, Σχεδιασμού Εκτάκτου Ανάγκης και Συντήρησης μιας επιχείρησης με χρήση της ίδιας μεθοδολογίας.

Στην παρούσα έρευνα, αναπτύσσουμε ένα μοντέλο ροής ενεργειών το οποίο συνδυάζει τα δομικά στοιχεία ενός οργανισμού με τους παράγοντες που τα επηρεάζουν, τονίζοντας τις υπάρχουσες αλληλεπιδράσεις. Παράλληλα, υπεισερχόμαστε με περισσότερη λεπτομέρεια στο πεδίο των Λειτουργιών, το οποίο αναλύεται ξεχωριστά σε ένα δεύτερο επίπεδο με χρήση όμως της ίδιας μεθοδολογίας. Η απεικόνιση αυτή μας βοηθάει στο να εξάγουμε συμπεράσματα σχετικά με την σημαντικότητα και κρισιμότητα των παραγόντων καθώς και με το πως τυχών αστοχία τους μπορεί να επηρεάσει το σύστημα. Επίσης, καθίσταται δυνατή η αναγνώριση των βρόχων ροής ενεργειών (work-flow loops) μεταξύ των δομικών στοιχείων του ΣΔΑ και η αναγνώριση των αλληλουχιών σωστής και μη-σωστής λειτουργίας.

Εφαρμόζοντας το μοντέλο στο πραγματικό σενάριο ανεφοδιασμού αεροσκάφους με καύσιμο, επιβεβαιώνουμε τη λειτουργικότητα του. Για τη μελέτη των πιθανών ατυχημάτων χρησιμοποιείται η μεθοδολογία των γενικευμένων δέντρων αστοχιών. Πιο συγκεκριμένα, συνδέουμε την εμφάνιση κάποιου κορυφαίου γεγονότος-ατυχήματος, με όλα τα πιθανά βασικά γεγονότα τα οποία μπορεί να οδήγησαν σε αυτή τη δυσλειτουργία. Μετά την εξακρίβωση των γενεσιουργών αυτών αιτιών προχωρούμε στον προσδιορισμό των παραγόντων που πιθανώς αστόχησαν πριν φτάσουμε στο εκάστοτε γεγονός. Εν τέλει, έχουμε ένα κρίσιμο σετ παραγόντων οι οποίοι εάν αστοχήσουν, μπορούν να προκαλέσουν μείζον ατύχημα στον οργανισμό που μελετάται κάθε φορά.

Όσον αφορά την προσομοίωση του συστήματος με δίκτυα Πέτρι, χρησιμοποιήσαμε το εργαλείο CPN-Tools το οποίο προσφέρει ένα ολοκληρωμένο γραφικό και προγραμματιστικό περιβάλλον προσομοίωσης. Με χρήση της γλώσσας προγραμματισμού CPN-ML η οποία αποτελεί παραλλαγή της Standard-ML δίνεται στο σύστημα ή απαραίτητη λειτουργικότητα που προέκυψε μέσα από τη θεωρητική ανάλυση, καθώς και η ευελιξία που απαιτείται για να είναι το σύστημα εφαρμόσιμο σε ποικιλία σεναρίων κα οργανισμών.

Κεφάλαιο 2

Βιβλιογραφική και Μεθοδολογική Ανασκόπηση

Στο κεφάλαιο αυτό προχωρούμε αρχικά σε μια σύντομη αναδρομή πάνω στη βιβλιογραφία και τις κατά καιρούς έρευνες που έχουν γίνει πάνω στον τομέα των Συστημάτων Διαχείρισης Ασφάλειας. Τονίζουμε τη γενική δομή ενός ΣΔΑ καθώς και τις βασικές αρχές που πρέπει να το διέπουν. Κατά δεύτερο λόγο, ερευνούμε την επίδραση των οργανωτικών και διαχειριστικών παραγόντων πάνω στην ασφάλεια ενός οργανισμού, όπως αυτή περιγράφεται σε παλαιότερες έρευνες. Ταυτόχρονα, δίνουμε μία σύντομη περιγραφή των μεθόδων που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη και αξιολόγηση του προτεινόμενου συστήματος. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφουμε τις τεχνικές SADT, IDEF0, Ανάλυσης Δέντρων Αστοχιών(Fault Trees) και εν τέλει κάνουμε μία σύντομη εισαγωγή στα δίκτυα Πέτρι.

2.1 Συστήματα Διαχείρισης Ασφάλειας

Στη διεθνή βιβλιογραφία, όταν γίνεται λόγος για συστήματα διαχείρισης ασφάλειας περικλείονται όλες εκείνες οι έννοιες και ενέργειες που αφορούν τον σχεδιασμό, την οργάνωση των εργασιών, την εφαρμογή την αξιολόγηση και τη λήψη διορθωτικών αποφάσεων σχετικά με την ασφάλεια ενός οργανισμού.

Σύμφωνα με τους Hale & Baram [10], η εφαρμογή κάποιων πρώιμων συστημάτων διαχείρισης ασφάλειας ξεκίνησε στα μέσα του 20^{ου} αιώνα δίνοντας έμφαση στην βελτίωση και εκσυγχρονισμό του εξοπλισμού. Την δεκαετία του 1970, το ενδιαφέρον μετατοπίστηκε στην πρόληψη του ανθρώπινου σφάλματος και στο πως αυτό επηρεάζει την ασφάλεια ενός οργανισμού. Όπως αποδείχτηκε, τέτοιου είδους

σφάλματα αποτελούν μέρος της ανθρώπινης φύσης και δεν μπορούν να εξαλειφθούν εντελώς. Εν αντιθέσει, πρέπει να γίνει σωστή πρόβλεψη έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα εμφάνισής τους. Από το 1980 προσοχή δόθηκε στη διοίκηση του εκάστοτε οργανισμού καθώς θεωρήθηκε ότι η πολιτική ασφάλειας θα έπρεπε να είναι αρμοδιότητα των ανωτέρων κλιμακίων. Μόνο την τελευταία δεκαετία του προηγούμενου αιώνα δόθηκε συστηματική προσοχή στα Συστήματα Διαχείρισης Ασφάλειας εξετάζοντάς τα σαν ένα ενιαίο σύνολο παραγόντων οι οποίοι αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

Σημαντικό ρόλο στην στροφή της προσοχής προς την κατεύθυνση της εξασφάλισης υγιούς κι ασφαλέστερης εργασίας έπαιξαν οι σημαντικές κοινωνικές ανακατατάξεις οι οποίες συνέβησαν μετά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο. Οι άνοδος τους σοσιαλισμού, σε συνδυασμό με τις όλο και μικρότερες ανοχές της κοινωνίας στα εργατικά ατυχήματα περιλαμβάνονται σε αυτές τις αλλαγές. Γενικά έγινε προσπάθεια να ζυμωθεί αυτό που αναφέρεται ως παιδεία ασφαλείας (safety culture) στη συνείδηση του κάθε εργαζόμενου, από τον πιο χαμηλόβαθμο έως και τον πιο υψηλόβαθμο. Η έννοια της παιδείας ασφαλείας διασφαλίζει ότι τα θέματα ασφαλείας τυγχάνουν της δέουσας προσοχής από τους εργαζόμενους και προωθήθηκε δυναμικά από το International Nuclear Safety Advisory Group του Διεθνούς Οργανισμού Ατομικής Ενέργειας (International Atomic Energy Agency - IAEA), μετά το ατύχημα στο Τσερνόμπιλ (Van Steen, [11]).

Τα οφέλη που προσδίδει ένα ασφαλές εργασιακό περιβάλλον σε έναν οργανισμό ποικίλλουν. Η μείωση των ζημιών και των τραυματισμών, η μείωση του κόστους παραγωγής και η αύξηση της κερδοφορίας όπως και η βελτίωση της δημόσιας εικόνας του οργανισμού συγκαταλέγονται σε αυτά τα πλεονεκτήματα.

2.1.1 Ορισμοί και χαρακτηριστικά ενός Συστήματος Διαχείρισης Ασφάλειας

Σε έρευνες οι οποίες έχουν γίνει κατά καιρούς έχει δοθεί ποικιλία ορισμών σχετικά με το τι αντιπροσωπεύει ένα Σύστημα Διαχείρισης Ασφάλειας. Σύμφωνα με τον Ming (1994) [12], ένα ΣΔΑ ορίζεται σαν τις πολιτικές, τους στόχους, την οργάνωση, τους ελέγχους διαχείρισης και τους πόρους για τη διαχείριση των θεμάτων που σχετίζονται με την ασφάλεια, την υγιεινή και το περιβάλλον. Η Κοινοτική Οδηγία SEVESO II **(**EC 96/82 Directive SEVESO II) ορίζει ένα ΣΔΑ σαν τμήμα του γενικού διαχειριστικού συστήματος το οποίο περιλαμβάνει την οργανωτική δομή, τις αρμοδιότητες, τις

πρακτικές, τις διαδικασίες, τις διεργασίες και τους πόρους για τον καθορισμό και την εφαρμογή της πολιτικής πρόληψης ατυχημάτων μεγάλης έκτασης. Παράλληλα, το 1998 οι Mitchison & Porter [13] διατείνονται ότι η ασφαλή λειτουργία ενός οργανισμού απαιτεί την εφαρμογή ενός συστήματος δομών, αρμοδιοτήτων και διαδικασιών, με τους κατάλληλους πόρους και τις διαθέσιμες τεχνολογικές λύσεις, περιγράφοντας κατ' αυτόν τον τρόπο ένα ΣΔΑ.

Εναλλακτικά, οι Whittingham & Holloywell [14] θεωρούν ότι ένα ΣΔΑ αποτελεί μία προσαρμοσμένη στις απαιτήσεις ασφάλειας έκδοση των υπαρχόντων διαχειριστικών συστημάτων. Σαν διαχειριστικό σύστημα ορίζεται από το Βρετανικό Ινστιτούτο Τυποποίησης (BS 8800 1996) [15] η σύνθεση, σε οποιοδήποτε επίπεδο πολυπλοκότητας, του προσωπικού, των πόρων, των πολιτικών και των διαδικασιών, τα στοιχεία των οποίων αλληλεπιδρούν με έναν οργανωμένο τρόπο για τη διασφάλιση της εκτέλεσης ενός έργου ή την επίτευξη ή διατήρηση ενός συγκεκριμένου αποτελέσματος. Συσχετίζοντας ακόμα περισσότερο τα υπάρχοντα συστήματα διαχείρισης με τα ΣΔΑ, ο Kandola [16] θεωρεί ότι ένα διαχειριστικό σύστημα πρέπει να επιτρέπει τη διεξαγωγή της εκτίμησης κινδύνου με σκοπό το σχεδιασμό και την εφαρμογή μέτρων μείωσης των κινδύνων και την παροχή κατάλληλων μηχανισμών ανάδρασης για περαιτέρω βελτίωση.

Η επιτυχής ανάπτυξη ενός διαχειριστικού συστήματος προϋποθέτει την ύπαρξη των παρακάτω παραγόντων (IChemE [17]).

- Ηγεσία
- Δέσμευση
- Πολιτική του οργανισμού
- Οργάνωση
- Σχεδιασμός
- Εγκατάσταση και λειτουργία
- Παρακολούθηση
- Έλεγχος
- Ανασκόπηση από τη διοίκηση με σκοπό τη συνεχή βελτίωση του συστήματος

Οι γενικές γραμμές και κατευθύνσεις κάθε συστήματος διαχείρισης καθορίζονται από την πολιτική του οργανισμού για τον οποίο προορίζεται. Την πολιτική αυτή καλείται να εφαρμόσει η ηγεσία αφού έχει πρώτα κατανοήσει πλήρως τις υποχρεώσεις της, οι οποίες προκύπτουν από τις δεσμεύσεις στη νομοθεσία και το αίσθημα ευθύνης που διακατέχει την ανώτατη διοίκηση. Απαιτείται ενδελεχής σχεδιασμός και οργάνωση

του διαχειριστικού συστήματος έτσι ώστε να καλύπτει όλα τα πιθανά σενάρια τα οποία θα κληθεί να αντιμετωπίσει. Επίσης, μέσω της συνεχούς παρακολούθησης και ελέγχου είναι δυνατή η ανάδειξη των πιθανών ελλείψεων ή αστοχιών του συστήματος και η επακόλουθη διόρθωσή τους.

Με βάση τα παραπάνω, συμπεραίνεται ότι δεν χρειάζεται ένας οργανισμός να αναπτύξει ένα ξεχωριστό σύστημα για τη διαχείριση της ασφάλειάς του, αλλά αρκεί να προσαρμόσει το ήδη υπάρχων σύστημα διαχείρισης. Η προσαρμογή αυτή οφείλει να γίνει έτσι ώστε το σύστημα διαχείρισης να προλαμβάνει πιθανές αστοχίες στην ομαλή λειτουργία του οργανισμού και να λαμβάνει τα κατάλληλα μέτρα αντιμετώπισης εάν και εφόσον αυτές συμβούν.

2.1.2 Ανάπτυξη Συστημάτων Διαχείρισης Ασφάλειας

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες έχουν γίνει σημαντικές προσπάθειες στον τομέα της ανάπτυξης λειτουργικών και αξιόπιστων συστημάτων διαχείρισης ασφάλειας. Οι προτεινόμενες λύσεις ποικίλουν όσον αφορά την πολυπλοκότητα αλλά και τις εφαρμογές τους.

Στις αρχές της δεκαετίας τους 1990, οι Bentley & Sockley [18] πρότειναν ένα ΣΔΑ τριών σταδίων. Στο πρώτο στάδιο γίνεται η ανάλυση διαχείρισης κινδύνων που σχετίζονται με τις λειτουργίες του οργανισμού. Μέσω της ανάλυσης αυτής αναγνωρίζονται όλες οι κρίσιμες από πλευράς ασφάλειας δραστηριότητες. Στο δεύτερο επίπεδο, για κάθε μία από τις κρίσιμες αυτές δραστηριότητες προετοιμάζεται ένα σύνολο εγγράφων το οποίο περιγράφει τον τρόπο διαχείρισης της ασφάλειας στον οργανισμό. Αυτό το σύνολο εγγράφων ονομάζεται “Κατάλογος του ΣΔΑ”. Τέλος, σε ένα έγγραφο το οποίο ονομάζεται “Εγχειρίδιο του ΣΔΑ” περιγράφονται οι στόχοι του οργανισμού σχετικά με την ασφάλεια και τα μέσα που παρέχονται για την υλοποίησή τους.

Μερικά χρόνια αργότερα, ο οργανισμός Centre for Chemical Process Safety [19] πρότεινε μια γενική δομή σύμφωνα με την οποία ένα ΣΔΑ πρέπει να αποτελείται από τις λειτουργίες του σχεδιασμού, της οργάνωσης, της εγκατάστασης και του ελέγχου. Αρχικά, ο σχεδιασμός πρέπει να περιλαμβάνει την υιοθέτηση μιας συγκεκριμένης πολιτικής βασισμένης πάνω στους στόχους και σκοπούς της επιχείρησης. Η οργάνωση περιλαμβάνει τον καθορισμό της γενικής δομής του συστήματος καθώς και των επιμέρους ρόλων, αρμοδιοτήτων και ευθυνών για την επίτευξη του αντικειμενικού

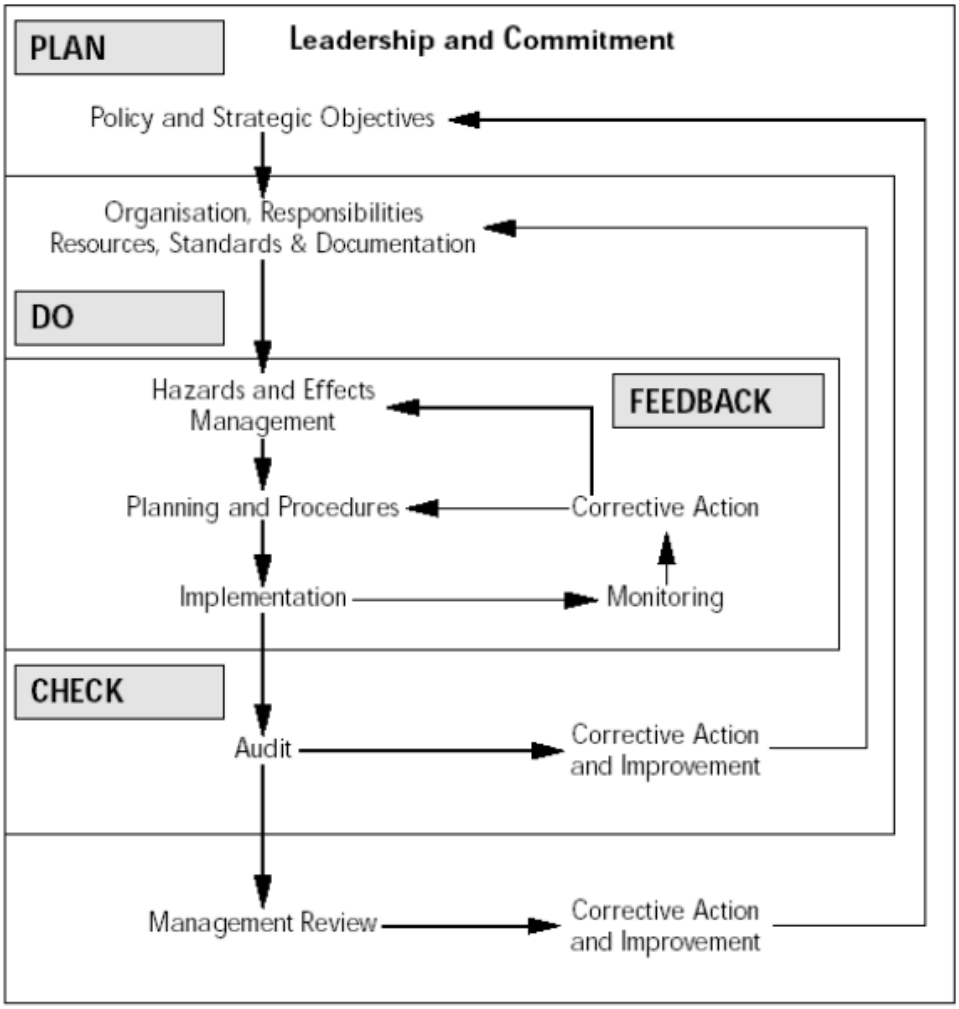
σκοπού. Η εγκατάσταση παρέχει τους απαραίτητους μηχανισμούς για την υλοποίησης της πολιτικής, ενώ ο έλεγχος αφορά την παρακολούθηση, αξιολόγηση και επιδιόρθωση τυχών αβλεψιών του συστήματος.

Σε μια παρόμοια κίνηση, ο οργανισμός European Process Safety Center [20] πρότεινε κάποιες κατευθυντήριες οδηγίες σχετικά με την ανάπτυξη ενός ΣΔΑ. Σύμφωνα με τις οδηγίες αυτές, κύρια στοιχεία ενός ΣΔΑ είναι η πολιτική ενός οργανισμού, η οργάνωσή του, οι διαδικασίες και οι πρακτικές της διοίκησης καθώς και η παρακολούθηση, αξιολόγηση και επανεξέταση του συστήματος.

Ταυτόχρονα, ο διεθνής οργανισμός E&P Forum [21] έχει αναπτύξει ένα πρότυπο ΣΔΑ το οποίο έχει υιοθετήσει αρκετές από τις προηγούμενες προτάσεις, αλλά είναι και αρκετά πιο αναλυτικό. Πιο συγκεκριμένα, κύρια στοιχεία του συστήματος είναι η ηγεσία, η πολιτική και οι στρατηγικοί στόχοι, η οργάνωση, οι πόροι, η αξιολόγηση και διαχείριση επικινδυνότητας, ο σχεδιασμός, η εγκατάσταση, η παρακολούθηση και η επανεξέταση.

Ο οργανισμός Health and Safety Executive [22] προτείνει μια προσέγγιση για τη διαχείριση της ασφάλειας η οποία περιλαμβάνει την πολιτική του οργανισμού, το σχεδιασμό, την εγκατάσταση, τη μέτρηση της απόδοσης και τον έλεγχο. Παρόμοια, ο οργανισμός Canadian Pulp and Paper Association [23] θεωρεί ότι οι στόχοι, οι διαδικασίες, τα μέτρα απόδοσης, η επανεξέταση των μέτρων καθώς και οι διορθωτικές κινήσεις αποτελούν τα βασικά στοιχεία ενός ΣΔΑ.

Σε μία πιο αρκετά ενδιαφέρουσα και συγκλίνουσα με τα προαναφερθέντα πρόταση, ο Hudson [24] υιοθετεί ένα γενικό ΣΔΑ βασιζόμενο στον κύκλο του Deming (Εικόνα 2.1). Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, ορίζονται τέσσερα βασικά στάδια στα οποία εφαρμόζεται το ΣΔΑ. Αρχικά στο στάδιο του σχεδιασμού (PLAN) καθορίζεται η πολιτική του οργανισμού καθώς και η δημιουργία σχεδίων για την εφαρμογή της πολιτικής αυτής. Εν συνεχεία, στο στάδιο της εφαρμογής (DO) γίνεται ανάλυση των κινδύνων και των αντίστοιχων επιδράσεων με σκοπό την ανάπτυξη διαδικασιών αποφυγής τους. Παράλληλα, μέσω του σταδίου ελέγχου (CHECK) διαπιστώνεται η αποτελεσματικότητα όλων των παραπάνω και τέλος μέσω των βρόχων ανατροφοδότησης (FEEDBACK) διασφαλίζεται η ενημέρωση του συστήματος.



Εικόνα 2.1: Ένα γενικό ΣΔΑ βασισμένο στον κύκλο του Deming (Hudson [24])

Με σκοπό την αποδοτικότερη εφαρμογή της οδηγίας SEVESO II, η Ευρωπαϊκή Ένωση σε συνδυασμό με τις εθνικές αρχές δημιούργησε μία ομάδα εργασίας για την ανάπτυξη κατευθυντήριων γραμμών πάνω στις σημαντικότερες απαιτήσεις της. Στην ουσία επρόκειτο για μία προσπάθεια να κατανοήσουν καλύτερα οι επιχειρήσεις και οργανισμοί τις απαιτήσεις της οδηγίας πάνω σε θέματα όπως είναι οι μελέτες ασφαλείας, οι επιθεωρήσεις και τα ΣΔΑ. Σαν επιστέγασμα των εργασιών αυτής της ομάδας λαμβάνεται το κείμενο συμπερασμάτων (Mitchison & Porter [13]) το οποίο εκδόθηκε το 1998 και σύμφωνα με το οποίο ένα ΣΔΑ πρέπει να αποτελείται από τα παρακάτω στοιχεία.

- Πολιτική πρόληψης ατυχημάτων μεγάλης έκτασης
- Οργάνωση και προσωπικό
- Αναγνώριση και αξιολόγηση των μεγάλων κινδύνων
- Έλεγχος λειτουργίας και συντήρηση

- Διαχείριση μετατροπών ή αλλαγών
- Σχεδιασμός εκτάκτου ανάγκης
- Παρακολούθηση επιδόσεων
- Έλεγχος και επανεξέταση του συστήματος διαχείρισης

Με βάση τα άνωθεν συμπεράσματα, αναπτύχθηκε από τους Machaira & Papadakis [1] ένα πρότυπο ΣΔΑ το οποίο αποτελείται από επτά στοιχεία. Τα στοιχεία αυτά υιοθετούν τη λογική του διαχωρισμού των θεματικών ενοτήτων που περιγράφει η οδηγία SEVESO II και είναι τα εξής:

- Διοίκηση και Ηγεσία (Management & Leadership)
- Εκπαίδευση (Training)
- Λειτουργίες (Operations)
- Συντήρηση (Maintenance)
- Εκτίμηση Επικινδυνότητας (Risk Assessment)
- Σχεδιασμός Εκτάκτου Ανάγκης (Emergency Planning)
- Παρακολούθηση Επιδόσεων και Έλεγχος (Monitoring Performance and Audit)

Οι ενότητες *Διοίκηση και Ηγεσία* και *Εκπαίδευση* συνοψίζουν το περιεχόμενο της ενότητας *Οργάνωση και Προσωπικό* της οδηγίας SEVESO II. Σύμφωνα με την οδηγία, η ενότητα *Οργάνωση και Προσωπικό* αναφέρεται στους ρόλους και τις αρμοδιότητες του προσωπικού στη διαχείριση επικίνδυνων καταστάσεων, στην αναγνώριση των εκπαιδευτικών αναγκών καθώς και στην παροχή εκπαίδευσης. Άρα καθίσταται επιβεβλημένος ο διαχωρισμός της καθότι οι παραπάνω περιοχές είναι κρίσιμες όσον αφορά την ασφάλεια ενός οργανισμού. Οι αποφάσεις της ηγεσίας και η δέσμευσή της σε αυτές αποτελούν απαραίτητες προϋποθέσεις για την εφαρμογή ενός αποτελεσματικού συστήματος ασφάλειας , ενώ η εκπαίδευση όλων των εργαζομένων είναι καθοριστικός παράγοντας για την πρόληψη μεγάλων ατυχημάτων.

Παράλληλα, το στοιχειό *Εκτίμηση Επικινδυνότητας* αντιστοιχεί στο στοιχείο *Αναγνώριση και Αξιολόγηση των Μεγάλων Κινδύνων* της οδηγίας και αναφέρεται στον επακριβή προσδιορισμό των αιτιών που μπορεί να προκαλέσουν μείζονα ατυχήματα καθώς και στην αξιολόγηση των επιπτώσεων τους, στην απευκταία περίπτωση που κάποιο από αυτά συμβεί.

Οι ενότητες *Λειτουργίες* και *Συντήρηση* αντιστοιχούν στο πεδίο *Έλεγχος Λειτουργίας και Συντήρηση* της οδηγίας. Ο τομέας των *Λειτουργιών* αφορά όλες εκείνες τις δραστηριότητες οι οποίες αφορούν την παραγωγή, επεξεργασία, αποθήκευση και

μεταφορά των επικίνδυνων ουσιών. Από την άλλη πλευρά, η *Συντήρηση* αφορά την διατήρηση σε ιδανική κατάσταση του εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούνται από τις *Λειτουργίες* με σκοπό την αποφυγή κάποιου ατυχήματος.

Ένα από τα σημαντικότερα κομμάτια του ΣΔΑ είναι ο *Σχεδιασμός Εκτάκτου Ανάγκης* και περιέχεται στο περιγραφόμενο σύστημα όπως ακριβώς ορίζεται από την οδηγία. Στην ενότητα αυτή προσδιορίζονται όλες οι καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης που μπορεί να εμφανιστούν κατά τη διαχείριση επικίνδυνων ουσιών και αναπτύσσονται σχέδια για την αντιμετώπισή τους.

Τέλος, η ενότητα *Παρακολούθηση Επιδόσεων και Έλεγχος* συνοψίζει τις ενότητες *Παρακολούθηση Επιδόσεων και Έλεγχος και Επανεξέταση* του *Συστήματος Διαχείρισης.* Σε αυτό το σημείο εκτελείται η συνεχής επιτήρηση και αξιολόγηση όλων των στοιχείων του συστήματος διαχείρισης καθώς και η εφαρμογή διορθωτικών κινήσεων όπου αυτό απαιτείται.

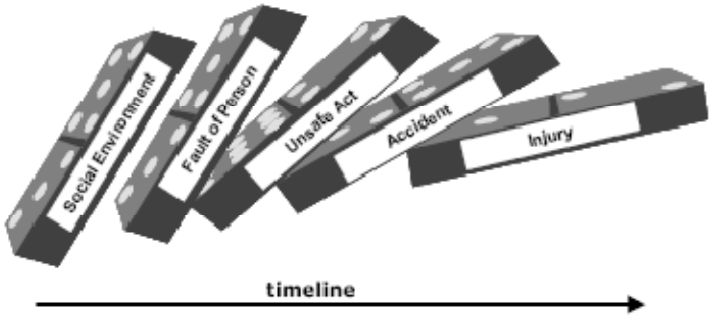
Στο προτεινόμενο σε αυτή την έρευνα σύστημα υιοθετούνται στοιχεία από το σύστημα των Machaira & Papadakis καθώς και η λογική Plan-Do-Check-Feedback όπως αυτή περιγράφεται από τον κύκλο του Deming. Περισσότερες λεπτομέρειες αναφέρονται στο Κεφάλαιο 3 όπου γίνεται και αναλυτική περιγραφή του ΣΔΑ.

2.2 Οργανωτικοί και Διαχειριστικοί Παράγοντες

Το 1931 ο Heinrich [25] πρότεινε τη θεωρεία του Domino προκειμένου να εξηγήσει την πρόκληση των ατυχημάτων σε μια επιχείρηση. Σύμφωνα με αυτή, τα ατυχήματα αποτελούν απότοκο μίας ακολουθιακής εμφάνισης διακριτών γεγονότων (Εικόνα 2.2), τα οποία όμως αλληλοεπηρεάζονται. Πιο συγκεκριμένα, προσδιορίζονται πέντε παράγοντες στην ακολουθία ενός ατυχήματος: 1) το κοινωνικό και εργασιακό περιβάλλον το οποίο ωθεί τον εργαζόμενο στο να πάρει ρίσκα, 2) το ανθρώπινο σφάλμα, 3) οι μη ασφαλείς συνθήκες εργασίας (κακή διαχείριση πόρων, επικίνδυνο περιβάλλον, ελλιπής εκπαίδευση), 4) η εμφάνιση του ατυχήματος, 5) οι συνέπειες του ατυχήματος. Σημαντικό στοιχείο αποτελεί η αναφορά των συνθηκών εργασίας, δηλαδή των διαχειριστικών και οργανωτικών παραγόντων που διαμορφώνουν το εργασιακό περιβάλλον σαν ένα σημαντικότατο κρίκο στην αλυσίδα εμφάνισης ενός ατυχήματος.

Στη σύγχρονη διεθνή βιβλιογραφία, τα ανθρώπινα σφάλματα αποτελούν τον κύριο παράγοντα εμφάνισης ατυχημάτων. Κοιτάζοντας όμως λίγο βαθύτερα, ένα ατύχημα

συμβαίνει όταν ένα σφάλμα χειρισμού συνδέσει την αλυσίδα σε μία σειρά ανασφαλών εργασιακών συνθηκών. Σύμφωνα με τους Tuli και Apostolakis [5], τα σφάλματα χειρισμού και οι αστοχίες του εξοπλισμού οφείλονται κυρίως στις αποφάσεις της διοίκησης και τους οργανωτικούς παράγοντες.



Εικόνα 2.2: Ακολουθιακό μοντέλο ατυχήματος

Καθότι τα ανθρώπινα σφάλματα μπορούν εύκολα να παρατηρηθούν συνήθως υπερτονίζονται ενώ οι οργανωτικοί παράγοντες (π.χ εκπαίδευση, επικοινωνίες, συντονισμός) και οι διαχειριστικοί παράγοντες (π.χ διαχειριστικά μέτρα για την πρόληψη και τον έλεγχο των ατυχημάτων) δεν τυγχάνουν της πρέπουσας σημασίας. Ο χρόνος αλλά και οι εξειδικευμένες γνώσεις που απαιτούνται για την μελέτη τους αποτελούν τις αιτίες αυτής της εκούσιας παράβλεψης.

Οι Moray και Huey [7] στην έρευνά τους περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο οι οργανωτικοί και διαχειριστικοί παράγοντες επηρεάζουν την ασφάλεια μιας πυρηνικής εγκατάστασης. Οι οργανισμοί λαμβάνουν αποφάσεις σχετικά με την εκπαίδευση του προσωπικού, το πεδίο δράσης του κάθε εργαζόμενου, τον διαθέσιμο εξοπλισμό κ.α. οι οποίες διαμορφώνουν αμέσως ή εμμέσως τις συνθήκες ασφάλειας στο εργασιακό περιβάλλον. Οι αποφάσεις και οι πρακτικές της διοίκησης είναι υπεύθυνες για την υιοθέτηση και διατήρηση μιας οργανωτικής παιδείας η οποία θα ενισχύει την ασφάλεια αλλά και την ποιότητα της εργασίας.

Του λόγου το αληθές έρχεται να ενισχύσει και η αναφορά της Επιτροπής Πυρηνικής Ασφάλειας (Nuclear Regulatory Commission - NRC) για τα ατυχήματα στο Chernobyl και στο Three Mile Island. Σύμφωνα με αυτή, ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες για τη διασφάλιση ενός ασφαλούς περιβάλλοντος λειτουργίας σε ένα οργανισμό είναι η παιδεία ασφάλειας. Παράλληλα, έχει μελετηθεί και η επίδραση των οργανωτικών παραγόντων όπως οι επικοινωνίες, η τυποποίηση της εργασίας, η εκπαίδευση και η μάθηση του οργανισμού προκειμένου να προσδιοριστεί η επίδρασή τους στην ασφάλεια μιας εγκατάστασης.

Επιπρόσθετα, η έρευνα των Jacobs & Haber [4] κατέληξε σε μία ομάδα είκοσι οργανωτικών παραγόντων οι οποίοι επηρεάζουν την ασφάλεια των πυρηνικών εγκαταστάσεων. Παρόλα αυτά, οι εν λόγω παράγοντες μπορούν να εφαρμοστούν και σε ένα ευρύτερο σύνολο οργανισμών έστω και με κάποιες μικρές αλλαγές. Οι παράγοντες αυτοί κατηγοριοποιούνται σε 5 γενικές κατηγορίες: *λήψη αποφάσεων (decision making), επικοινωνίες (communications), διοικητική γνώση (administrative knowledge), καταμερισμός ανθρώπινων πόρων (human resource allocation) και παιδεία (culture)*. Οι κατηγορίες αυτές εμφανίζονται στην Εικόνα 2.3. Οι παρακάτω παράγοντες βοηθούν στον εντοπισμό συγκεκριμένων περιοχών ενός οργανισμού όπου υπάρχουν αδυναμίες και προβλήματα.

Λήψη Αποφάσεων (Decision Making)	**Επικοινωνίες (Communications)**	**Διοικητική Γνώση (Administrative Knowledge)**	**Καταμερισμός Ανθρώπινων Πόρων (Human Resource Allocation)**
Συγκεντρωποίηση Αρμοδιοτήτων (Centralization) Ιεράρχηση Στόχων (Goal Prioritization) Μάθηση του Οργανισμού (Organizational Learning) Αναγνώριση Προβλημάτων (Problem Identification) Καταμερισμός Ανθρώπινων Πόρων (Resource Allocation)	Εξωτερική Επικοινωνία (External Communications) Διατμηματική Επικοινωνία (Interdepartmental Communications) Ενδοτμηματική Επικοινωνία (Intradepartmental Communications)	Συντονισμός Εργασίας (Coordination of work) Τυποποίηση (Formalization) Γνώση του Οργανισμού (Organizational Knowledge) Ρόλοι & Αρμοδιότητες (Roles & Responsibilities)	Αξιολόγηση Επίδοσης (Performance Evaluation) Επιλογή Προσωπικού (Personnel Selection) Τεχνική Γνώση (Technical Knowledge) Εκπαίδευση (Training)
Παιδεία (Culture)	Οργανωτική Παιδεία (Organizational Culture), Αίσθημα Ευθύνης (Ownership), Παιδεία Ασφάλειας (Safety Culture), Χρονικοί Περιορισμοί (Time Urgency)		

Εικόνα 2.3: Γενικές κατηγορίες οργανωτικών παραγόντων σύμφωνα με τους Jacobs & Haber

2.3 Μεθοδολογίες Μοντελοποίησης

Σε αυτό το σημείο θα δώσουμε μία σύντομη περιγραφή των μεθοδολογιών που χρησιμοποιήθηκαν για την μοντελοποίηση του προτεινόμενου συστήματος. Εκμεταλλευόμενοι τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα της κάθε μεθόδου αναπτύξαμε σταδιακά την τελική μορφή του Συστήματος Διαχείρισης Ασφάλειας.

Εν συντομία, οι τεχνικές αυτές είναι οι εξής:

- Structured Analysis and Design Technique – SADT
- Integration Definition for Function Modeling – IDEF0
- Ανάλυση Δέντρων Αστοχιών
- Δίκτυα Πέτρι

2.3.1 Μεθοδολογία Structured Analysis and Design Technique – SADT

Η μεθοδολογία Δομημένης Ανάλυσης και Σχεδίου - Structured Analysis and Design Technique - SADT αποτελεί μία ευρύτατα διαδεδομένη μέθοδο διαγραμματικής περιγραφής δομημένων συστημάτων. Αναπτύχθηκε στα τέλη της δεκαετίας του ΄60, πρώτη κύρια εφαρμογή της ήταν η αεροπορική βιομηχανία ενώ αργότερα υιοθετήθηκε σε εφαρμογές διαφόρων κλάδων και επιστημονικών πεδίων όπως στη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας, στο σχεδιασμό τεχνολογιών, στις τηλεφωνικές επικοινωνίες στα δίκτυα παραγωγής κ.α.

Η τεχνική SADT περιλαμβάνει ένα μεθοδολογικό πλαίσιο για τη μοντελοποίηση των λειτουργιών ενός συστήματος. Η μοντελοποίηση αυτή αποσκοπεί στην περιγραφή των διαφόρων δραστηριοτήτων, των μεταξύ τους σχέσεων αλλά και των πληροφοριακών δεδομένων που απορρέουν από αυτές τις συσχετίσεις. Δεν αποτελεί σκοπό της η ακριβής περιγραφή του τρόπου με τον οποίο εκτελείται η κάθε διαδικασία.

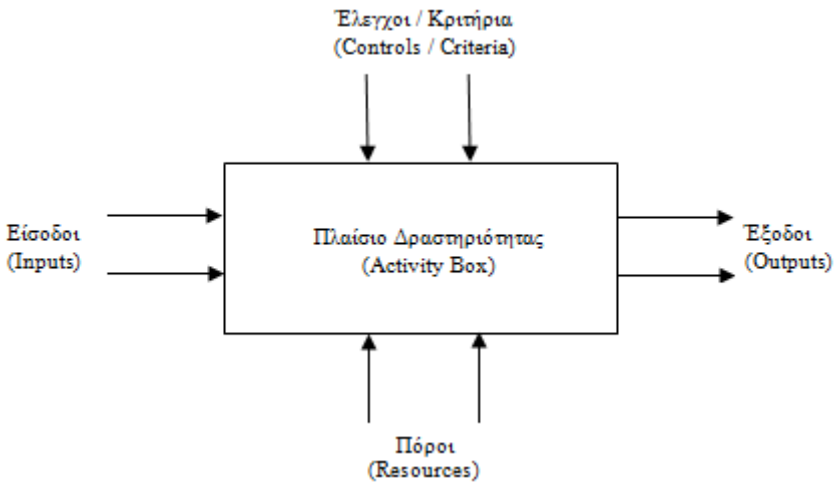
Τα βασικά χαρακτηριστικά της SADT συνοψίζονται παρακάτω.

- Στα μοντέλα δεν περιλαμβάνεται το χρονικό στοιχείο, δηλαδή δεν εξετάζεται η αλληλουχία των δραστηριοτήτων. Αντικείμενο της μοντελοποίησης αποτελεί η ορθή σύνδεση των δραστηριοτήτων προκειμένου να επιτευχθεί ο τελικός στόχος.
- Τα χρησιμοποιούμενα σύμβολα είναι μόνο δύο, γεγονός που καθιστά τη SADT αρκετά απλή σημασιολογικά. Τα δύο αυτά σύμβολα είναι τα *πλαίσια (activity*

boxes) και τα *βέλη (arrows).* Τα πλαίσια χρησιμοποιούνται για την περιγραφή των δραστηριοτήτων ενώ τα βέλη υποδηλώνουν των τρόπο αλληλεπίδρασής τους.

- Παρέχεται η δυνατότητα ανάπτυξης ιεραρχικών μοντέλων κατεύθυνσης "από πάνω προς τα κάτω" (top-down approach) με σκοπό την βαθύτερη και αναλυτικότερη περιγραφή ενός συστήματος.

Το βασικό δομικό στοιχείο της SADT φαίνεται στην Εικόνα 2.4. Αποτελείται από ένα ορθογώνιο πλαίσιο ή αλλιώς πλαίσιο δραστηριότητας (activity box) το οποίο δέχεται εισόδους από τρείς πλευρές και βγάζει τις εξόδους του από την τέταρτη. Τα πλαίσια δραστηριότητας αναπαριστούν τις λειτουργίες του συστήματος που μοντελοποιείται. Η ονομασία τους είναι αυθαίρετη και δεν παρέχει κάποια ειδική λειτουργικότητα πέραν της περιγραφής της λειτουργίας που αναπαρίσταται.



Εικόνα 2.4: Βασικό δομικό στοιχείο της SADT. Τα στοιχεία εξόδου παράγονται με χρήση των στοιχείων εισόδου δεδομένου ότι υπάρχουν οι κατάλληλοι πόροι και ικανοποιούνται κάποια δεδομένα κριτήρια.

Μέσω της σύνδεσης των διαφόρων πλαισίων δραστηριοτήτων επιτυγχάνεται η ανταλλαγή πληροφοριών καθώς και η ροή των εργασιών μέσα στο σύστημα. Τα στοιχεία εισόδου της κάθε διεργασίας προέρχονται από τα στοιχεία εξόδου άλλων δραστηριοτήτων. Αντίστοιχα οι έξοδοι της κάθε διεργασίας χρησιμεύουν είτε σαν είσοδοι σε άλλες είτε σαν έξοδοι του συστήματος.

Τα στοιχεία εισόδου και εξόδου χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.4. Αναλυτικά η κάθε κατηγορία περιγράφει τα εξής.

- *Στοιχεία Εισόδου (Inputs):* Τοποθετούνται αριστερά του πλαισίου. Τα στοιχεία αυτά τροφοδοτούν την δραστηριότητα και είτε μετασχηματίζονται είτε αναλώνονται κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας. Μπορεί για παράδειγμα να είναι πρώτες ύλες, αναλώσιμα κ.α.
- *Πόροι (Recources):* Τοποθετούνται στην κάτω πλευρά του πλαισίου. Αντιπροσωπεύουν τα μέσα τα οποία εκτελούν το μετασχηματισμό από τα στοιχεία εισόδου στα στοιχεία εξόδου και δεν μεταβάλλονται ή αναλώνονται κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας. Πόροι μπορεί να είναι ο μηχανολογικός εξοπλισμός, το ανθρώπινο δυναμικό κ.α.
- *Έλεγχοι / Κριτήρια (Controls / Criteria):* Τοποθετούνται στην πάνω πλευρά του πλαισίου. Χρησιμοποιούνται ως πρότυπα για να ελεγχθεί αν η διεργασία ολοκληρώθηκε επιτυχώς ή όχι. Τέτοια πρότυπα αποτελούν νομοθετικές διατάξεις, πρότυπα ασφάλειας, πρότυπα ποιότητας κ.α.
- *Στοιχεία Εξόδου (Outputs):* Τοποθετούνται στη δεξιά πλευρά του πλαισίου. Αποτελούν το παραδοτέο της διαδικασίας που εκτελείται από ένα πλαίσιο δραστηριότητας καθώς και πληροφορία προς άλλα πλαίσια. Τέτοιου είδους πληροφορία μπορεί να είναι ανεπιθύμητα συμβάντα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ή και προβλήματα στην παραγωγή του επιθυμητού αποτελέσματος.

Τα παραπάνω στοιχεία χρησιμεύουν στην περιγραφή της πληροφορίας που διακινείται στο σύστημα, της ροής της καθώς και για τη σύνδεση των πλαισίων. Υπάρχουν πέντε πιθανοί τρόποι σύνδεσης των πλαισίων.

1. Στοιχείο Εξόδου – Στοιχείο Εισόδου
2. Στοιχείο Εξόδου – Έλεγχος / Κριτήριο
3. Στοιχείο Εξόδου – Πόρος
4. Στοιχείο Εξόδου – Ανάδραση (Στοιχείο Εισόδου)
5. Στοιχείο Εξόδου – Ανάδραση (Έλεγχος / Κριτήριο)

Στα πλαίσια της εξειδίκευσης και εμβάθυνσης στην περιγραφή ενός συστήματος απαιτείται συχνά η ανάλυση κάποιων δραστηριοτήτων σε μεγαλύτερο βάθος ακόμα και ο κατακερματισμός τους σε επιμέρους δραστηριότητες. Με τη μέθοδο SADT υπάρχει η δυνατότητα υποστήριξης ιεραρχικών διαγραμμάτων. Σε αυτήν την περίπτωση το πρώτο διάγραμμα αποτελείται από ένα μόνο πλαίσιο ενώ τα υπόλοιπα συνίσταται να αποτελούνται από τρία έως έξι. Με τον τρόπο αυτό δίνεται η δυνατότητα στον αναλυτή να διαχειριστεί καλυτέρα και αποδοτικότερα σημαντικά μεγαλύτερο όγκο πληροφοριών.

Τα διαγράμματα του υψηλού επιπέδου θεωρούνται ως γονείς – γεννήτορες των διαγραμμάτων χαμηλότερου επιπέδου τα οποία ονομάζονται και απόγονοι – παιδιά. Κάθε διάγραμμα μπορεί να έχει από κανένα έως έξι διαγράμματα απογόνους. Η αρχική δραστηριότητα στο ανώτερο διάγραμμα αποκαλείται “δραστηριότητα 0” και συμβολίζεται ως Α0. Σκοπός τη είναι να παρουσιάσει το γενικό θέμα του περιγραφόμενου συστήματος και την οπτική της μοντελοποίησης. Το διάγραμμα αυτό ονομάζεται “διάγραμμα περιεχομένου” ή Α-0 και αποτελεί γονέα όλων των παρακάτω διαγραμμάτων.

Στο σημείο αυτό να σημειώσουμε ότι κάθε δραστηριότητα σε ένα μοντέλο SADT πρέπει να αριθμείται. Το σύστημα αρίθμησης αποτελείται από το γράμμα Α και ένα αριθμητικό. Έτσι, κάθε δραστηριότητα αναγνωρίζεται με τρόπο μοναδικό. Η δραστηριότητα Α0 περιλαμβάνει τις υπο-δραστηριότητες Α1,Α2,Α3 κτλ. Αντίστοιχα, οι δραστηριότητα Α1 αποτελείται από τις Α11,Α12,Α13 κτλ. Παρατηρούμε δηλαδή ότι σε κάθε επίπεδο της ιεραρχίας προστίθεται και ένα ακόμα ψηφίο στον κωδικό της κάθε δραστηριότητας.

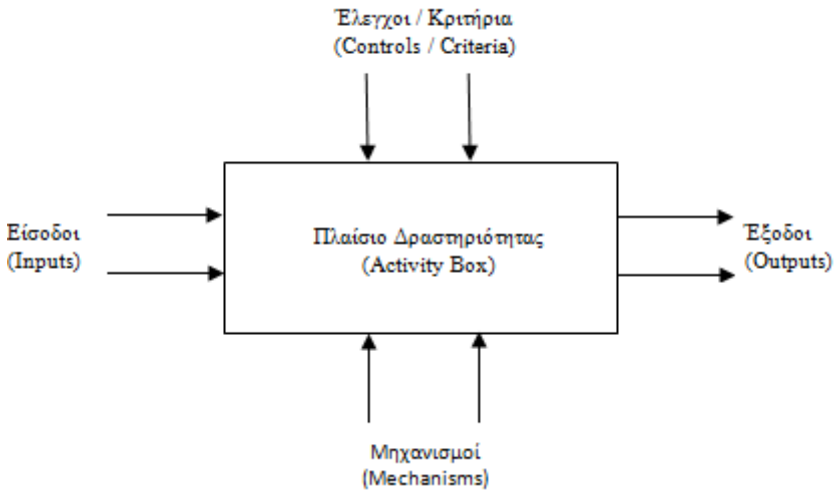
Κάθε δραστηριότητα που αναλύεται σε υποεπίπεδο μεταβιβάζει στον απόγονό της τα γενικά της χαρακτηριστικά. Οι σχέσεις (δηλαδή τα βέλη) οι οποίες προέρχονται από τη δραστηριότητα-γονεά ονομάζονται διασυνοριακές/εξωτερικές σχέσεις (boundary arrows) ενώ αυτές οι οποίες αναπτύσσονται μεταξύ δραστηριοτήτων του ίδιου διαγράμματος ονομάζονται εσωτερικές σχέσεις (internal arrows).

Σαν γενικό συμπέρασμα, η μέθοδος SADT αποτελεί ένα εύχρηστο και σχετικά απλό συστηματικό τρόπο αναπαράστασης μοντέλων διεργασιών. Αυτό γιατί χρησιμοποιεί ένα μικρό αριθμό εννοιών και συμβόλων με αποτέλεσμα να είναι εύκολα κατανοητή. Αντιθέτως, αποτελεί μια στατική μέθοδο καθότι παρουσιάζει μόνο τις δραστηριότητες και τις αλληλεπιδράσεις τους χωρίς να λαμβάνει υπόψη λεπτομέρειες όπως ο χρόνος που απαιτείται για την περαίωση κάθε εργασίας ή το κόστος της κάθε δραστηριότητας.

2.3.2 Μεθοδολογία Integration Definition for Function Modeling – IDEF0

Η IDEF0 αποτελεί μια μεθοδολογία μοντελοποίησης ενεργειών και δραστηριοτήτων ενός συστήματος, προέρχεται από τη μέθοδο SADT και ανήκει στην ευρύτερη οικογένεια μεθόδων IDEF.

Το μοντέλο IDEF0 επιτρέπει στο χρήστη να απεικονίσει μια διαδικασία ως ένα σύνολο εισόδων (inputs), ελέγχων (controls), μηχανισμών (mechanisms) και (outputs) τα οποία αναφέρονται εν συντομία ως (ICOM). Βασική οντότητα λειτουργίας είναι και εδώ (όπως και στη SADT) το πλαίσιο δραστηριότητας το οποίο και φαίνεται στην Εικόνα 2.5.



Εικόνα 2.5: Βασική δομική μονάδα της μεθόδου IDEF0

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της μεθόδου IDEF0 είναι τα παρακάτω.

- Τα μοντέλα της μεθόδου δεν περιλαμβάνουν τη συνισταμένη του χρόνου, δηλαδή δεν μελετάται η αλληλουχία των δραστηριοτήτων. Αντικείμενο της μοντελοποίησης είναι ο τρόπος επικοινωνίας των δραστηριοτήτων καθώς και η ροή της πληροφορίας μέσα στο σύστημα.
- Η γλώσσα IDEF0 χαρακτηρίζεται από την απλότητα και την λιτότητά της. Για την ακρίβεια χρησιμοποιούνται δύο μόνο γραφικά στοιχεία που είναι τα πλαίσια και τα βέλη.
- Τα μοντέλα που αναπτύσσονται με χρήση της IDEF0 μπορούν να ακολουθήσουν μια ιεραρχική δομή η οποία αναπτύσσεται από πάνω προς τα κάτω (top-down approach).
- Παρέχεται η δυνατότητα λεκτικής τεκμηρίωσης των περιγραφόμενων από το μοντέλο λειτουργιών.

Οι κανόνες που διέπουν την ιεραρχία σε ένα σύστημα που περιγράφεται μέσω της IDEF0 είναι οι ίδιοι οι οποίοι ισχύουν και στην περίπτωση της SADT πράγμα που οφείλεται στη στενή συγγένεια των δύο μεθόδων.

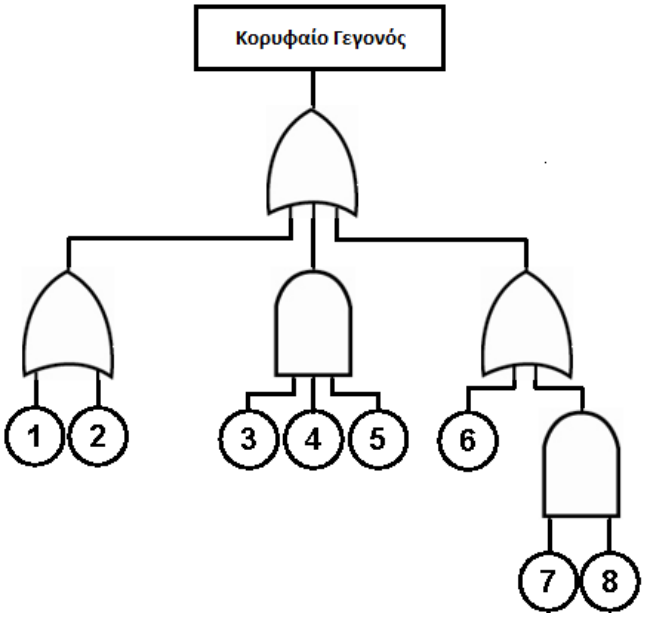
2.3.1 Ανάλυση Δέντρων Αστοχιών – Fault Trees Analysis

Η Ανάλυση με Δέντρα Αστοχιών αποτελεί μία μέθοδο μελέτης ανεπιθύμητων γεγονότων στην οποία ένα ατύχημα αναλύεται με χρήση της Λογικής Μπούλ (Boolean logic) σε επιμέρους χαμηλότερου επιπέδου γεγονότα. Πρόκειται για μία συμπερασματική - από το γενικό προς το ειδικό - μέθοδο η οποία βοηθάει στον ακριβή καθορισμό των βασικών γεγονότων που μπορεί να προκάλεσαν μία αστοχία.

Η μεθοδολογία αυτή χρησιμοποιείται κατά κόρον σε αρκετούς επιστημονικούς τομείς και κυρίως σε αυτόν της διαχείρισης ασφάλειας σε επιχειρήσεις με σκοπό να ποσοτικοποιήσει την πιθανότητα εμφάνισης κάποιας αστοχίας. Αποτελεί ένα σημαντικό σχεδιαστικό εργαλείο το οποίο μπορεί να προβλέψει εγκαίρως πιθανά ατυχήματα και να εξαλείψει την ανάγκη δαπανηρών αλλαγών στο τελικό σύστημα. Παράλληλα μπορεί να λειτουργήσει και ως διαγνωστικό εργαλείο υποδεικνύοντας τις πιθανότερες αιτίες σε μια ενδεχόμενη κατάρρευση του συστήματος. Γι αυτούς τους λόγους χρησιμοποιείται ευρέως στον τομέα Ελέγχου Επικινδυνότητας (Risk Assessment) σε επιχειρήσεις.

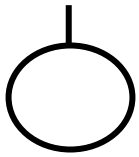
Τα μοντέλα που αναπτύσσονται με χρήση της μεθόδου είναι γραφικές απεικονίσεις σχέσεων αιτίας – αποτελέσματος και αποτελούνται από συγκεκριμένα δομικά στοιχεία. Στη κορυφή του δέντρου αστοχιών τοποθετείται ένα ατυχές γεγονός το οποίο ονομάζεται και κορυφαίο γεγονός (top event). Εν συνεχεία, εκτελείται “προς τα πίσω” ανάλυση του κορυφαίου αυτού γεγονότος με σκοπό την αναγνώριση όλων των πιθανών αιτιών που μπορεί να το προκάλεσαν. Η σύνδεση των γεγονότων αυτών γίνεται με τη χρήση λογικών πυλών και λογικής Μπούλ. Ο τελικός στόχος είναι το κατώτερο επίπεδο του δέντρου να αποτελείται από ανεξάρτητα γεγονότα τα οποία δεν θα επιδέχονται περαιτέρω ανάλυση. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι τα γεγονότα σε ένα δέντρο αστοχιών δεν περιορίζονται μόνο σε αστοχίες υλικού αλλά μπορεί να είναι διαχειριστικοί, οργανωτικοί ή και άλλοι παράγοντες.

Στην Εικόνα 2.6 φαίνεται η μορφή ενός δέντρου αστοχιών. Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται οι βασικοί συμβολισμοί οι οποίοι χρησιμοποιούνται στη ανάπτυξη ενός τέτοιου δέντρου.



Εικόνα 2.6: Μορφή ενός δέντρου αστοχιών

	**Κορυφαίο Γεγονός:** Είναι το ανεπιθύμητο γεγονός το οποίο και αναλύεται με σκοπό να προσδιοριστούν οι γενεσιουργές του αιτίες. **Ενδιάμεσο γεγονός:** Είναι ένα ενδιάμεσο στην αλληλουχία του δέντρου σφάλμα το οποίο προήλθε από κάποιο άλλο γεγονός και συμβάλει με τη σειρά του στην πρόκληση του κορυφαίου γεγονότος.
	**Πύλη OR:** Η παρουσία έστω και ενός από τους παράγοντες στις εισόδους της πύλης OR είναι αρκετή για να προκαλέσει το γεγονός στην έξοδό της.
	**Πύλη AND:** Η παρουσία όλων των παραγόντων στις εισόδους της πύλης AND είναι απαραίτητη για να προκαλέσει το γεγονός στην έξοδό της.

	**Βασικό Γεγονός:** Ένα γεγονός στη βάση του δέντρου το οποίο δεν επιδέχεται περαιτέρω ανάλυση. Τα βασικά γεγονότα πρέπει να είναι ανεξάρτητα το ένα από το άλλο.

Πίνακας 2.1: Βασικοί συμβολισμοί οι οποίοι χρησιμοποιούνται στη ανάπτυξη δέντρων αστοχιών

Μετά την ολοκλήρωση της ανάπτυξης του δέντρου πρέπει να προσδιοριστούν τα Cut Sets και τα Minimal Cut Sets. Ένα Cut Set είναι ένα σύνολο διαδοχικών γεγονότων τα οποία μπορούν να προκαλέσουν το κορυφαίο γεγονός. Στην ουσία, κάθε διαδρομή από ένα βασικό γεγονός μέχρι το κορυφαίο γεγονός αποτελεί ένα Cut Set. Το Minimal Cut Set είναι στην ουσία το Cut Set με το μικρότερο αριθμό γεγονότων, δηλαδή η συντομότερη διαδρομή από τη βάση μέχρι την κορυφή. Παράλληλα πρέπει να οριστεί και το Κρίσιμο Μονοπάτι (Critical Path) το οποίο είναι το Cut Set με τη μεγαλύτερη πιθανότητα να συμβεί.

Ένα σημαντικό μειονέκτημα της μεθόδου Ανάλυσης με Δέντρα Αστοχιών είναι ότι προϋποθέτει μεγάλη γνώση του υπό ανάλυση κορυφαίου γεγονότος τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά. Ποιοτικά, έτσι ώστε να μπορούν να αναγνωριστούν εις βάθος όλες οι γενεσιουργές του αιτίες και ποσοτικά έτσι ώστε να μπορούν να οριστούν επακριβώς οι πιθανότητες εμφάνισης του κάθε γεγονότος. Ταυτόχρονα, σε σύνθετα σενάρια το δέντρο αστοχιών μπορεί να είναι εξαιρετικά μεγάλο με χιλιάδες λογικών πυλών και κόμβων. Όπως είναι προφανές η ανάλυση ενός τέτοιου δέντρου δεν είναι εφικτή από το ανθρώπινο μάτι. Εν αντιθέσει έχουν αναπτυχθεί διάφορα πακέτα λογισμικού τα οποία ασχολούνται με τέτοιες περιπτώσεις βοηθώντας σημαντικά τον αναλυτή.

2.3.4 Δίκτυα Πέτρι

Τα δίκτυα Πέτρι είναι μια γραφική γλώσσα μοντελοποίησης η οποία χρησιμοποιείται για το σχεδιασμό, την περιγραφή και την ανάλυση κατανεμημένων συστημάτων. Η πιο διαδεδομένη παραλλαγή της μεθόδου είναι τα Χρωματισμένα Δίκτυα Πέτρι (Colored Petri Nets - CPN) και με αυτήν θα ασχοληθούμε στη συνέχεια. Βασικό χαρακτηριστικό της αποτελεί ο συνδυασμός της γραφικής μεθόδου μοντελοποίησης των κοινών δικτύων Πέτρι μαζί με τη γλώσσα προγραμματισμού CPN-ML η οποία και αποτελεί έκδοχο της Τυπικής Γλώσσας Μοντελοποίησης (Standard Modeling Language

– SML). Στον επιστημονικό τομέα τα δίκτυα Πέτρι χρησιμοποιούνται σε πληθώρα εφαρμογών στου τομείς του σχεδιασμού υλικού, του λογισμικού ηλεκτρονικών υπολογιστών, των τηλεπικοινωνιών, των συστημάτων παραγωγής κ.α.

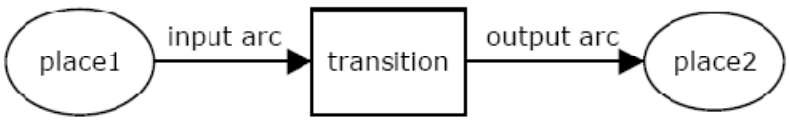
Ένα μοντέλο χρωματισμένων δικτύων Πέτρι περιγράφει ένα σύνολο καταστάσεων στις οποίες μπορεί να βρίσκεται ένα σύστημα και τις μεταβάσεις μεταξύ τους. Η κατασκευή ενός τέτοιου μοντέλου μπορεί να στηριχθεί σε συσχετιζόμενες αλλά αυτοτελείς ομάδες (modules), κάτι ιδιαίτερα χρήσιμο σε μεγάλα και πολύπλοκα συστήματα. Οι όλη λειτουργία στηρίζεται στην αρχή της ιεραρχίας καθώς οι ομάδες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους σε διαφορετικά επίπεδα.

Ένα μοντέλο χρωματισμένων δικτύων Πέτρι είναι εκτελέσιμο. Ο έλεγχος της συμπεριφοράς του εκάστοτε συστήματος γίνεται μέσω της προσομοίωσης του σε κατάλληλο εργαλείο λογισμικού (στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε το πακέτο λογισμικού CPN Tools). Παράλληλα, παρέχεται η δυνατότητα χρησιμοποίησης της διάστασης του χρόνου στα μοντέλα, πράγμα που ενισχύει τη ρεαλιστικότητα και την ευελιξία τους. Τα μοντέλα που κάνουν χρήση αυτής της δυνατότητας ονομάζονται και *χρονισμένα*.

Τα βασικά δομικά στοιχεία ενός δικτύου Πέτρι είναι τα εξής:

- Η *θέση (place),* που περιγράφει μία κατάσταση και συμβολίζεται με μια έλλειψη ή έναν κύκλο.
- Η *μετάβαση (transition),* η οποία αποτελεί μια ενέργεια και συμβολίζεται με ένα ορθογώνιο.
- Το *τόξο (arc)*, που είναι η γραμμή που ενώνει μια θέση με μια μετάβαση ή το αντίστροφο.
- Η *μάρκα (token),* η οποία αναπαριστά μια τιμή ή ένα σύνολο τιμών και μεταβαίνει από θέση σε θέση μέσω μεταβάσεων.

Ένα στοιχειώδες δίκτυο Πέτρι φαίνεται στην Εικόνα 2.7.



Εικόνα 2.7: Ένα στοιχειώδες δίκτυο Πέτρι με δύο θέσεις και μία μετάβαση

Οι θέσεις, όπως και οι μεταβάσεις, παίρνουν ονόματα τα οποία οφείλουν να περιγράφουν κατάλληλα τη λειτουργία ή την κατάσταση την οποία αντιπροσωπεύουν. Κάθε θέση χαρακτηρίζεται από ένα τύπο που καθορίζει το είδος των δεδομένων που μπορεί να περιέχει. Ο τύπος των δεδομένων μπορεί να είναι απλός, όπως για παράδειγμα ένας ακέραιος (integer) ή μία εγγραφή (record) με παραπάνω από ένα πεδία. Σε αντιδιαστολή με τη γλωσσά προγραμματισμού C/C++, θα μπορούσαμε να περιγράψομε την εγγραφή ως μία δομή δεδομένων. Οι μάρκες για να μπορούν να βρεθούν σε μια θέση θα πρέπει να ανήκουν στον αντίστοιχο τύπο δεδομένων, ο οποίος θα χαρακτηρίζει τη θέση αυτή. Η κατάσταση ενός δικτύου καθορίζεται από την κατανομή των μαρκών στις θέσεις**.**

Οι αλλαγές των μαρκών ανάμεσα στις θέσεις γίνονται μέσω των μεταβάσεων και των τόξων που τις συνδέουν. Αν το τόξο από μια θέση κατευθύνεται προς μια μετάβαση ονομάζεται εισερχόμενο τόξο (input arc), ενώ αν το τόξο κατευθύνεται από μια μετάβαση σε μια θέση τότε ονομάζεται εξερχόμενο τόξο (output arc). Μία μετάβαση δέχεται τις μάρκες από τα τόξα εισόδου και τις προωθεί στα τόξα εξόδου. Επίσης, μπορεί να δεχτεί εντολές ενέργειας και ελέγχου με χρήση της γλώσσας CPN-ML σε τρία συγκεκριμένα τμήματα.

- Στο *τμήμα ελέγχου (guard)*, ορίζεται μία συνθήκη που ελέγχει την πυροδότηση ή μη της μετάβασης. Η συνθήκη αυτή πρέπει να είναι λογικής Boolean με χρήση των μεταβλητών των τόξων εισόδου.
- Στο *τμήμα κώδικα (code segment)*, μπορεί να γίνει επεξεργασία των δεδομένων εισόδου και να προωθηθούν στην έξοδο διαφορετικής μορφής δεδομένα εξόδου.
- Στο *τμήμα χρόνου (timer)*, μπορεί να οριστεί μία χρονική καθυστέρηση στην ενεργοποίηση και περάτωση της εργασίας της μετάβασης προσθέτοντας περισσότερο το στοιχείο του ρεαλισμού μέσα στο σύστημα.

Τα τόξα πρέπει να έχουν ως επιγραφές, εκφράσεις (arc expressions) που καθορίζουν τον τύπο των μαρκών που μπορούν να μεταφέρουν. Επιπλέον υπάρχει πιθανότητα να έχουν εντολές, οι οποίες θα ελέγχουν πότε το τόξο θα μεταφέρει δεδομένα και τι είδους θα είναι αυτά. Αυτό είναι εφικτό είτε με χρήση συναρτήσεων (*functions*), οι οποίες θα έχουν οριστεί στις δηλώσεις (*declarations*)*,* είτε με απευθείας χρήση εντολών πάνω στα τόξα. Ανάμεσα σε μια θέση και μια μετάβαση μπορούν να υπάρχουν μέχρι δύο τόξα διαφορετικής κατεύθυνσης. Όταν αυτού του είδους τα τόξα έχουν ίδιες εκφράσεις, μπορούν να θεωρηθούν ως ένα που αντιμετωπίζεται ως διπλό τόξο (double arc).

Οι μάρκες τοποθετούνται αρχικά σε συγκριμένες θέσεις δίνοντας έτσι ένα αρχικό μαρκάρισμα (initial marking). Στη συνέχεια μεταφέρονται μέσα στο δίκτυο παρέχοντας έτσι διαφορετικές καταστάσεις του δικτύου.

Όπως προαναφέραμε, τα δίκτυα Πέτρι υποστηρίζουν την λειτουργία της ιεραρχίας. Η ιδιότητα αυτή τους δίνει τη δυνατότητα να περιγράφουν με ακρίβεια αρκετά πολύπλοκα μοντέλα, αναλύοντας σε υποεπίπεδα διαφορετικές λειτουργίες του συστήματος. Τα υποεπίπεδα αυτά ονομάζονται σελίδες (pages).

Στα *ιεραρχικά χρωματισμένα δίκτυα Πέτρι* μία μετάβαση μπορεί να αναλυθεί σε ένα ξεχωριστό υποδίκτυο, παρέχοντας έτσι μια πιο ακριβή περιγραφή για το ποια ακριβώς λειτουργία εκτελεί. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η διατήρηση μιας πιο απλής και γενική μορφής του μοντέλου σε ανώτερα επίπεδα, χωρίς να μας απασχολεί το πώς λαμβάνουμε τα κατάλληλα αποτελέσματα. Αντίθετα, σε κάποιο άλλο κατώτερο επίπεδο περιγράφεται αναλυτικά και με λεπτομέρειες η λειτουργικότητα συγκεκριμένων στοιχείων του δικτύου.

Η ιεραρχία στα δίκτυα Πέτρι επιτυγχάνεται με χρήση των παρακάτω δομικών στοιχείων.

- *Μεταβάσεις Αντικατάστασης (Substitution Transitions)* και *Υποσελίδες (Subpages)*: Η μετάβαση αντικατάστασης είναι μία γενική περιγραφή ενός μικρότερου δικτύου, και αποτελεί μέρος ενός μεγαλύτερου δικτύου. Ξεχωρίζει από τις απλές μεταβάσεις λόγω της ετικέτας αντικατάστασης που διακρίνεται στο κάτω μέρος μίας μετάβασης (Εικόνα 2.8). Κάθε μετάβαση αντικατάστασης κρύβει μια υποσελίδα η οποία είναι ένα άλλο χρωματισμένο δίκτυο Πέτρι και περιέχει την ακριβή λειτουργία της αντίστοιχης μετάβασης αντικατάστασης .



Εικόνα 2.8: Μετάβαση Αντικατάστασης

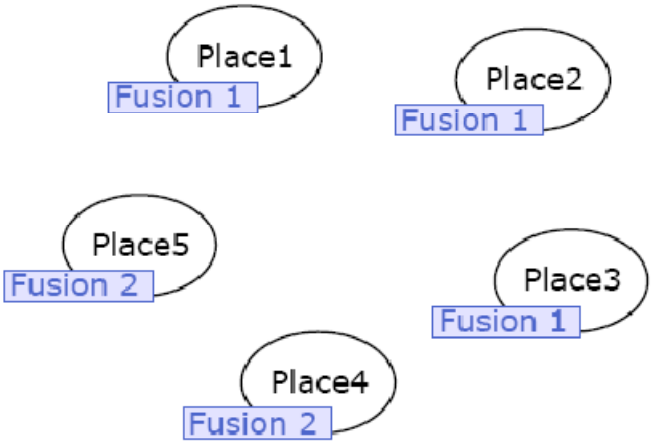
- *Θέσεις Πύλης (Ports) και Υποδοχής(Sockets):* Για να επικοινωνεί η κάθε υποσελίδα με το υπόλοιπο σύστημα, διαθέτει ένα αριθμό εξειδικευμένων θέσεων. Οι θέσεις αυτές μπορεί να είναι εισόδου (*In-tags*), εξόδου (*Out-tags*), ή εισόδου και εξόδου (*I/O tags*) όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.9. Αυτές οι θέσεις ονομάζονται θέσεις πύλης. Μια θέση πύλης εισόδου σε μια υποσελίδα

μπορεί να δεχτεί μάρκες, μια θέση πύλης εξόδου μπορεί να παραδώσει μάρκες, ενώ μια θέση εισόδου/εξόδου μπορεί να κάνει και τα δύο.
Οι θέσεις πύλης που βρίσκονται σε υποσελίδες έχουν κάποιες αντίστοιχες θέσεις σε άλλες σελίδες στο σύστημα με τις οποίες συνδέονται και ανταλλάσουν μάρκες. Αυτές οι θέσεις ονομάζονται θέσεις υποδοχής και μπορούν να είναι επίσης εισόδου, εξόδου και εισόδου/εξόδου. Η διαδικασία κατά την οποία συνδέεται μια θέση πύλης με μια υποδοχής ονομάζεται ανάθεση πύλης (port assignment). Όταν γίνεται αυτή η ανάθεση οι θέσεις γίνονται στην ουσία μία και οι μάρκες τους είναι πάντα οι ίδιες. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η παραλαβή και αποστολή μαρκών από και προς μια υποσελίδα.



Εικόνα 2.9: Μορφή των θέσεων πύλης και υποδοχής

- *Θέσεις Συγχώνευσης (Fusion Places):* Είναι μία ομάδα από θέσεις (Εικόνα 2.10) που λειτουργούν ως μία παρόλο που είναι ξεχωριστές. Όταν μία μάρκα προστεθεί ή αφαιρεθεί σε μία από αυτές τις θέσεις η ίδια μάρκα θα προστεθεί ή θα αφαιρεθεί αντίστοιχα από όλες τις υπόλοιπες θέσεις που ανήκουν στην ίδια ομάδα συγχώνευσης. Θέσεις συγχώνευσης μπορούν να υπάρχουν όχι μόνο στην ίδια σελίδα αλλά και σε πολλές σελίδες διαφορετικού επιπέδου.



Εικόνα 2.10: Θέσεις Συγχώνευσης. Οι θέσεις 1,2,3 ανήκουν σε μία ομάδα και συμπεριφέρονται στην ουσία σαν μία θέση, ενώ οι θέσεις 4 και 5 ανήκουν σε μία άλλη ομάδα

Όσον αφορά τα *χρονισμένα δίκτυα Πέτρι,* η ιδέα τους βασίζεται στην ύπαρξη ενός καθολικού ρολογιού οι τιμές του οποίου μπορεί να είναι ακέραιες ή πραγματικές και αντιπροσωπεύουν τον χρόνο μοντελοποίησης. Το ρολόι αυτό δεν έχει καμία έννοια εκτός του μοντέλου, είναι εικονικό και δεν γίνεται να συγκριθούν οι τιμές του με τιμές πραγματικού χρόνου. Τώρα οι μάρκες εκτός από τις τιμές τους, μπορούν να έχουν και τιμές χρόνου τις οποίες αποκαλούμε χρονικές σφραγίδες (time stamps). Οι χρονικές σφραγίδες εκφράζουν τον ελάχιστο χρόνο προσομοίωσης μετά την παρέλευσή του οποίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μάρκα. Επίσης, μέσα στο δίκτυο μπορεί να γίνει χρήση της χρονικής επιγραφής (time inscription), η οποία προσδιορίζεται με το σύμβολο “@”. Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, πάνω στο αντίστοιχο τμήμα μιας μετάβασης μπορεί να δοθεί εντολή χρονικής καθυστέρησης της πυροδότησης ή ολοκλήρωσής της.

Κεφάλαιο 3

Προτεινόμενο Σύστημα Διαχείρισης Ασφάλειας

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζουμε το προτεινόμενο σύστημα διαχείρισης ασφάλειας. Αναλύεται η βασική του δομή και οι λόγοι που μας ώθησαν στην υιοθέτηση της εν λόγω εκδοχής. Παράλληλα επεξηγούνται εκτενώς οι οργανωτικοί και διαχειριστικοί παράγοντες που σχετίζονται με τη διαχείριση ασφάλειας. Όπως προαναφέραμε και στην ενότητα 2.2, οι οργανωτικοί και διαχειριστικοί παράγοντες παίζουν πρωταγωνιστικό ρόλο στην ασφάλεια μίας επιχείρησης. Οι αποφάσεις τις διοίκησης διαμορφώνουν σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα ασφάλειας σε οποιονδήποτε οργανισμό. Η υιοθέτηση της ομάδας παραγόντων που θα παρουσιαστεί παρακάτω προέκυψε ως αποτέλεσμα παλαιότερων εγκεκριμένων μελετών συνδυαζόμενο με την ίδια εμπειρία και γνώση.

Με χρήση της μεθόδου SADT αναπτύσσουμε ένα μοντέλο ροής ενεργειών το οποίο περιγράφει γραφικά το προτεινόμενο σύστημα. Αναλύουμε τη λειτουργικότητά του και μελετάμε το πώς αλληλεπιδρούν τα στοιχεία μεταξύ τους. Επίσης, προσδιορίζουμε τους βρόχους που προκύπτουν μέσα στο σύστημα καθώς και το τι επίδραση έχει κάθε εμφανιζόμενο γεγονός σε αυτό.

3.1 Δομή Συστήματος Διαχείρισης Ασφάλειας

Σε αυτό το σημείο, θα αναλύσουμε τη γενική δομή του συστήματος, το κίνητρό μας για την υιοθέτηση της εν λόγω εκδοχής καθώς και τους οργανωτικούς και διαχειριστικούς παράγοντες που χρησιμοποιούμε.

3.1.1 Οργανωτικοί και Διαχειριστικοί Παράγοντες

Οι οργανωτικοί και διαχειριστικοί παράγοντες έχουν ταυτοποιηθεί από πληθώρα ερευνητών ως τα σημαντικότερα στοιχεία που επηρεάζουν την ποιότητα ασφάλειας σε μια επιχείρηση. Τυχών αστοχία τους μπορεί να προκαλέσει μείζων ατύχημα με απρόβλεπτες συνέπειες.

Σύμφωνα με τους Jacobs & Haber [4], προτείνονται είκοσι οργανωτικοί παράγοντες οι οποίοι διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ασφάλεια των πυρηνικών εγκαταστάσεων και είναι ταξινομημένοι σε πέντε γενικές κατηγορίες. Αυτές είναι η *λήψη αποφάσεων (decision making), οι επικοινωνίες (communications), η διοικητική γνώση (administrative knowledge), ο καταμερισμός ανθρώπινων πόρων (human resource allocation) και η παιδεία (culture)* και φαίνονται αναλυτικά στην Εικόνα 2.3. Η ίδια ομάδα παραγόντων χρησιμοποιήθηκε και από τους Tuli & Apostolakis [5] στην έρευνα τους με σκοπό την ενσωμάτωση οργανωτικών θεμάτων στην ανάλυση ατυχημάτων.

Παράλληλα, οι Μαχαιρά & Παπαδάκης [1] στο προτεινόμενο σύστημα διαχείρισης ασφάλειας για διακίνηση επικίνδυνων ουσιών σε αεροδρόμια προτείνουν τη χρήση δεκαέξι παραγόντων από τη λίστα των Jacobs & Haber καθώς και άλλων δεκατεσσάρων οι οποίοι έχουν σχέση με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της εφαρμογής που μοντελοποιούν. Πιο αναλυτικά οι περαιτέρω παράγοντες που ορίζονται είναι οι παρακάτω.

- Π*ολιτική / Στόχοι (Policy/ Goals)*
- *Διαθέσιμοι Πόροι (Available Resources)*
- *Γενική Επίδοση (Overall Performance)*
- *Προγραμματισμένες Αλλαγές στον Εξοπλισμό και τις Διαδικασίες (Planned Equipment & Procedure Changes)*
- *Δεδομένα της Εγκατάστασης / Απόδοση Συστημάτων (Plant Data / Systems Performance)*
- *Δεδομένα Απόδοσης Συστημάτων (Systems Performance Data)*
- *Παρακολούθηση Εξοπλισμού και Υποδομών (Equipment and Structures Monitoring)*
- *Απόδοση Εξοπλισμού (Equipment Performance)*
- *Διορθωτική Συντήρηση (Corrective Maintenance)*
- *Προληπτική Συντήρηση / Έλεγχος (Preventive Maintenance / Test)*
- *Κριτήρια Εκτίμησης Κινδύνου (Risk Assessment Criteria)*

- *Σενάρια Ατυχημάτων / Ζώνες Επιπτώσεων / Αξιολόγηση Επικινδυνότητας (Accident Scenarios / Consequences Zones / Risk Evaluation)*
- *Μέτρα Πρόληψης, Ελέγχου και Καταστολής που προέρχονται από την εκτίμηση επικινδυνότητας (Preventive Control and Mitigation Measures)*
- *Δεδομένα Αξιοπιστίας / Δεδομένα Απόδοσης Συστημάτων (Reliability Data / Systems Performance Data)*

Στην παρούσα έρευνα, έγινε προσπάθεια να ελαχιστοποιηθεί ο αριθμός των χρησιμοποιούμενων παραγόντων. Βασιζόμενοι στα συμπεράσματα των προηγούμενων εγκεκριμένων ερευνών, μελετήθηκε η αλληλοεπικάλυψη που εμφανίζουν ορισμένοι από τους παραπάνω παράγοντες και έγιναν οι απαραίτητες συγχωνεύσεις αλλά και απαλοιφές. Καταλήξαμε έτσι σε ένα αρκετά περιεκτικό, συμπαγές και γενικό σύνολο *δεκατεσσάρων* παραγόντων οι οποίοι επηρεάζουν το σύστημα διαχείρισης ασφάλειας. Το σύστημα αυτό μπορεί να βρει εφαρμογή σε πληθώρα σεναρίων αφού διαθέτει όλα τα απαραίτητα χαρακτηριστικά ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης ασφάλειας, αλλά μπορεί και να αποτελέσει τη θεωρητική βάση για την περαιτέρω ανάπτυξη εξειδικευμένων εφαρμογών. Αναλυτικά οι παράγοντες αλλά και η εξήγηση του καθενός δίνονται παρακάτω.

Λήψη Αποφάσεων

- *Ιεράρχηση Στόχων (Goal Prioritization - GP):* Ο καθορισμός των προτεραιοτήτων στους στόχους ενός οργανισμού και ο βαθμός στον οποίο το προσωπικό της εγκατάστασης κατανοεί, αποδέχεται και συμφωνεί με αυτούς.
- *Μάθηση του Οργανισμού (Organizational Learning - OL):* Η χρησιμοποίηση της γνώσης και της εμπειρίας του οργανισμού από τη διοίκηση αλλά και το προσωπικό. Η γνώση αυτή μπορεί να μην προέρχεται μόνο από ίδια βιώματα του οργανισμού αλλά και από εξωγενή ερεθίσματα (όπως για παράδειγμα συμβάντα σε άλλες εγκαταστάσεις του κλάδου).
- *Αναγνώριση Προβλημάτων (Problem Identification – Problem ID):* Η αναγνώριση από το προσωπικό της εγκατάστασης τυχών προβλημάτων, χρησιμοποιώντας τη γνώση, την εμπειρία και τις τρέχουσες πληροφορίες του, αλλά και η ποιότητα με την οποία αναγνωρίζονται τα προβλήματα αυτά.
- *Καταμερισμός Πόρων (Resource Allocation - RAL):* Ο τρόπος με τον οποίο η εγκατάσταση κατανέμει τους οικονομικούς, υλικούς αλλά και ανθρώπινους πόρους. Σε αυτή την ενότητα έχει ενσωματωθεί και ο παράγοντας “Επιλογή Προσωπικού”.

Επικοινωνίες

- *Επικοινωνίες (Communications - COM):* Εδώ περικλείονται και οι τρεις παράγοντες που προτείνουν οι Jacobs & Haber στον τομέα των επικοινωνιών. Αυτοί είναι η Εξωτερική Επικοινωνία, η Διατμηματική Επικοινωνία και η Ενδοτμηματική Επικοινωνία. Η έννοια αυτού του παράγοντα περιλαμβάνει την περιγραφή οποιασδήποτε επίσημης ή ανεπίσημης ανταλλαγής πληροφοριών στο εσωτερικό της εταιρείας ή προς τον έξω κόσμο.

Κατανομή Ανθρώπινων Πόρων

- *Τεχνική Γνώση (Technical Knowledge - TK):* Η γνώση του προσωπικού πάνω στα χρησιμοποιούμενα από την εγκατάσταση συστήματα, τεχνολογίες αλλά και θέματα ασφαλείας. Εδώ έχει ενσωματωθεί και ο παράγοντας Γνώση του Οργανισμού (Organizational Knowledge) που πραγματεύεται το ίδιο θέμα.
- *Εκπαιδευτικές Ανάγκες (Training Needs):* Ο βαθμός στον οποίο το προσωπικό της εγκατάστασης εφοδιάζεται με τις απαραίτητες γνώσεις για να εκτελέσει με ασφαλή και αποτελεσματικό τρόπο τα καθήκοντά του. Επίσης σε περίπτωση έλλειψης των απαραίτητων γνώσεων οφείλει το προσωπικό να αιτείται επιπλέον εκπαίδευση για να μπορέσει να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις τις εργασίας.

Διοικητική Γνώση

- *Τυποποίηση (Formalization - F):* Ο παράγοντας αυτός περιγράφει την ύπαρξη καλά ορισμένων κανόνων, διαδικασιών, βιβλιογραφίας και τυποποιημένων μεθόδων για κάθε πιθανή δραστηριότητα μέσα σε ένα οργανισμό.
- *Ρόλοι και Αρμοδιότητες (Roles & Responsibilities - RR):* Ο βαθμός στον οποίο καθορίζονται με σαφήνεια οι ρόλοι και οι αρμοδιότητες του προσωπικού σε μια εγκατάσταση.

Παιδεία

- *Αίσθημα Ευθύνης (Ownership - OWN):* Εδώ περιλαμβάνεται η δέσμευση και η υποστήριξη του προσωπικού προς τον οργανισμό καθώς και ο βαθμός στον οποίο το προσωπικό αναλαμβάνει την ευθύνη των πράξεών του και τις συνέπειες αυτών. Να τονίσουμε ότι ο παράγοντας αυτός παίζει σημαντικότατο ρόλο στην ασφάλεια μιας εγκατάστασης αλλά είναι και από τους πλέον αστάθμητους καθώς πραγματεύεται την ψυχολογία, ευθιξία και την ηθική του

κάθε εργαζομένου. Αυτό που μπορεί ένας οργανισμός να κάνει προκειμένου να ενισχύσει αυτόν τον παράγοντα είναι η διαρκής παροχή κινήτρων προς το προσωπικό προκειμένου να εργαστεί αποδοτικά και με αίσθημα ευθύνης. Γενικά είναι σημαντικό ο εργαζόμενος να αισθάνεται ότι βρίσκεται σε ένα ασφαλές περιβάλλον που υπολογίζουν τη γνώμη του και σέβονται τις προσωπικές του ανάγκες και επιθυμίες.

Πέραν των παραπάνω κατηγοριών προσθέσαμε και άλλους τέσσερις παράγοντες οι οποίοι θεωρούμε ότι παίζουν σημαντικό ρόλο στην ομαλή και αξιόπιστη λειτουργία του συστήματος διαχείρισης ασφάλειας. Αυτοί είναι οι παρακάτω.

- *Αξιολόγηση (Evaluation):* Η εκτίμηση της ποιότητας με την οποία ολοκληρώθηκε μία διαδικασία. Βασικό χαρακτηριστικό οποιουδήποτε συστήματος αποτελεί η αξιολόγηση της κάθε διεργασίας και η επανατροφοδότηση του με συμπεράσματα και παρατηρήσεις με σκοπό την διαρκή βελτίωσή του.
- *Στόχοι (Goals):* Αποτελεί την "μαγιά" της επιχείρησης και υποδηλώνει τις γενικές απόψεις και σκοπούς των ανωτέρων κλιμακίων της διοίκησης. Είναι στην ουσία βασικές κατευθύνσεις πάνω στις οποίες θα κινηθεί ο οργανισμός σε όλα τα επίπεδα λειτουργίας του. Ο παράγοντας αυτός μπορεί να τοποθετηθεί στην ενότητα της Διοικητικής Γνώσης.
- *Διαθέσιμοι Πόροι (Available Resources):* Ο βαθμός διαθεσιμότητας των απαραίτητων για την ομαλή λειτουργία της επιχείρησης πόρων παντός είδους. Τυχών έλλειψη κάποιου πόρου μπορεί να προκαλέσει μερική ή ακόμα και ολική αστοχία στο σύστημα.
- *Σενάρια Ατυχημάτων (Accident Scenarios):* Περιγράφονται αναλυτικά όλα τα πιθανά σενάρια ατυχημάτων που μπορεί να συμβούν στο περιβάλλον ενός οργανισμού. Καθορίζονται οι γενεσιουργές αιτίες των ατυχημάτων, οι τρόποι αποφυγής τους καθώς και οι τρόποι αντιμετώπισης εάν αυτά συμβούν.

Παρατηρούμε ότι μεγάλο πλήθος από τους χρησιμοποιούμενους παράγοντες ανήκει στις κατηγορίες της Λήψης Αποφάσεων και της Διοικητικής Γνώσης. Αυτό επιβεβαιώνει και ενισχύει την ιδέα ότι η διοίκηση και οι αποφάσεις της παίζουν καταλυτικό ρόλο στην ασφάλεια ενός οργανισμού.

3.1.2 Προτεινόμενο Μοντέλο

Με βάση τους παραπάνω οργανωτικούς και διαχειριστικούς παράγοντες προχωρήσαμε στην ανάπτυξη ενός πρότυπου συστήματος διαχείρισης ασφάλειας το οποίο θα δίνει έμφαση στη λειτουργία οργανισμών που ασχολούνται με τη διακίνηση επικίνδυνων ουσιών. Πρόκειται για ένα διάγραμμα ροής ενεργειών, μοντελοποιημένο με χρήση της μεθόδου SADT, το οποίο αναπαριστά τα στοιχεία του συστήματος, τους οργανωτικούς παράγοντες καθώς και το πώς αυτά επικοινωνούν και αλληλεπιδρούν.

Με σκοπό τη βέλτιστη προσαρμογή του μοντέλου στις απαιτήσεις οργανισμών που ασχολούνται με τη διακίνηση επικίνδυνων ουσιών, χρησιμοποιήθηκαν παράμετροι από το πραγματικό σενάριο ανεφοδιασμού μαχητικού αεροσκάφους με καύσιμο (κεφάλαιο 5).

Η γενική ιδέα πάνω στην οποία σχεδιάστηκε το σύστημα είναι η απλή και κατανοητή εμφάνισή του καθώς και η γενικότητα που θα πρέπει να το διακατέχει. Το μοντέλο θα πρέπει να μπορεί να χρησιμοποιηθεί μεμονωμένα ως ένα αυτάρκες σύστημα διαχείρισης ασφάλειας, αλλά και ως βάση για περαιτέρω επεξεργασία με σκοπό να εφαρμοστεί και σε πλέον εξειδικευμένες εφαρμογές.

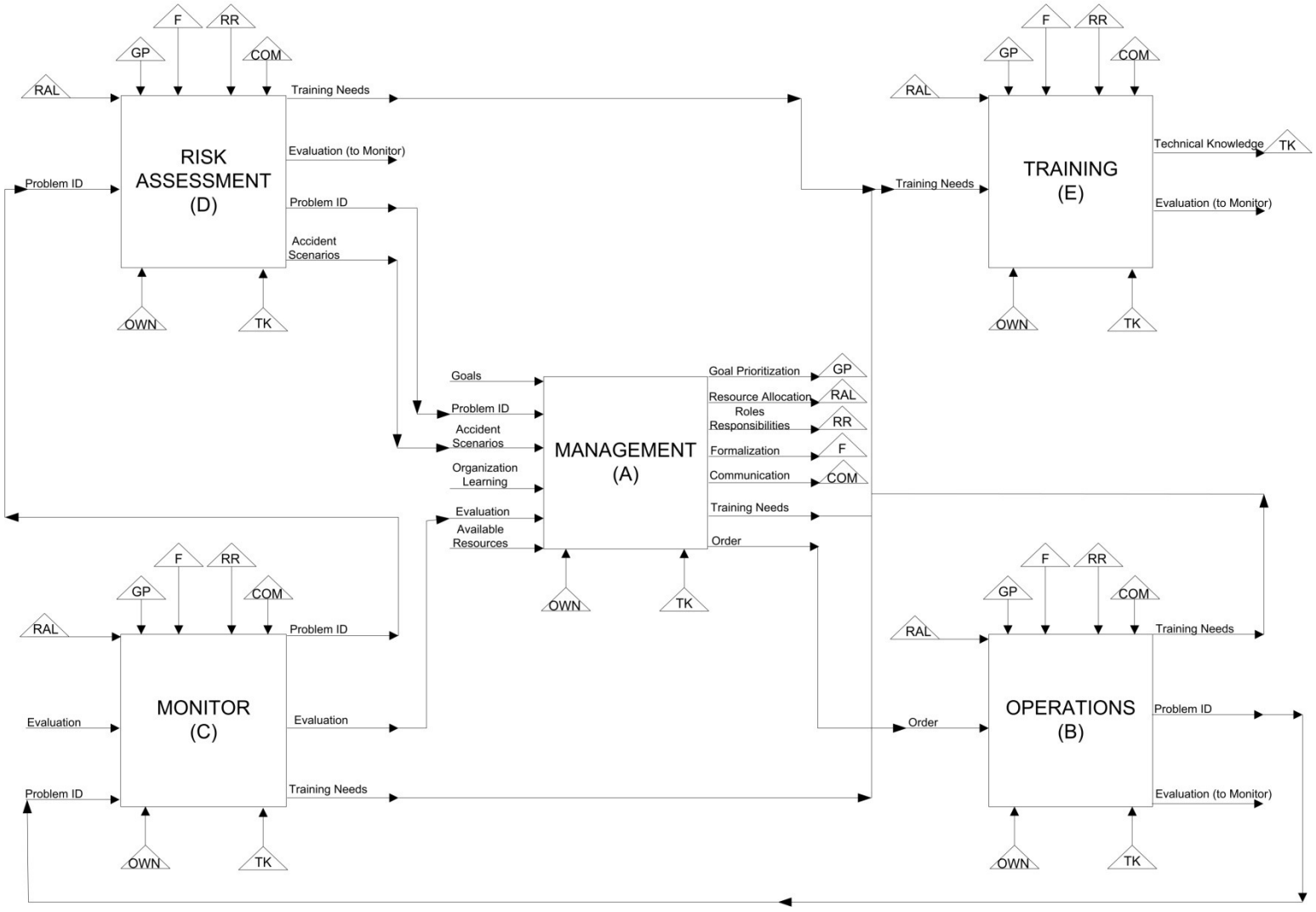
Το μοντέλο αποτελείται από δύο επίπεδα λειτουργίας καθένα από τα οποία προσομοιώνει και ένα διαφορετικό επίπεδο διοίκησης. Η υιοθέτηση της διεπίπεδης λογικής αποσκοπεί στην όσο το δυνατόν καλύτερη περιγραφή κάθε κλιμακίου ενός οργανισμού. Στο προτεινόμενο σύστημα, στο πρώτο επίπεδο περιγράφουμε τη δόμηση ενός οργανισμού στο ανώτερο κλιμάκιο, ενώ στο δεύτερο επίπεδο περιγράφουμε τον τομέα των λειτουργιών και πως θα πρέπει αυτός να δομείται.

Η λογική και των δυο επιπέδων βασίζεται σημαντικά στον κύκλο του Deming (Εικόνα 2.1) όπου πρώτα γίνεται ο Σχεδιασμός (PLAN), ακολουθεί η Εκτέλεση (DO) των λειτουργιών και τέλος γίνεται ο Έλεγχος (Check) και η Επανατροφοδότηση (Feedback) του συστήματος με τα συμπεράσματα τις διαδικασίας. Διαγραμματικά το μοντέλο φαίνεται στις Εικόνες 3.1 και 3.2.

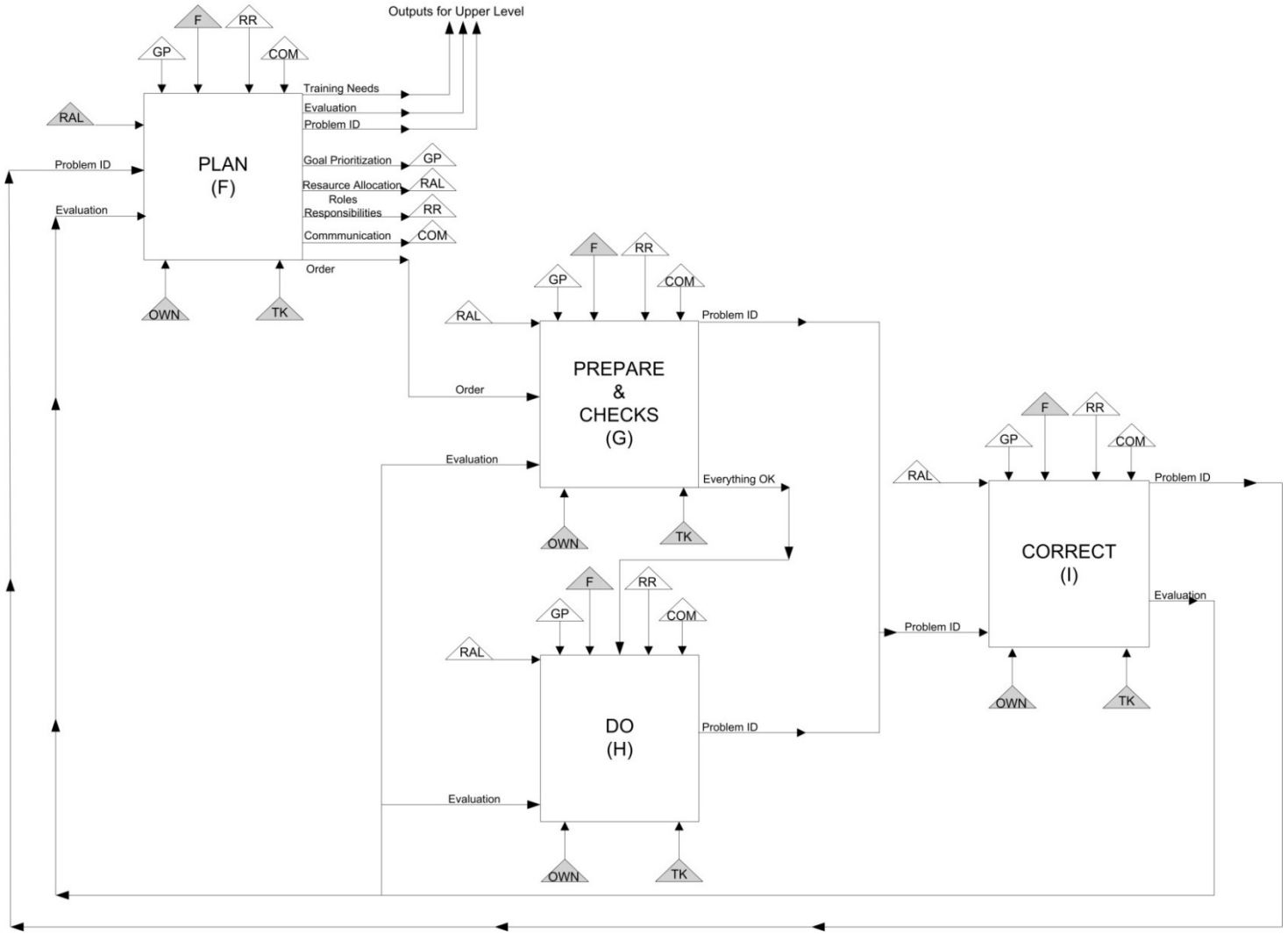
Τα παρακάτω δύο διαγράμματα παρουσιάζουν όλες τις σχέσεις ανάμεσα στα στοιχεία του συστήματος. Η αλληλεπίδραση γίνεται με τη χρήση των οργανωτικών και διαχειριστικών παραγόντων η σωστή λειτουργία των όποιων απαιτείται για να εξασφαλιστεί ότι το σύστημα δεν θα αστοχήσει.

Παρατηρούμε ότι κάθε κόμβος δέχεται κάποιους παράγοντες σαν εισόδους, πόρους και ελέγχους και παράγει κάποιους άλλους στη έξοδο. Με βάση τη λογική της

μεθόδου SADT πρέπει οι παράγοντες εξόδου να παράγονται με χρήση των παραγόντων εισόδου και τους πόρους, υπό την προϋπόθεση ότι ικανοποιούνται οι έλεγχοι και τα κριτήρια. Το σύνολο των σχέσεων ανάμεσα στα στοιχεία του συστήματος διαχείρισης ασφάλειας και τους παράγοντες απεικονίζεται στην Εικόνα 3.3.



Εικόνα 3.1: Πρώτο / Ανώτερο επίπεδο του προτεινόμενου μοντέλου



Εικόνα 3.2: Δεύτερο / Κατώτερο επίπεδο του προτεινόμενου μοντέλου

Οργανωτικοί και Διαχειριστικοί Παράγοντες	Στοιχεία Πρώτου Επιπέδου					Στοιχεία Δευτέρου Επιπέδου			
	MANAGEMENT	OPEARTIONS	MONITOR	RISK ASSESSMENT	TRAINING	PLAN	PREPARE & CHECKS	DO	CORRECT
Goals	I								
Available Resources	I								
Roles & Responsibilities	O	C	C	C	C	C	C	C	C
Resource Allocation	O	I	I	I	I	I	I	I	I
Goal Prioritization	O	C	C	C	C	C	C	C	C
Formalization	O	C	C	C	C	C	C	C	C
Technical Knowledge	R	R	R	R	O	R	R	R	R
Problem Identification	I	O	O	O		O	O	O	O
Training Needs	O	O	O	O	I	O			
Organizational learning	I			O					
Communications	O	C	C	C	C	C	C	C	C
Ownership	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Accident Scenarios	I			O					
Evaluation	I	O	O	O	O	O			O

Εικόνα 3.3: Σχέσεις ανάμεσα στα στοιχεία του ΣΔΑ και τους οργανωτικούς και διαχειριστικούς παράγοντες

Με βάση το παραπάνω μοντέλο μπορούμε να εξάγουμε μερικά γρήγορα αλλά σημαντικά συμπεράσματα. Αρχικά, παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο μέρος των παραγόντων που επηρεάζουν το σύστημα παράγονται σαν έξοδοι από τον κόμβο της Διοίκησης (Management). Το γεγονός αυτό ενισχύει την ήδη εκπεφρασμένη αντίληψη ότι οι αποφάσεις της διοίκησης είναι αυτές που καθορίζουν στο μεγαλύτερο βαθμό την ομαλή λειτουργία ενός οργανισμού. Συγκεκριμένα, οι παράγοντες Ιεράρχηση Στόχων (Goal Prioritization), Καταμερισμός Πόρων (Resource Allocation), Ρόλοι & Αρμοδιότητες (Roles & Responsibilities), Τυποποίηση (Formalization) και Επικοινωνίες (Communication) καθορίζονται άμεσα από την ηγεσία και διαχέονται σαν είσοδοι σε όλους τους άλλους κόμβους.

Ταυτόχρονα, παρατηρούμε ότι ο παράγοντας Αίσθημα Ευθύνης (Ownership) ο οποίος είναι και από τους πλέον αστάθμητους, υπάρχει σαν πόρος σε όλους τους κόμβους. Στην ουσία, αντικατοπτρίζει ένα μέρος του ανθρώπινου παράγοντα ο οποίος είναι παρόν σε κάθε λειτουργία ενός οργανισμού.

Σημαντική προϋπόθεση για την σωστή και αποδοτική λειτουργία ενός οργανισμού αποτελεί η αξιολόγηση της οποιασδήποτε λειτουργίας του καθώς και η ικανότητά του να αναγνωρίζει τυχών σφάλματα πριν συμβεί κάποιο ατυχές γεγονός. Γι αυτό το λόγο και οι παράγοντες Αξιολόγηση (Evaluation) και Καθορισμός Προβλήματος (Problem ID) παράγονται σαν έξοδοι από όλους τους κόμβους τους συστήματος.

3.2 Ανάλυση Κόμβων και Οργανωτικών Παραγόντων

Σε αυτό το σημείο προχωρούμε σε εκτενέστερη ανάλυση των παραπάνω διαγραμμάτων όσον αφορά τους θεματικούς κόμβους καθώς και τους παράγοντες με τους οποίους αυτοί αλληλεπιδρούν.

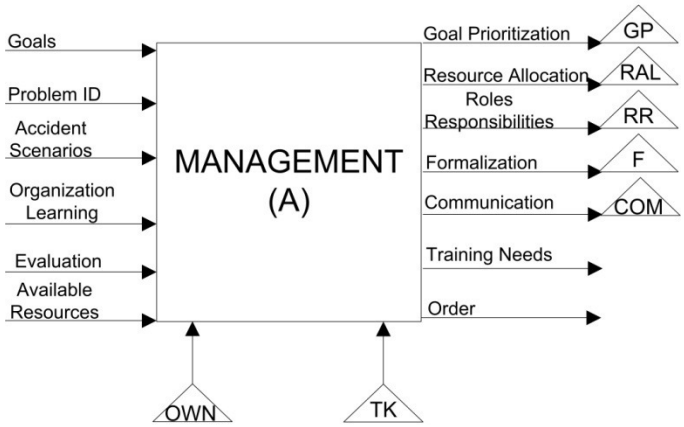
3.2.1 Κόμβοι Πρώτου Επιπέδου

Στο πρώτο επίπεδο του συστήματος συναντάμε τους παρακάτω κόμβους.

Διοίκηση – Management

Ο κόμβος αυτός παίζει το σημαντικότερο ρόλο σε ένα οργανισμό και φυσικά στο προτεινόμενο ΣΔΑ. Απαραίτητο στοιχείο για να εφαρμοστεί ένα λειτουργικό ΣΔΑ είναι η κατανόηση από πλευράς της ηγεσίας, των θεμάτων που άπτονται της ασφάλειας

εργασίας καθώς και η προσπάθεια εγκαθίδρυσης παιδείας ασφαλείας στον οργανισμό. Δεδομένου αυτού, πρέπει σε επόμενο στάδιο να ληφθούν οι κατάλληλες αποφάσεις και δράσεις με σκοπό να εφαρμοστούν και στην πράξη οι θεωρητικές δεσμεύσεις. Ο κόμβος της Διοίκησης φαίνεται στην εικόνα 3.4.



Εικόνα 3.4: Κόμβος Διοίκησης (Management) και οι παράγοντές του

Ας δούμε όμως αναλυτικά μερικούς από τους σημαντικότερους παράγοντες που σχετίζονται με την παραπάνω ενότητα.

Ιεράρχηση Στόχων (GP): Καθορίζεται η προτεραιότητα και το βάρος που δίνεται από τη διοίκηση σε κάθε στόχο. Οι στόχοι αυτοί δίνονται σαν είσοδος μέσω του παράγοντα Goals.

Καταμερισμός Πόρων (RAL): Η διοίκηση οφείλει να κατανέμει τους διαθέσιμους πόρους σε όλους τους υπόλοιπους τομείς της επιχείρησης. Η κατανομή γίνεται σε "υψηλό επίπεδο", δηλαδή κάθε τομέας λαμβάνει ένα ποσοστό από τους διαθέσιμους πόρους και η τοπική διαχείριση αυτού του τομέα είναι υπεύθυνη για το πώς θα γίνει ο καταμερισμός ενδοτμηματικά. Οι πόροι μπορεί να είναι πρώτες ύλες, ανθρώπινο δυναμικό, μηχανολογικός εξοπλισμός κ.α.

Ρόλοι & Αρμοδιότητες (RR): Ορίζονται επακριβώς οι αρμοδιότητες του προσωπικού σε όλες τις βαθμίδες, από τη χαμηλότερη έως την υψηλότερη. Η διοίκηση οφείλει να μεριμνήσει προκειμένου να μην παρουσιάζεται αλληλοεπικάλυψη αρμοδιοτήτων και προπάντων να μην εμφανίζονται κενά εξουσίας. Η μη εκτέλεση κάποιας εργασίας λόγω αναρμοδιότητας αποτελεί σημαντικό παράγοντα εμφάνισης ατυχημάτων.

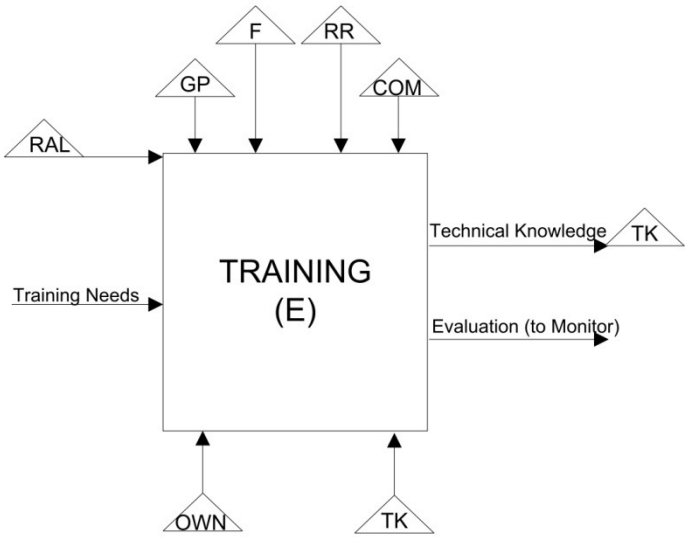
Τυποποίηση (F): Η τυποποίηση όλων των διαδικασιών που σχετίζονται με τη λειτουργία ενός οργανισμού αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχή

εκπλήρωση του σκοπού του. Το πλαίσιο εκτέλεσης κάθε εργασίας, ανεξάρτητα από τη σημαντικότητά της, οφείλει να είναι πλήρως ορισμένο. Κατ' αυτόν τον τρόπο αποφεύγονται τυχών αυτοσχεδιασμοί από το προσωπικό που μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα στην εύρυθμη λειτουργία μιας εγκατάστασης. Όσον αφορά τα συστήματα διαχείρισης ασφάλειας, η σημασία της γίνεται ακόμα μία καίρια καθώς αποτελεί μέσο πρόληψης ατυχημάτων, αλλά και περιλαμβάνει τους τρόπους αντίδρασης σε περίπτωση ατυχούς συμβάντος.

Επικοινωνίες (Communication): Ορίζονται τα πλαίσια επικοινωνιών σε όλα τα επίπεδα. Οι επικοινωνίες μιας επιχείρησης μπορεί να είναι ενδοτμηματικές, διατμηματικές ή και προς τον έξω κόσμο.

Εκπαίδευση – Training

Η συνεχής εκπαίδευση του προσωπικού μιας επιχείρησης αποτελεί ζωτικό στοιχείο για την αποδοτική, ασφαλή και απρόσκοπτη λειτουργία της. Ο κόμβος της εκπαίδευσης δέχεται σαν είσοδο αιτήσεις για εκπαίδευση από όλους τους υπόλοιπους τομείς της επιχείρησης. Στην έξοδό του παράγει τον παράγοντα Τεχνική Γνώση. Γενικά οι διαδικασίες εκπαίδευσης είναι αρκετά χρονοβόρες, οπότε προβλήματα που εμφανίζονται στην ομαλή λειτουργία ενός οργανισμού και οφείλονται σε ανεκπαίδευτο προσωπικό απαιτούν τις περισσότερες φορές πολύ χρόνο για να επιλυθούν.



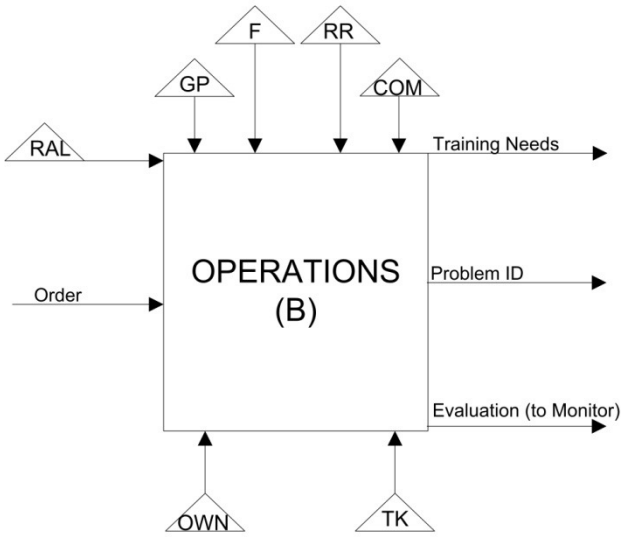
Εικόνα 3.5: Ο κόμβος Εκπαίδευσης (Training) και οι παράγοντές του

Ο παράγοντας Τεχνική Γνώση (ΤΚ) περιγράφει τη γνώση του προσωπικού πάνω στα χρησιμοποιούμενα από την εγκατάσταση συστήματα, τεχνολογίες αλλά και θέματα

ασφαλείας. Η εξασφάλιση ότι όλοι οι εργαζόμενοι σε ένα οργανισμό είναι άρτια καταρτισμένοι στα συστήματα που χρησιμοποιούν διασφαλίζει ένα αποδοτικό και ασφαλές περιβάλλον εργασίας.

Λειτουργίες – Operations

Στον κόμβο των λειτουργιών περιγράφονται όλες εκείνες οι διεργασίες που αφορούν το παραγωγικό κομμάτι της επιχείρησης. Ο κόμβος αυτός αναλύεται περαιτέρω μοντελοποιώντας τις διαδικασίες που πρέπει να εκτελεστούν, αναφερόμενοι πάντα σε οργανισμούς που διαχειρίζονται επικίνδυνα υλικά.



Εικόνα 3.6: Ο κόμβος Λειτουργίες (Operations) και οι παράγοντές του

Ο παράγοντας Καταμερισμός Πόρων (RAL) δίνεται σαν είσοδος στον κόμβο και περιέχει όλους εκείνους τους πόρους που απαιτούνται για την επίτευξη του αντικειμενικού σκοπού. Εσωτερικά του κόμβου εκτελούνται διεργασίες που θα περιγραφούν στο εδάφιο 3.2.2. Οι έξοδοι του κόμβου είναι οι εξής.

Εκπαιδευτικές Ανάγκες (Training Needs): Τυχών ανάγκες εκπαίδευσης του προσωπικού που μπορεί να προκύψουν εν μέσω της παραγωγικής διαδικασίας περιγράφονται μέσω αυτού του παράγοντα. Οι αιτήσεις για παροχή επιπρόσθετης εκπαίδευσης στο προσωπικό είναι γενικά βραδείας απόκρισης, οπότε θα πρέπει ενδιάμεσα να βρεθεί ένας άλλος τρόπος για να καλυφθούν οι ανάγκες του τομέα και της επιχείρησης.

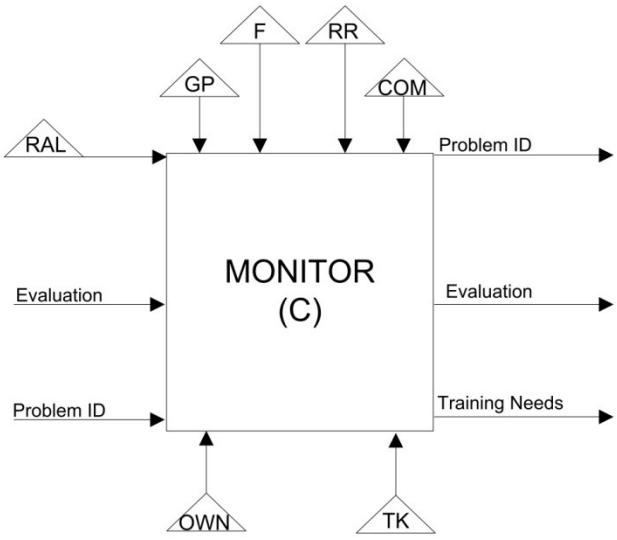
Αναγνώριση Προβλημάτων (Problem ID): Ο παράγοντας αυτός περιλαμβάνει όλα εκείνα τα προβλήματα που μπορεί να προκύψουν κατά την εκτέλεση των

προκαθορισμένων λειτουργιών. Η επίλυση των προβλημάτων γίνεται αρχικά με την προώθησή τους στον αρμόδιο και στη συνέχεια με τη λήψη κατάλληλων αποφάσεων.

Αξιολόγηση (Evaluation): Η αξιολόγηση κάθε διαδικασίας αποτελεί κομβικής σημασίας στη λειτουργία ενός οργανισμού. Μέσω αυτής, τα ανώτερα κλιμάκια μπορούν να λαμβάνουν αποφάσεις σχετικά με την ποιότητα του παραγόμενου αποτελέσματος, την απόδοση του προσωπικού και γενικά την ποιότητα της εργασίας, λαμβάνοντας κατάλληλα μέτρα για την αντιμετώπιση οποιασδήποτε έλλειψης ή προβλήματος.

Παρακολούθηση Επιδόσεων και Έλεγχος – Monitor

Κάθε οργανισμός οφείλει να παρακολουθεί και να μετράει συστηματικά τις επιδόσεις όλων των τομέων του και όσον αφορά την παραγωγική διαδικασία αλλά και όσον αφορά τα θέματα ασφαλείας. Παράλληλα, οφείλει να διενεργεί τακτικούς ελέγχους με σκοπό την πρόληψη καταστάσεων και ανεπιθύμητων γεγονότων. Ο τομέας του ελέγχου αποτελεί στην ουσία τα μάτια της διοίκησης πάνω σε κάθε άλλο τομέα, καθώς και ένα σημαντικό φίλτρο το οποίο επιβλέπει τον οργανισμό χωρίς να υπερφορτώνει τη διοίκηση με δευτερεύουσες αρμοδιότητες.



Εικόνα 3.7: Ο κόμβος Παρακολούθηση Επιδόσεων και Έλεγχος (Monitor) και οι παράγοντές του

Στον τομέα της Παρακολούθησης Επιδόσεων και Ελέγχου "λογοδοτούν" όλοι οι υπόλοιποι το τομείς, υποβάλλοντας τις αναφορές τους και τονίζοντας οποιαδήποτε ανωμαλία παρατηρηθεί. Οι είσοδοι του κόμβου περιγράφουν του λόγου το αληθές.

Αξιολόγηση (Evaluation): Μέσω αυτού του παράγοντα, ο κάθε κόμβος αξιολογεί το αποτέλεσμα της διαδικασίας που εκτέλεσε και κατά πόσο ο σκοπός του ολοκληρώθηκε επιτυχώς ή μη. Μπορεί να είναι ένα απλό κείμενο αναφοράς ή και μια θεσμοθετημένη από τον οργανισμό διαδικασία αξιολόγησης.

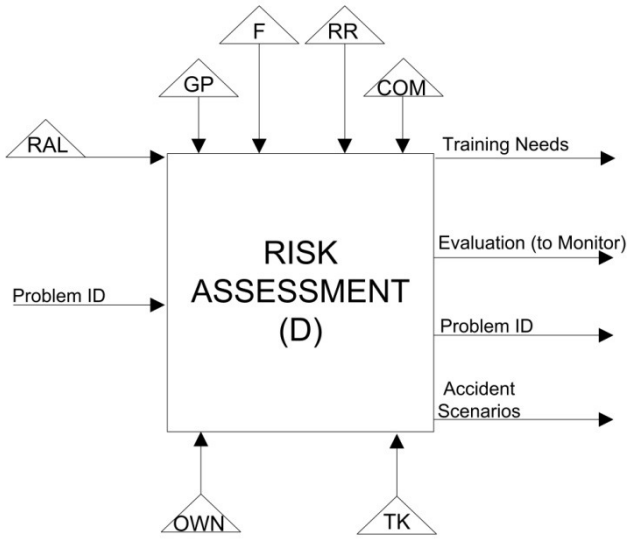
Αναγνώριση Προβλημάτων (Problem ID): Ο παράγοντας αυτός ενεργοποιείται μόνο σε περίπτωση που κατά τη διάρκεια μιας λειτουργίας κάποιο πρόβλημα εμφανιστεί και δεν μπορεί να επιλυθεί τοπικά από τον κόμβο που το παρουσίασε. Τότε αυτό αναφέρεται στα ανώτερα κλιμάκια μέσω του παρόντος κόμβου.

Όλα τα προβλήματα και ατυχή συμβάντα αναφέρονται μόνο στο Monitor το οποίο ακολουθεί συγκεκριμένη διαδικασία για την επίλυσή τους. Αρχικά, ενημερώνει τον τομέα της Εκτίμησης Επικινδυνότητας με σκοπό την αποτίμηση πιθανής αστοχίας στο στοιχείο που εμφανίστηκε το σφάλμα και ταυτόχρονα ενημερώνει τη διοίκηση για το γεγονός. Η απόφαση της διοίκησης θα παρθεί συμψηφίζοντας τη συμβουλή των τομέων της Παρακολούθησης Επιδόσεων και της Εκτίμησης Επικινδυνότητας.

Στις αρμοδιότητες της Παρακολούθησης Επιδόσεων δεν συμπεριλαμβάνεται η λήψη κάποιας απόφασης παρά μόνο η επίβλεψη του συστήματος εκ μέρους της διοίκησης και η παροχή συμβουλευτικών υπηρεσιών προς αυτή. Η παροχή αυτών των συμβουλών αλλά και η αναφορά της επίδοσης τους συστήματος προωθείται στη διοίκηση μέσω του παράγοντα της *Αξιολόγησης(Evaluation)* στην έξοδο του κόμβου.

Εκτίμηση Επικινδυνότητας – Risk Assessment

Στον τομέα αυτό γίνεται η αξιολόγηση όλων των πιθανών σεναρίων ατυχημάτων και η αποσαφήνιση των επιπτώσεων τους στην ασφάλεια του οργανισμού. Αποτελεί από τα σημαντικότερα στοιχεία του ΣΔΑ, καθώς ασχολείται άμεσα με τα ατυχήματα και αστοχίες που συμβαίνουν στο σύστημα. Ο κόμβος αυτός λειτουργεί και προληπτικά προτού συμβεί κάποια αστοχία, αλλά και αφού συμβεί αυτή. Παράγει δηλαδή δυναμικά γνώση σχετικά με οποιαδήποτε παράλειψη ή παράβλεψη και πως αυτή θα επηρεάσει τον οργανισμό. Γνωμοδοτεί προς τη διοίκηση και με βάση τα συμπεράσματα που θα παρουσιάσει τα ανώτερα κλιμάκια θα λάβουν τις κατάλληλες αποφάσεις. Οι αποφάσεις αυτές θα έχουν ως σκοπό την πρόληψη αλλά και αντιμετώπιση απευκταίων κατασάσεων.



Εικόνα 3.8: Ο κόμβος Εκτίμησης Επικινδυνότητας (Risk Assessment) και οι παράγοντές του

Ο παράγοντας *Αναγνώριση Προβλημάτων (Problem ID)* στην είσοδο, έρχεται από τον κόμβο της Παρακολούθησης Επιδόσεων και περιγράφει το πρόβλημα προς ανάλυση. Το αποτέλεσμα της ανάλυσης θα αποτυπωθεί στην έξοδο του κόμβου με τη μορφή του παράγοντα *Σενάρια Ατυχημάτων (Accident Scenarios)*.

Σενάρια Ατυχημάτων (Accident Scenarios): Περιγράφονται επακριβώς οι συνέπειες οποιασδήποτε αστοχίας ή παράβλεψης και ενημερώνεται άμεσα η διοίκηση. Παράλληλα, περιέχονται τα προτεινόμενα μέτρα ενέργειας με σκοπό την πρόληψή τους, ή την αντιμετώπιση σε περίπτωση που έχουν ήδη συμβεί. Ο παράγοντας αυτός είναι από τους πλέον σημαντικούς στη σωστή λειτουργία του ΣΔΑ. Τυχών υποεκτίμηση ή υπερεκτίμηση κάποιων γεγονότων μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένες κινήσεις από πλευράς διοίκησης και αποπροσανατολισμό από άλλα πιο σοβαρά προβλήματα.

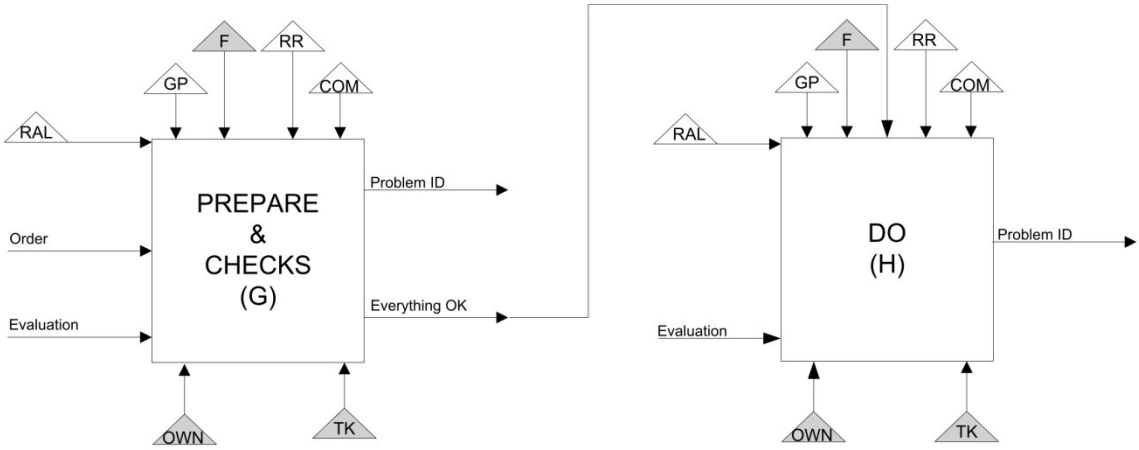
3.2.2 Κόμβοι Δευτέρου Επιπέδου

Η ύπαρξη του δευτέρου επιπέδου εξυπηρετεί όπως αναφέραμε και παραπάνω την αρτιότερη περιγραφή της λειτουργίας του ΣΔΑ. Ταυτόχρονα όμως, προσθέτει και ένα άλλο πολύ σημαντικό πλεονέκτημα το οποίο δεν είναι άμεσα αντιληπτό. Θεωρητικά, με το να προσθέτουμε επίπεδα και πολυπλοκότητα στο σύστημα αυτό γίνεται πιο αργό και πιο εξειδικευμένο. Στην πραγματικότητα όμως, μας δίνεται η δυνατότητα να μεταφέρουμε ένα συγκεκριμένο όγκο αρμοδιοτήτων και ενεργειών στα στοιχεία του δευτέρου επιπέδου λειτουργώντας έτσι ευεργετικά προς αυτά του πρώτου επιπέδου. Η υλοποίηση αυτή στηρίζεται στις αρχές της αποκέντρωσης των αρμοδιοτήτων και

του καταμερισμού των ευθυνών. Πρακτικά το μοντέλο αυτό εφαρμόζεται κατά κόρον σε επιχειρήσεις και οργανισμούς, ανάλογα βέβαια με το μέγεθός τους.

Η γενική δομή του επιπέδου ακολουθεί τις αρχές του κύκλου του Deming και αποτελείται από τρία κυρίως στάδια. Στο πρώτο, γίνεται ο Σχεδιασμός (PLAN) για τις λειτουργίες και θέματα που αφορούν το επίπεδο αυτό.

Στο δεύτερο στάδιο, έγινε ειδική πρόνοια για επιχειρήσεις οι οποίες διαχειρίζονται επικίνδυνα υλικά λαμβάνοντας σημαντικά δεδομένα από το πραγματικό σενάριο ανεφοδιασμού μαχητικού αεροσκάφους με καύσιμο. Σε αυτές τις περιπτώσεις, το στάδιο της εκτέλεσης της εργασίας είναι εξαιρετικά σημαντικό καθώς σε αυτό γίνεται η άμεση αλληλεπίδραση με το επικίνδυνο υλικό. Στο παράδειγμα του ανεφοδιασμού αεροσκάφους το επικίνδυνο υλικό είναι το καύσιμο. Το στάδιο της εκτέλεσης που περιγράφει η εν λόγω μεθοδολογία έχει διασπαστεί στο μοντέλο μας σε δύο υποενότητες εξαιτίας της σημαντικότητάς της (Εικόνα 3.10). Αυτές είναι η ενότητα της Προετοιμασίας και Ελέγχων(Prepare & Checks) και η ενότητα της Εκτέλεσης (DO).



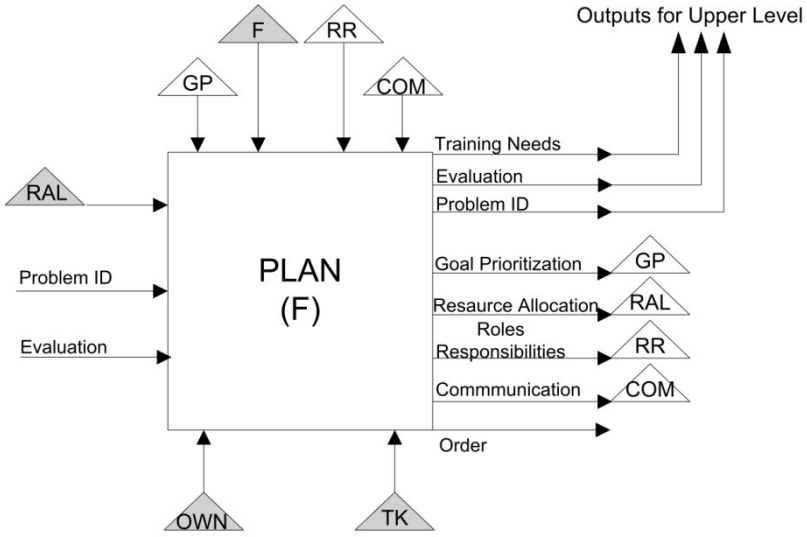
Εικόνα 3.9: Στάδιο Εκτέλεσης στο δεύτερο επίπεδο. Αποτελείται από τις ενότητες της Προετοιμασίας και Ελέγχου (Prepare & Checks) και Εκτέλεσης (DO)

Στο τρίτο στάδιο του επιπέδου υπάρχει το στοιχείο της Επιδιόρθωσης (CORRECT). Πρόκειται για τον επιτόπου επιβλέπων της όλης διαδικασίας ο οποίος αναλαμβάνει χρέη ελεγκτή του σταδίου της Εκτέλεσης, αλλά και χρέη συνδέσμου επικοινωνίας με το στοιχείο του Σχεδιασμού. Συχνά μπορεί να είναι μόνο ένα άτομο, όπως για παράδειγμα ένας από τους πιο έμπειρους μηχανικούς ενός τομέα ή ο αξιωματικός υπηρεσίας στο σενάριο του ανεφοδιασμού του αεροσκάφους.

Ας δούμε όμως σε αυτό το σημείο αναλυτικά όλους τους κόμβους και τη λειτουργία τους.

Σχεδιασμός – Plan

Το στοιχείο αυτό αντιπροσωπεύει τη διοίκηση του τομέα των λειτουργιών και αποτελεί το συνδετικό κρίκο ανάμεσα στα δύο επίπεδα. Είναι η πύλη που λαμβάνει τις εισόδους του τομέα και διαμοιράζει κατάλληλα στο εσωτερικό του όλους τους διαθέσιμους πόρους. Επίσης, μέσω αυτού του κόμβου στέλνονται τα αποτελέσματα των εσωτερικών διεργασιών προς τα ανώτερα κλιμάκια και αναφέρονται τυχών λάθη ή αστοχίες. Ο κόμβος και οι παράγοντές του φαίνονται στην Εικόνα 3.9.



Εικόνα 3.10: Ο κόμβος Σχεδιασμός (PLAN) του δευτέρου επιπέδου και οι παράγοντές του

Ο παράγοντες που εμφανίζονται γραμμοσκιασμένοι είναι αυτοί που έρχονται απευθείας από το ανώτερο επίπεδο και χρησιμοποιούνται αυτούσιοι από όλα τα στοιχεία του δευτέρου επιπέδου. Αυτοί είναι, η Τυποποίηση (F), ο Καταμερισμός Πόρων (RAL) στην είσοδο του κόμβου, η Τεχνική Γνώση (TK) και το Αίσθημα Ευθύνης (OWN) που όπως αναφέρθηκε παραπάνω υπάρχει έμφυτο στους εργαζόμενους αλλά αποτελεί από τους πλέον σημαντικούς και αστάθμητους παράγοντες του συστήματος. Στη είσοδο του κόμβου συναντάμε τους εξής παράγοντες:

Καταμερισμός Πόρων (RAL): Όλοι οι πόροι που αφορούν το δεύτερο επίπεδο παραλαμβάνονται από τον κόμβο του Σχεδιασμού και αυτός αναλαμβάνει να τους διανείμει στα υπόλοιπα στοιχεία του επιπέδου ανάλογα με τις συγκεκριμένες ανάγκες τους.

Αναγνώριση Προβλημάτων (Problem ID): Για οποιοδήποτε πρόβλημα παρουσιαστεί κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας του δευτέρου επιπέδου ενημερώνεται η τοπική διοίκηση. Αυτή θα λάβει τα κατάλληλα μέτρα για την αντιμετώπισή του ή την

πρόληψη για να μην ξανασυμβεί εάν επιλύθηκε ήδη. Να σημειωθεί ότι εδώ περιλαμβάνονται και πιθανές εκπαιδευτικές ανάγκες που θα εμφανιστούν κατά τη λειτουργία των υπόλοιπων στοιχείων του επιπέδου. Αν και υπάρχει παράγοντας Εκπαιδευτικές Ανάγκες, δεν θεωρήθηκε σκόπιμο να χρησιμοποιηθεί από τα εσωτερικά στοιχεία του επιπέδου καθότι αυτά δεν μπορούν να αιτηθούν έναρξη διαδικασίας εκπαίδευσης. Αυτό γίνεται μόνο από τον κόμβο του Σχεδιασμού που επικοινωνεί με το ανώτερο επίπεδο.

Αξιολόγηση (Evaluation): Η αξιολόγηση όλων των διαδικασιών του επιπέδου αναφέρεται στο τμήμα του Σχεδιασμού και αυτό επακόλουθα ενημερώνει τα ανώτερα κλιμάκια.

Ο κόμβος παρέχει στη έξοδο δύο ειδών παράγοντες. Αυτοί οι οποίοι παρέχουν δεδομένα και πόρους προς τα λοιπά στοιχεία του επιπέδου και αυτοί οι οποίοι προωθούνται προς το ανώτερο επίπεδο.

Στην πρώτη κατηγορία περιλαμβάνονται οι παράγοντες Καταμερισμός Πόρων (RAL), Ιεράρχηση Στόχων (GP), Ρόλοι και Αρμοδιότητες (RR) και Επικοινωνίες (COM). Ο ρόλος του τομέα του σχεδιασμού σε αυτό το σημείο είναι να προσαρμόζει τα σχέδια και τους παρεχόμενους από την κεντρική διοίκηση πόρους στις απαιτήσεις του επιπέδου των λειτουργιών. Έτσι, προχωράει στην εσωτερική κατανομή των παρεχόμενων πόρων, στην ιεράρχηση των εσωτερικών στόχων του τμήματος καθώς και στην οριοθέτηση των ρόλων και των αρμοδιοτήτων του προσωπικού του τομέα. Εννοείται ότι όλες οι αποφάσεις του οφείλουν να υπακούουν στις γενικές επιταγές της κεντρικής διοίκησης.

Η δεύτερη κατηγορία παραγόντων αποτελεί στην ουσία το έτερον ήμισυ της διεπαφής ανάμεσα στα δύο επίπεδα. Περιλαμβάνει τα δεδομένα που αποστέλλονται προς το πρώτο επίπεδο παραλείποντας όποια πληροφορία αποτελεί τοπικού ενδιαφέροντος. Αναλυτικά οι παράγοντες είναι οι παρακάτω.

Εκπαιδευτικές Ανάγκες (Training Needs): Πιθανές ανάγκες για εκπαίδευση των στοιχείων του δευτέρου επιπέδου μεταβιβάζονται στον κόμβο την Εκπαίδευσης όπου και ικανοποιούνται.

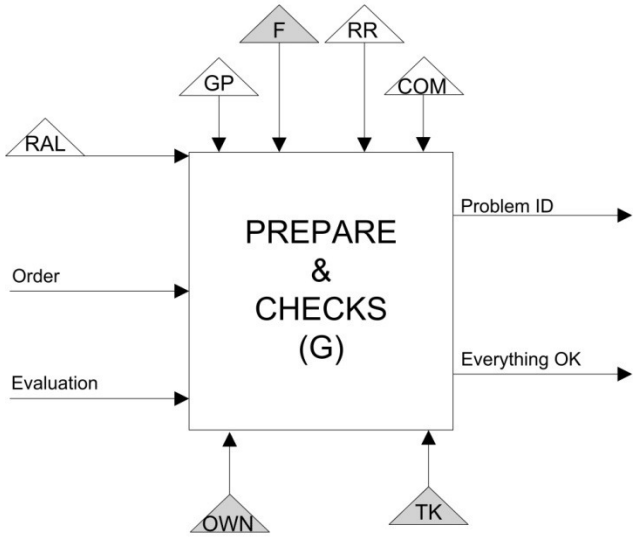
Αναγνώριση Προβλημάτων (Problem ID): Τα προβλήματα που αναγνωρίζονται κατά τη διάρκεια λειτουργίας του δευτέρου επιπέδου προωθούνται μέσω του ομώνυμου παράγοντα στην είσοδο του κόμβου του Σχεδιασμού. Από αυτά τα προβλήματα, μερικά είναι άμεσα επιλύσιμα σε τοπικό επίπεδο ενώ άλλα απαιτούν τη συνδρομή

των ανωτέρων κλιμακίων. Η δεύτερη κατηγορία προβλημάτων περιγράφεται από αυτόν τον παράγοντα και προωθείται προς το πρώτο επίπεδο.

Αξιολόγηση (Evaluation): Η αξιολόγηση όλου του τμήματος παρέχεται μέσω αυτού του παράγοντα προς τα ανώτερα στρώματα. Σε αυτήν παραλείπονται οι εσωτερικές λεπτομέρειες του τομέα και τονίζονται μόνο τα στοιχεία που αφορούν το ανώτερο επίπεδο διοίκησης.

Προετοιμασία και Έλεγχοι – Prepare & Checks

Στο στάδιο της Προετοιμασίας και των Ελέγχων εκτελούνται όλοι οι απαραίτητοι έλεγχοι σχετικά με την κατάσταση των υλικών που χρησιμοποιούνται για την διαχείριση (παραγωγή, μεταφορά, μεταφόρτωση κ.α.) της επικίνδυνης ουσίας. Οι έλεγχοι αυτοί είναι μείζονος σημασίας καθώς μόνο όταν εξασφαλιστεί ότι όλα λειτουργούν ορθώς μπορεί να ξεκινήσει η οποιαδήποτε διαδικασία.



Εικόνα 3.11: Ο κόμβος Προετοιμασίας και Ελέγχου (Prepare & Checks) και οι παράγοντές του

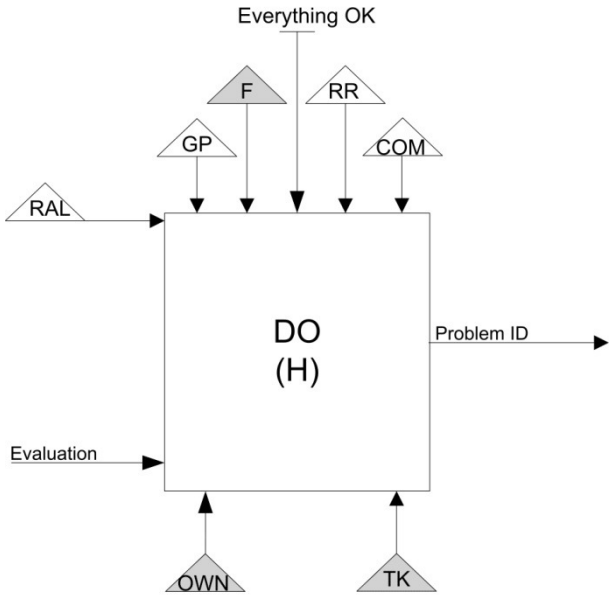
Ο παράγοντας εισόδου *Αξιολόγηση (Evaluation)* χρησιμοποιείται σε αυτό το σημείο με τρόπο ελαφρώς διαφορετικό από ότι στο υπόλοιπο σύστημα. Συγκεκριμένα, ο παράγοντας περιλαμβάνει τις υποδείξεις του επιβλέποντα της διαδικασίας (στοιχείο CORRECT που θα αναλυθεί σε λίγο) οι οποίες έρχονται με μορφή επιτόπιας αξιολόγησης της ποιότητας της εργασίας του παρόντος κόμβου. Εάν κάποιο προφανές σφάλμα συμβαίνει, τότε το στοιχείο της Επιδιόρθωσης (CORRECT) επεμβαίνει για να το διορθώσει προλαμβάνοντας χειρότερες καταστάσεις.

Τυχών προβλήματα που μπορεί να εμφανιστούν κατά τη διάρκεια των ελέγχων μεταφέρονται προς τους αρμόδιους για επίλυση μέσω του παράγοντα *Αναγνώριση Προβλήματος (Problem ID)*. Ο πρώτος που ενημερώνεται για τα προβλήματα αυτά είναι το στοιχείο Επιδιόρθωσης το οποίο μπορεί είτε να προβεί σε άμεση επίλυση εάν πρόκειται για κάτι το απλό είτε να ενημερώσει τα άνωθεν κλιμάκια για περαιτέρω βοήθεια.

Η έξοδος "Όλα Καλά" (Everything OK) είναι στην ουσία το σήμα προς το επόμενο στάδιο ότι όλοι οι έλεγχοι ολοκληρώθηκαν επιτυχώς και ότι η διαδικασία μπορεί πλέον να ξεκινήσει.

Εκτέλεση – Do

Εφόσον λοιπόν ολοκληρωθούν όλοι οι έλεγχοι με επιτυχία, ενεργοποιείται το στοιχείο της Εκτέλεσης (DO), το οποίο περιλαμβάνει όλες εκείνες τις λειτουργίες που σχετίζονται με την παραγωγική διαδικασία. Εάν υποθέσουμε το σενάριο ανεφοδιασμού αεροσκάφους, σε αυτό το σημείο εκτελείται ο ανεφοδιασμός.



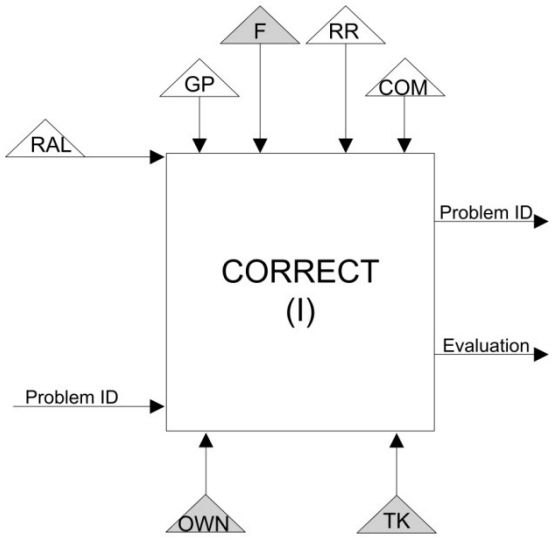
Εικόνα 3.12: Ο κόμβος Εκτέλεσης (DO) και οι παράγοντές του

Στα κριτήρια εκτέλεσης αυτού του κόμβου παρατηρούμε ότι υπάρχει και το σήμα "Όλα καλά" (Everything OK) το οποίο μόνο όταν ενεργοποιηθεί επιτρέπει την εκκίνηση των λειτουργιών.

Οι παράγοντες *Αξιολόγηση (Evaluation)* και *Αναγνώριση Προβλήματος (Problem ID)* έχουν τον ίδιο ρόλο και λειτουργικότητα με αυτούς του κόμβου Προετοιμασίας και Ελέγχων.

Επιδιόρθωση – Correct

Το στοιχείο αυτό, αναλαμβάνει χρέη επιβλέποντα της όλης παραγωγικής διαδικασίας. Επικοινωνεί άμεσα με τις δυο προηγούμενες ενότητες (Προετοιμασίας & Ελέγχου και Εκτέλεσης) και συντονίζει τις ενέργειές τους. Παράλληλα, διορθώνει επιτόπου τυχών επιπόλαιες αστοχίες ή παραλείψεις των εργαζομένων αποτρέποντας έτσι την εμφάνιση ατυχημάτων. Όπως προαναφέραμε στο Κεφάλαιο 2, τα ανθρώπινα σφάλματα αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα αίτια πρόκλησης ατυχημάτων. Η ύπαρξη ενός σωστού και στιβαρού στοιχείου CORRECT αποτρέπει σε μεγάλο βαθμό την εμφάνιση τέτοιων γεγονότων στο ιδιαίτερα κρίσιμο κομμάτι των λειτουργιών και της παραγωγικής διαδικασίας.



Εικόνα 3.13: Ο κόμβος Επιδιόρθωσης (CORRECT) και οι παράγοντές του

Ο παράγοντας εισόδου *Αναγνώριση Προβλημάτων (Problem ID)*, μεταφέρει στον κόμβο CORRECT τις αιτήσεις για βοήθεια από τους κόμβους Προετοιμασίας & Ελέγχων και Εκτέλεσης.

Εάν τα προβλήματα είναι άμεσα επιλύσιμα από το CORRECT, τότε η λύση επιστρέφεται με τη μορφή του παράγοντα *Αξιολόγησης (Evaluation)* προς τον κόμβο που αιτήθηκε τη βοήθεια αλλά και προς τη διοίκηση του τομέα με σκοπό να ενημερώνεται πλήρως για τα τεκταινόμενα. Ταυτόχρονα ο παράγοντας της

αξιολόγησης περιλαμβάνει τη γνώμη του επιβλέποντα για την ποιότητα με την οποία ολοκληρώθηκε η διαδικασία.

Εάν η επίλυση δεν είναι προφανής ή απαιτεί μέσα που δεν διατίθενται επιτόπου, τότε ενημερώνεται το ανώτερο κλιμάκιο μέσω του παράγοντα *Αναγνώριση Προβλήματος (Problem ID)* στην έξοδο του κόμβου. Τυχών αιτήσεις για περεταίρω εκπαίδευση του προσωπικού μεταφέρονται μέσω του ίδιου παράγοντα στο στοιχείο του Σχεδιασμού και μετά μέσω του παράγοντα Εκπαιδευτικές Ανάγκες (Training Needs) στο τμήμα Εκπαίδευσης.

Η μη χρησιμοποίηση του παράγοντα Εκπαιδευτικές Ανάγκες εξ' αρχής έγκειται στο γεγονός ότι τα εσωτερικά στοιχεία του επιπέδου των λειτουργιών δεν διαθέτουν απευθείας πρόσβαση στον κόμβο της Εκπαίδευσης, παρά μόνο μέσω του Σχεδιασμού. Άρα η έλλειψη εκπαίδευσης αντιμετωπίζεται τοπικά σαν ένα κοινό πρόβλημα και μειώνουμε την πολυπλοκότητα χρησιμοποιώντας μόνο τον παράγοντα Αναγνώριση Προβλήματος.

3.3 Ανάλυση Βρόχων του Συστήματος

Το προτεινόμενο σύστημα διαχείρισης ασφάλειας βασίζεται στη λογική της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στα στοιχεία και τους παράγοντες που το απαρτίζουν. Πρόκειται για ένα μοντέλο ροής ενεργειών όπου προσδιορίζονται επακριβώς οι συνδέσεις μεταξύ των στοιχείων και των παραγόντων αλλά και οι συσχετίσεις ανάμεσα στα στοιχεία. Με βάση αυτή τη μοντελοποίηση μπορούμε να προχωρήσουμε σε μια ανάλυση του συστήματος με τη βοήθεια βρόχων ροής ενεργειών (workflow loops). Μέσω της ανάλυσης αποσαφηνίζονται οι σημαντικότερες λειτουργίες ενός οργανισμού και κυρίως διακρίνονται οι παράγοντες που παίζουν το σημαντικότερο ρόλο στην εύρυθμη λειτουργία του.

Ως *βρόχος ροής ενεργειών* ορίζεται ένα σύνολο οργανωτικών και διαχειριστικών παραγόντων οι οποίοι συνδέουν τους κόμβους τους συστήματος και περιγράφουν τη λογική αλληλουχία των ενεργειών που πρέπει να εκτελούνται για την ομαλή λειτουργία του συστήματος. Τα χαρακτηριστικά των βρόχων είναι τα παρακάτω.

- Κάθε βρόχος πρέπει να είναι κλειστός, δηλαδή να ξεκινάει και να καταλήγει στον ίδιο κόμβο. Η αρχή κάθε κόμβου μπορεί να είναι οποιοσδήποτε παράγοντας εξόδου ενός στοιχείου και το τέλος του ένας ή και περισσότεροι παράγοντες εισόδου/πόρων/ελέγχου του ίδιου στοιχείου.

- Κάθε βρόχος είναι διακριτός στο χρόνο με συγκεκριμένο χρόνο υλοποίησης.
- Ένας βρόχος μπορεί να εκτελείται σε σειρά ή παράλληλα με άλλους βρόχους.
- Κάθε βρόχος είναι λειτουργικά ανεξάρτητος και περιλαμβάνει ένα στόχο ο οποίος πρέπει να επιτευχθεί μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρόνο.

Υπάρχουν δύο ειδών κόμβοι ανάλογα με το χρόνο που απαιτούν για την ολοκλήρωση της αποστολής τους.

- *Βρόχοι ταχείας απόκρισης:* Είναι οι βρόχοι που προσφέρουν το αποτέλεσμα της διεργασίας τους σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα. Σε αυτή την κατηγορία πρέπει να ανήκουν οι βρόχοι που περιλαμβάνουν διεργασίες άμεσα συσχετιζόμενες με τη διαχείριση κρίσιμων καταστάσεων και πιθανού ατυχήματος.
- *Βρόχοι βραδείας απόκρισης:* Είναι οι βρόχοι που απαιτούν μεγάλο χρονικό διάστημα προκειμένου να προσφέρουν τα αποτελέσματα της διεργασίας που περιγράφουν. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της κατηγορίας αποτελεί η οικογένεια βρόχων που σχετίζεται με το στοιχείο της Εκπαίδευσης τα αποτελέσματα του οποίου αργούν να φανούν.

Στην διεπίπεδη υλοποίηση που προτείνεται εδώ, ένα σημαντικό χαρακτηριστικό το οποίο επηρεάζει το χρόνο απόκρισης κάθε βρόχου είναι η *εμβέλεια* στην οποία λειτουργεί. Αν για παράδειγμα ο βρόχος επηρεάζεται από τους παράγοντες μόνο του δευτέρου επιπέδου τότε θα είναι πιθανότατα ταχύτερης αντίδρασης από ένα άλλο που επηρεάζεται από παράγοντες και των δυο επιπέδων. Γενικά, όσο ψηλότερα ανεβαίνουμε στην ιεραρχία και όσο ανώτερα κλιμάκια απαιτούνται για τη λήψη μιας απόφασης ή εκτέλεση μιας ενέργειας, οι κόμβοι γίνονται όλο και βραδύτερης απόκρισης.

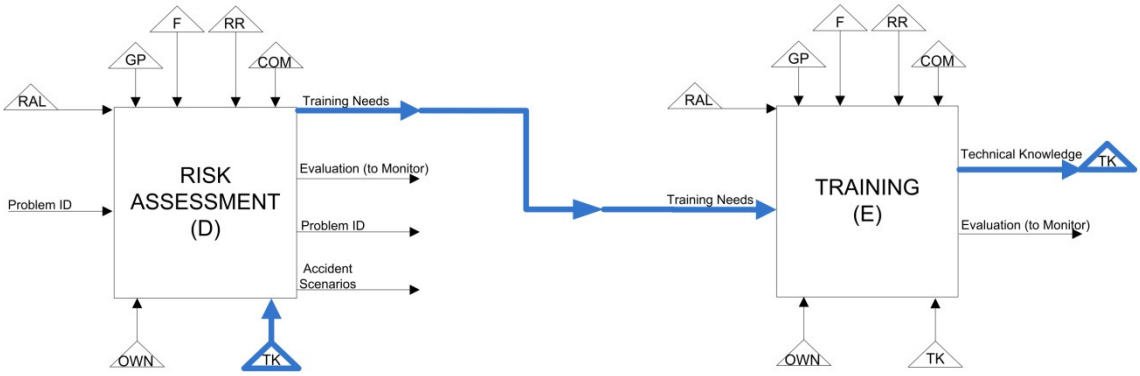
Κάθε βρόχος περιγράφεται από δυο σημαντικές έννοιες οι οποίες είναι η αξιοπιστία και η αποτελεσματικότητα.

- *Αξιοπιστία:* Οι παράγοντες οι οποίοι αποτελούν το βρόχο καθώς και τα στοιχεία που συνδέουν δεν πρέπει να αστοχούν όταν εκτελείται ο βρόχος.
- *Αποτελεσματικότητα:* Ο στόχος του βρόχου πρέπει να επιτυγχάνεται μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Από την ανάλυση της λειτουργίας του προτεινόμενου ΣΔΑ, προκύπτουν δυο κατηγορίες βρόχων οι οποίες είναι πολύ σημαντικές για την πρόληψη και αντιμετώπιση ατυχημάτων μέσα σε ένα οργανισμό. Στην πρώτη κατηγορία, οι βρόχοι

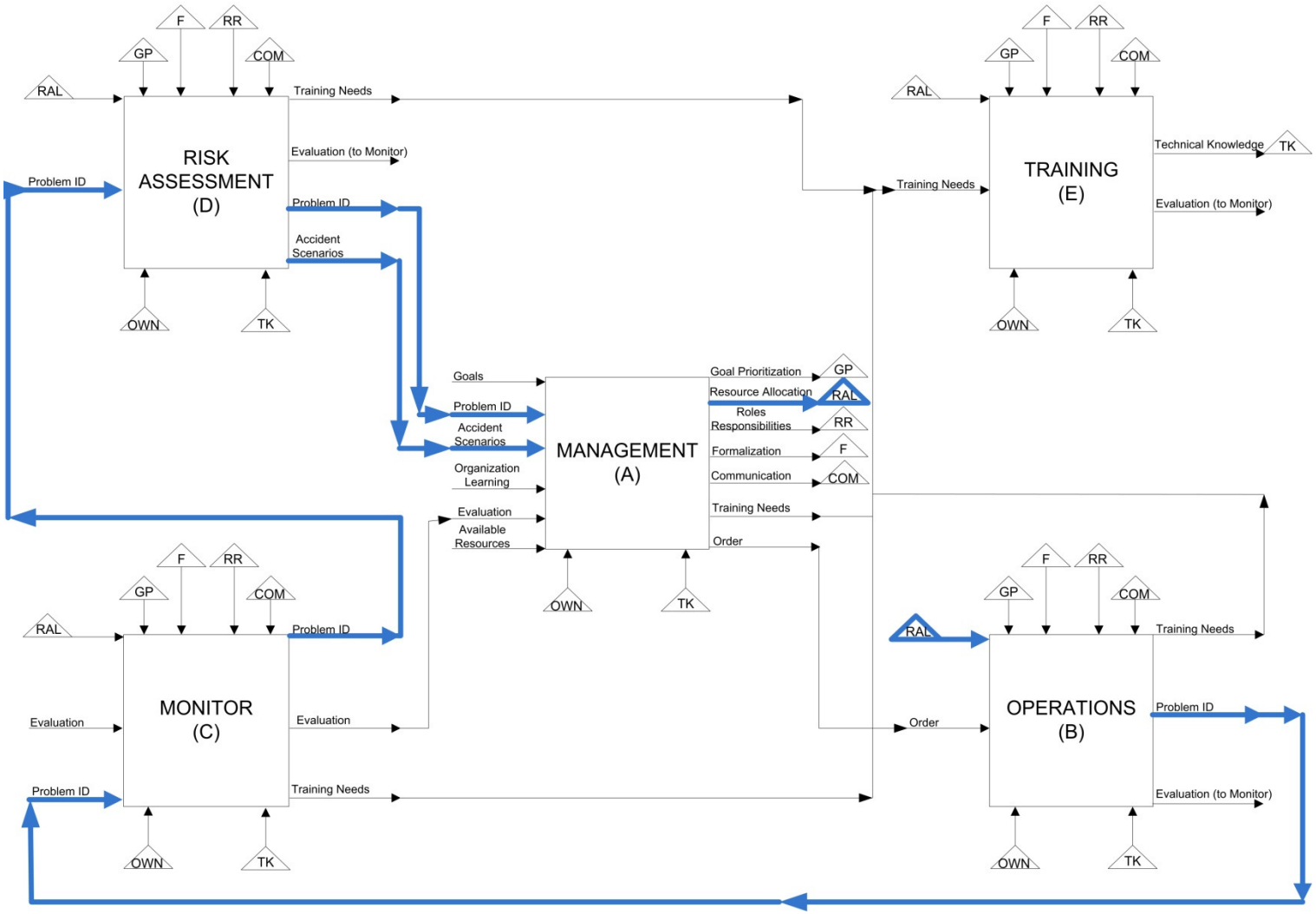
έχουν σαν αρχή τον παράγοντα Εκπαιδευτικές Ανάγκες (Training Needs), ενώ στη δεύτερη το παράγοντα Αναγνώριση Προβλήματος (Problem ID). Ας δούμε όμως ένα παράδειγμα από τον κάθε βρόχο.

Στην Εικόνα 3.14, παρουσιάζεται ένας βρόχος ο οποίος έχει σαν αρχή τον παράγοντα Εκπαιδευτικές Ανάγκες (Training Needs) και ξεκινάει από τον κόμβο Risk Assessment. Η αίτηση για εκπαίδευση παραδίδεται στον κόμβο Training και αφότου ολοκληρωθεί η εκπαιδευτική διαδικασία, ο κόμβος Training επιστρέφει το αποτέλεσμα με τη μορφή του παράγοντα Τεχνικές Γνώσεις (TK). Ο βρόχος κλείνει όταν επιστρέψει η πληροφορία στο στοιχείο Risk Assessment με τη μορφή πόρου.



Εικόνα 3.14: Παράδειγμα βρόχου με αρχή τον παράγοντα Εκπαιδευτικές Ανάγκες

Όσον αφορά τους βρόχους που ξεκινούν με τον παράγοντα Αναγνώριση προβλήματος (Problem ID), η διαχείρισή τους είναι παρόμοια με την παραπάνω περίπτωση. Συγκεκριμένα, στο σενάριο που αποτυπώνεται στην Εικόνα 3.15, αστοχεί ο παράγοντας Καταμερισμός Πόρων (RAL) στον κόμβο Operations. Μέσω του παράγοντα Αναγνώρισης Προβλημάτων (Problem ID) ενημερώνεται το Monitor και αυτό με τη σειρά του ενημερώνει το Risk Assessment προκειμένου να διερευνηθούν οι επιπτώσεις αυτής της αστοχίας. Στη συνέχεια, το Risk Assessment ενημερώνει τη Διοίκηση (Management) για το πρόβλημα αλλά και τα αποτελέσματα της μελέτης του. Τέλος η Διοίκηση αναλαμβάνει να επιδιορθώσει τον παράγοντα και να παραχωρήσει τους κατάλληλους πόρους στον τομέα των Λειτουργιών προκειμένου να συνεχίσει αυτός το έργο του.



Εικόνα 3.15: Παράδειγμα βρόχου με αρχή τον παράγοντα Αναγνώριση Προβλήματος (Problem ID)

Κεφάλαιο 4

Υλοποίηση του ΣΔΑ σε Δίκτυα Πέτρι

Η μοντελοποίηση που περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο βασίστηκε στη μεθοδολογία SADT προκειμένου να περιγράψει τη λειτουργία του ΣΔΑ σαν ένα σύστημα ροής ενεργειών. Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφουμε το προηγούμενο σύστημα μοντελοποιημένο με τη βοήθεια των δικτύων Πέτρι. Τονίζεται η χρησιμότητα των δικτύων Πέτρι και το ποια χαρακτηριστικά και ποιες καινοτομίες εισάγουν στο σύστημα. Παράλληλα, αναλύεται πλήρως η λειτουργικότητα του δικτύου και προτείνεται ένα πλήθος σεναρίων στα οποία μπορεί να βρει εφαρμογή.

4.1 Πλεονεκτήματα υλοποίησης σε Δίκτυα Πέτρι

Τα δίκτυα Πέτρι και η μέθοδος SADT αποτελούν δύο ευρύτατα διαδεδομένες μεθοδολογίες μοντελοποίησης και περιγραφής συστημάτων. Διαθέτουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά αλλά διαφέρουν σε αρκετούς τομείς πράγμα που καθιστά διακριτούς τους ρόλους τους.

Αμφότερες οι μέθοδοι δίνουν γραφικές αναπαραστάσεις του υπό μοντελοποίηση συστήματος. Σε αυτές περιέχονται τα κυριότερα δομικά στοιχεία του συστήματος καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους. Παράλληλα, και οι δύο μέθοδοι υποστηρίζουν ιεραρχικά μοντέλα τα οποία χρησιμεύουν στην περιγραφή πολυσύνθετων εφαρμογών.

Η μεγαλύτερη τους διαφορά έγκειται στην ικανότητα των δικτύων Πέτρι να προσθέτουν εξεζητημένη λειτουργικότητα και πολυπλοκότητα στο σύστημα με τη χρήση της γλώσσας προγραμματισμού SML. Με αυτό τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να προσδώσει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά στο μοντέλο του καθώς και να το

προσομοιώσει πάνω σε πληθώρα σεναρίων επαληθεύοντας έτσι την σωστή λειτουργία του.

Στης παρούσα μελέτη, αποφασίστηκε η υλοποίηση του προτεινόμενου μοντέλου σε δίκτυα Πέτρι για τους παρακάτω κυρίως λόγους:

- Το μοντέλο που περιγράφεται με τη χρήση της SADT είναι στατικό και δεν προσδίδει τη δυνατότητα κάποιου είδους αλληλεπίδρασης με το χρήστη. Η λειτουργικότητά του περιορίζεται στην περιγραφή των δομικών στοιχείων που απαρτίζουν το σύστημα καθώς και των παραγόντων μέσω των οποίων επικοινωνούν. Δεν υπάρχει δηλαδή κάποιου είδους πρόνοια για την εισαγωγή ποσοτικών στοιχείων στο σύστημα. Εν αντιθέσει, στα δίκτυα Πέτρι είναι δυνατή η εισαγωγή πραγματικών δεδομένων όπως για παράδειγμα η πιθανότητα αστοχίας κάποιου παράγοντα ή η λογική λειτουργίας κάποιου κόμβου, πράγμα που ενισχύει τη ρεαλιστικότητα του τελικού συστήματος.
- Η παραπάνω έλλειψη αλληλεπίδρασης και η μη εισαγωγή ποσοτικών δεδομένων έχει ως συνέπεια το σύστημα να είναι αρκετά θεωρητικό. Με τα δίκτυα Πέτρι, το σύστημα αποκτάει τη δυνατότητα άμεσης εφαρμογής πάνω σε πραγματικά σενάρια.
- Με τη βοήθεια των δικτύων Πέτρι μπορούν να εξαχθούν στατιστικά στοιχεία σχετικά με τη λειτουργία του συστήματος αφού υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης των δεδομένων που προκύπτουν από την προσομοίωση του. Στην περίπτωση δε, που οι προσομοιώσεις γίνονται με την εισαγωγή πραγματικών δεδομένων τότε μπορούμε να έχουμε μία αρκετά καλή εικόνα για το ποια στοιχεία του μοντέλου παίζουν το σημαντικότερο ρόλο στη λειτουργία του αλλά και για τις επιπτώσεις τυχών αστοχιών. Συγκεκριμένα, μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τους βρόχους που ενεργοποιούνται κατά την ομαλή λειτουργία του συστήματος ή κατά τη διάρκεια επίλυσης ενός προβλήματος, όπως επίσης και για το χρόνο που απαιτείται για την επίλυση μιας αστοχίας. Κατ’ αυτόν τον τρόπο μπορούμε να ελέγχουμε πιο άμεσα την ικανοποίηση ή μη των κριτηρίων αξιοπιστίας και αποτελεσματικότητας των βρόχων.

Γενικά, το δίκτυο που προκύπτει με χρήση των δικτύων Πέτρι αποτελεί ένα ευέλικτο εργαλείο μηχανικού το οποίο μπορεί να δώσει μια πιο απτή και ρεαλιστική εικόνα της λειτουργίας του ΣΔΑ βοηθώντας έτσι στη λήψη σημαντικών αποφάσεων.

4.2 Προδιαγραφές του Συστήματος

Το δίκτυο Πέτρι θα πρέπει να βασίζεται στις αρχές με τις οποίες μοντελοποιήθηκε το ΣΔΑ με χρήση της SADT. Άρα, όλη η λειτουργικότητα του μοντέλου που περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 3 θα μεταφερθεί αυτούσια στο Δίκτυο Πέτρι.

Η υλοποίηση θα πρέπει να είναι διεπίπεδη, με το πρώτο στάδιο να αντιστοιχεί στο ανώτερο επίπεδο διαχείρισης ενός οργανισμού και το δεύτερο στον τομέα των λειτουργιών του. Έτσι, στο πρώτο θα πρέπει να περιλαμβάνονται τα στοιχεία της Διοίκησης (Management), της Εκπαίδευσης (Training), των Λειτουργιών (Operations), της Παρακολούθησης Επιδόσεων & Ελέγχου (Monitor) και της Εκτίμησης Επικινδυνότητας (Risk Assessment). Στο δεύτερο επίπεδο τα αντίστοιχα στοιχεία είναι ο Σχεδιασμός (Plan), η Προετοιμασία & Έλεγχοι (Prepare & Checks), η Εκτέλεση (Do) και η Παρακολούθηση & Επιδιόρθωση (Correct).

Οι οργανωτικοί και διαχειριστικοί παράγοντες θα περιγράφονται με τη μορφή θέσεων και οι κόμβοι του ΣΔΑ με τη μορφή μεταβάσεων. Κάθε μετάβαση για να ενεργοποιηθεί θα πρέπει οι θέσεις εισόδου της να έχουν την απαραίτητη ποσότητα μαρκών, δηλαδή οι παράγοντες που περιγράφουν να έχουν μια συγκεκριμένη τιμή.

Στο πρώτο επίπεδο, το σύστημα θα πρέπει να εκκινεί από τον κόμβο της Διοίκησης και να συνεχίζει με τον κόμβο των Λειτουργιών. Στο σημείο αυτό, ο έλεγχος περνάει στο δεύτερο επίπεδο και μετά την ολοκλήρωση της λειτουργάς του ενεργοποιείται ο κόμβος της Παρακολούθησης Επιδόσεων & Ελέγχου. Εάν έχει εμφανιστεί κάποιο πρόβλημα μέχρι αυτό το σημείο, τότε πρέπει να ενεργοποιηθεί ο κόμβος Εκτίμησης Επικινδυνότητας ειδάλλως παρακάμπτεται. Το ίδιο ισχύει και για τον κόμβο της Εκπαίδευσης εάν έχουν εμφανιστεί εκπαιδευτικές ανάγκες ή όχι.

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, η ύπαρξη του δευτέρου επιπέδου βοηθάει στην αποκέντρωση των αρμοδιοτήτων μέσα στον οργανισμό καθώς και στην αποφόρτιση του ανώτερου επιπέδου από ένα συγκεκριμένο πλήθος αρμοδιοτήτων. Αυτές μεταφέρονται στα κατώτερα κλιμάκια των οποίων ο ρόλος ενισχύεται.

Το δεύτερο επίπεδο θα πρέπει να έχει πλήρη εποπτεία των δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται εντός των ορίων δικαιοδοσίας του. Δηλαδή, θα πρέπει να λειτουργεί σαν μια αυτόνομη οντότητα λαμβάνοντας αποφάσεις και επιλύοντας προβλήματα αποτελώντας ένα είδος φίλτρου που εξάγει προς τους ανωτέρους του μόνο τα απολύτως αναγκαία. Η συνδρομή των ανωτέρων κλιμακίων στην επίλυση προβλημάτων του δευτέρου επιπέδου θα πρέπει να γίνεται μόνο όταν έχουν

εξαντληθεί όλα τα περιθώρια για εύρεση λύσης τοπικά. Οι αρμοδιότητες διοίκησης και συντονισμού αναλαμβάνονται από το στοιχείο του Σχεδιασμού το οποίο ενεργοποιείται και πρώτο.

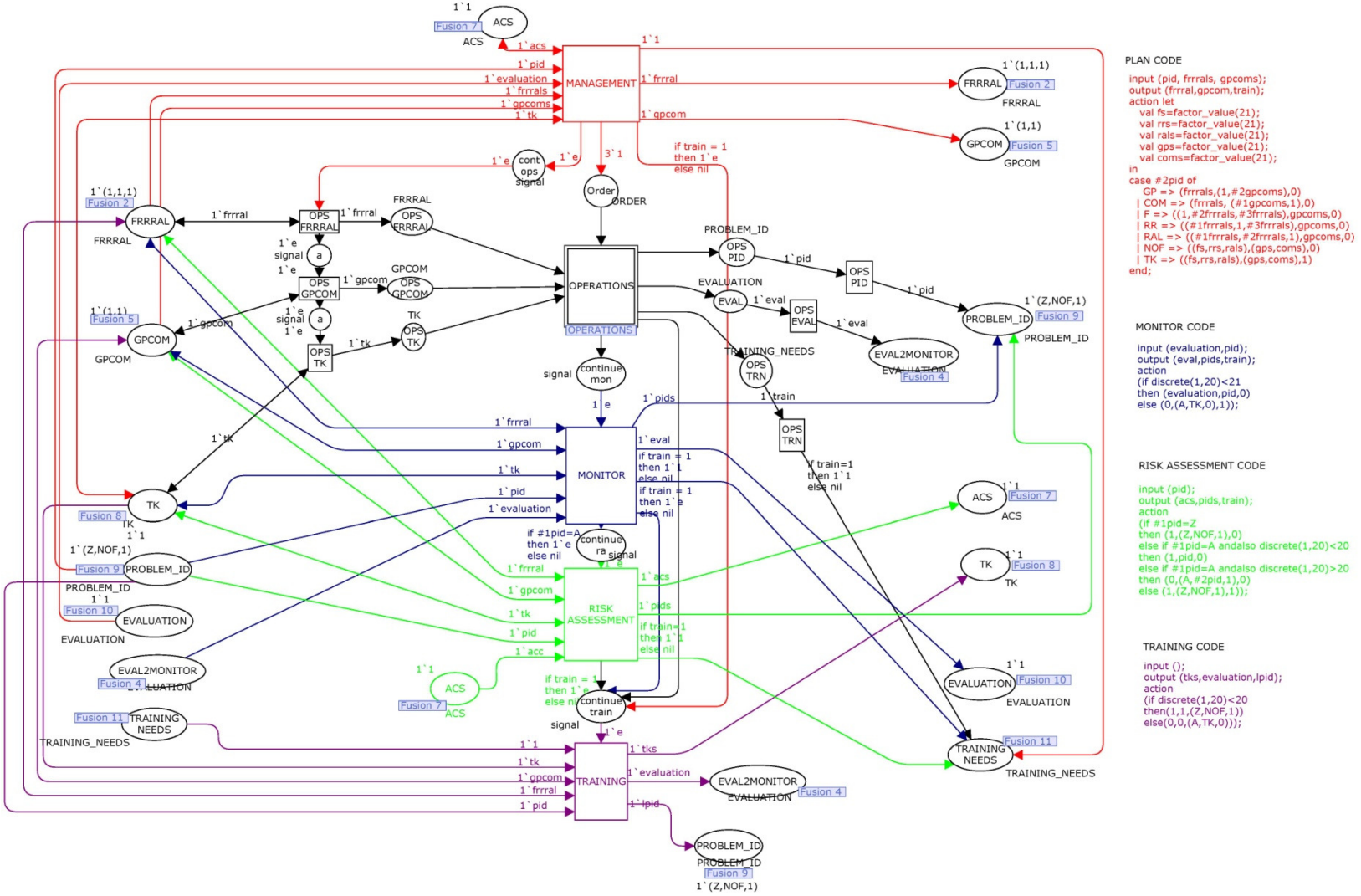
Ταυτόχρονα, θα πρέπει το σύστημα να είναι ευέλικτο για εφαρμογή σε πληθώρα σεναρίων και εφαρμογών. Η κύρια μεταβλητή την οποία θα επεξεργάζεται θα είναι η αξιοπιστία των οργανωτικών και διαχειριστικών παραγόντων. Η αξιοπιστία θα μετράται με τη μορφή της πιθανότητας αστοχίας τους η οποία φυσικά διαφέρει από οργανισμό σε οργανισμό.

Όσον αφορά τις τιμές που θα μπορεί να πάρει ένας παράγοντας, αυτές θα είναι δυαδικού τύπου και συγκεκριμένα μηδέν ή ένα. Με την τιμή μηδέν θα περιγράφεται η αστοχία ενός παράγοντα, ενώ με την τιμή ένα η σωστή λειτουργία του. Η υπόθεση αυτή υιοθετήθηκε ένεκα της έλλειψης γενικών αλλά καλά ορισμένων κριτηρίων για την περιγραφή μιας τρίτης κατάστασης η οποία θα αντιπροσώπευε την αποδεκτώς καλή λειτουργία ενός παράγοντα με μία τιμή.

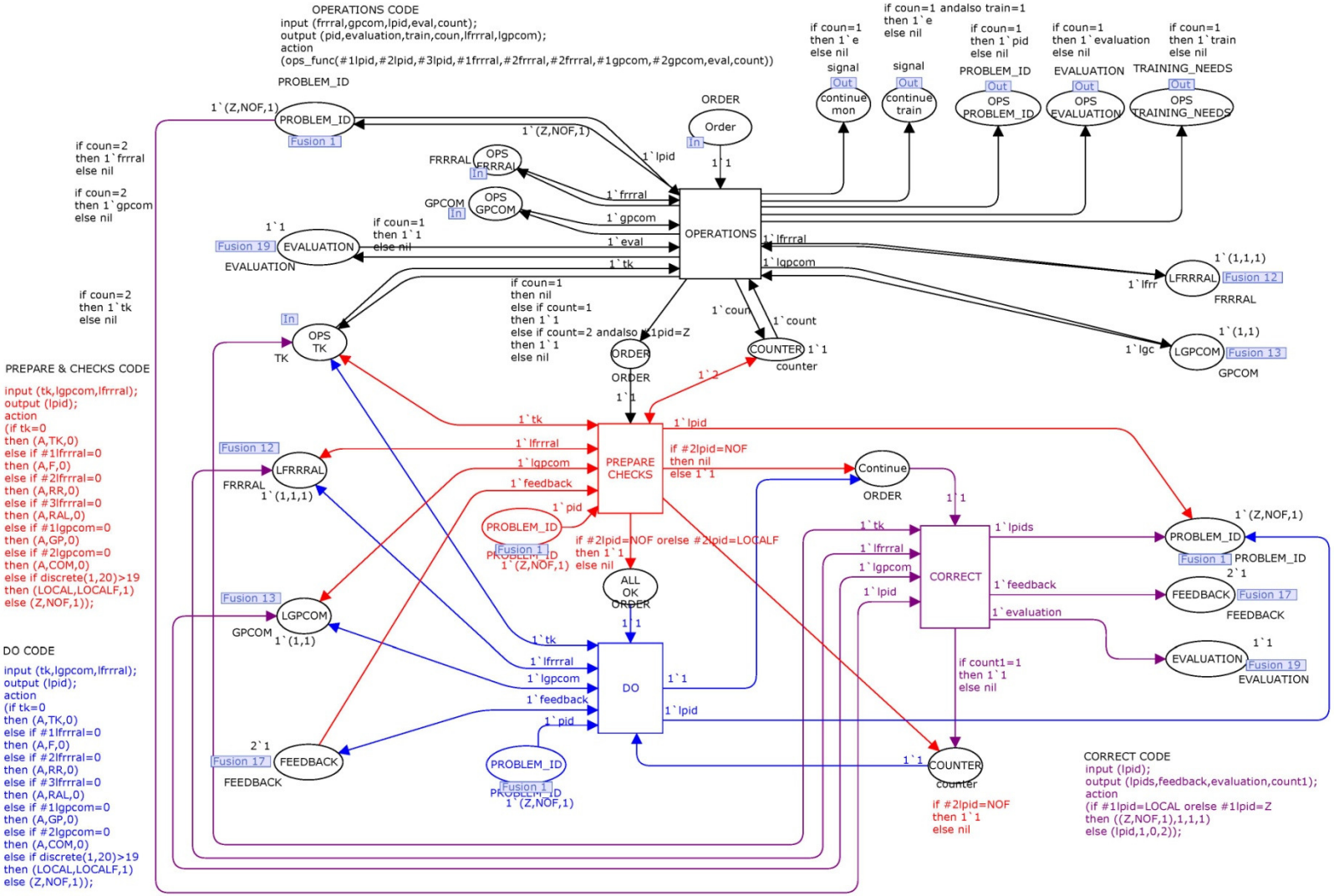
Συνακόλουθα, θα πρέπει να γίνει χρήση των χαρακτηριστικών των δικτύων Πέτρι που επιτρέπουν τη μεταφορά της πληροφορίας σε μεγάλα πακέτα μειώνοντας έτσι την “οπτική πολυπλοκότητα” του συστήματος.

4.3 Περιγραφή Λειτουργικότητας

Με βάση τις παραπάνω προδιαγραφές προχωρήσαμε στην υλοποίηση του ΣΔΑ με χρήση των δικτύων Πέτρι. Το δίκτυο αποτυπώνεται στις εικόνες 4.1 και 4.2.



Εικόνα 4.1: Πρώτο επίπεδο του δικτύου



Εικόνα 4.2: Δεύτερο επίπεδο του δικτύου

Όπως προαναφέραμε, οι οργανωτικοί και διαχειριστικοί παράγοντες περιγράφονται με τη μορφή θέσεων και τα στοιχεία του ΣΔΑ με τη μορφή μεταβάσεων. Οι περισσότερες θέσεις έχουν το όνομα του παράγοντα που περιγράφουν εκτός από μερικές. Αυτές είναι οι "FRRRAL" και "GPCOM" και αντιπροσωπεύουν δύο ομάδες παραγόντων. Στην πρώτη ομάδα βρίσκονται οι παράγοντες Τυποποίηση (F), Ρόλοι & Αρμοδιότητες (RR) και Καταμερισμός Πόρων (RAL) ενώ στη δεύτερη οι παράγοντες Ιεράρχηση Στόχων (GP) και Επικοινωνίες (COM). Η ομαδοποίηση αυτή έγινε εκμεταλλευόμενοι τα χαρακτηριστικά των δικτύων Πέτρι με σκοπό τον περιορισμό της πολυπλοκότητας του τελικού δικτύου. Οι παράγοντες σε κάθε ομάδα τοποθετήθηκαν με βάση τις σχετικές ομοιότητες τους είτε στο αντικείμενο που περιγράφουν είτε στο τρόπο με τον οποίο παράγονται οι τιμές τους (δηλαδή από ποιο στοιχείο βγαίνουν σαν έξοδοι).

Κάθε παράγοντας, μπορεί να πάρει τις τιμές μηδέν και ένα όπου το μηδέν αντιπροσωπεύει την αστοχία και το ένα την ορθή λειτουργία. Υπάρχει όμως πρόβλεψη να μπορεί να δοθεί και η τιμή δύο ή οποία θα αντιπροσωπεύει ένα αποδεκτό σημείο λειτουργίας του παράγοντα. Η συγκεκριμένη δυνατότητα δεν χρησιμοποιείται στο παρόν σύστημα αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μελλοντική εφαρμογή.

Από την παραπάνω λογική εξαιρείται ο παράγοντας Αναγνώριση Προβλήματος (Problem ID) του οποίου οι τιμή αποτελείται από τρία πεδία.

- Στο πρώτο πεδίο περιγράφεται το απρόοπτο γεγονός το οποίο συνέβη. Στο παράδειγμα του ανεφοδιασμού αεροσκάφους με καύσιμο, το απρόοπτο γεγονός μπορεί να είναι η διαρροή καυσίμου στην πίστα. Γενικά το γεγονός μπορεί να περιγραφεί με μια απλή συμβολοσειρά. Στη παρούσα υλοποίηση και προκειμένου το σύστημα να είναι γενικό, η μεταβλητή "γεγονός" μπορεί να πάρει τις τιμές A, LOCAL ή Z με πρόβλεψη να προστεθούν και όποιες άλλες επιθυμεί ο χρήστης. Η τιμή A αντιπροσωπεύει ένα οποιοδήποτε πιθανό συμβάν, η τιμή LOCAL αντιπροσωπεύει ένα ατυχές συμβάν που συνέβη στο δεύτερο επίπεδο και επιλύθηκε τοπικά (αναλυτικά στο εδάφιο 4.3.2) και η τιμή Z ότι δεν συνέβη κανένα γεγονός.
- Στο δεύτερο πεδίο αναφέρεται ο παράγοντας ο οποίος αστόχησε και προκάλεσε την εμφάνιση του ανεπιθύμητου γεγονότος. Οι τιμές της μεταβλητής "παράγοντας που αστόχησε" είναι GP, RAL, RR, F, COM, TK, LOCALF και NOF. Οι έξι πρώτες τιμές είναι προφανές ποιον παράγοντα περιγράφουν. Όσον αφορά την τιμή LOCALF, αυτή αντιπροσωπεύει ένα

παράγοντα που αστόχησε τοπικά στο δεύτερο επίπεδο και επιδιορθώθηκε επιτόπου (αναλυτικά στο εδάφιο 4.3.2). Η τιμή NOF απλά ενημερώνει ότι κανείς παράγοντας δεν παρουσίασε πρόβλημα.

- Το τρίτο πεδίο περιλαμβάνει την τιμή του παράγοντα που αστόχησε. Στην παρούσα εφαρμογή, οι τιμή του παράγοντα που αστοχεί είναι πάντα μηδέν, άρα και το πεδίο αυτό θα είναι πάντα μηδέν. Εάν όμως χρησιμοποιούνταν η πρόβλεψη για την υιοθέτηση και άλλων επιπέδων ποιότητας ενός παράγοντα τότε η τιμή αυτή μπορούσε να διαφέρει.

Σε περίπτωση που δεν εμφανιστεί κανένα σφάλμα τότε ο παράγοντας Problem ID παίρνει την τιμή (Z, NOF, 1) η οποία αντιπροσωπεύει την ορθή λειτουργία.

Παράλληλα, το σημαντικότερο χαρακτηριστικό που αφορά ένα παράγοντα είναι η πιθανότητα αστοχίας του. Είναι η παράμετρος πάνω στην οποία στηρίζεται όλη η μοντελοποίηση και διαφέρει ανάλογα με τον οργανισμό στον οποίο αναφερόμαστε. Με σκοπό το σύστημα να μπορεί να εφαρμοστεί σε πληθώρα σεναρίων, η πιθανότητα αστοχίας μπορεί να αλλάζει μεταβάλλοντας απλά το όρισμα της συνάρτησης που την παράγει. Η συνάρτηση αυτή συντάχθηκε με χρήση της γλώσσας CPN-ML και φαίνεται παρακάτω. Για περισσότερες πληροφορίες που αφορούν τη λειτουργικότητα των συναρτήσεων και όλων των ορισμάτων πάνω στο δίκτυο αναφερθείτε στο Παράρτημα 1.

```
fun factor_value(less_than)=
if discrete(1,20)<less_than
then 1
else 0;
```

Εικόνα 4.3: Συνάρτηση παραγωγής της πιθανότητας αστοχίας ενός παράγοντα

Χάρη στην ευελιξία που παρέχεται από το προγραμματιστικό περιβάλλον που υποστηρίζουν τα δίκτυα Πέτρι, μπορεί να γίνει στο σύστημα εισαγωγή πραγματικών δεδομένων για κάποιο οργανισμό και να εξαχθούν σημαντικά συμπεράσματα για τη συμπεριφορά του. Εισάγοντας τις πιθανότητες αστοχίας για τους παράγοντες μπορούμε να αναγνωρίσουμε σε ποια σημεία της λειτουργίας του ο οργανισμός θα παρουσιάσει πρόβλημα και με ποια συχνότητα. Επίσης, μπορούν να αναγνωριστούν με ακρίβεια οι βρόχοι που σχηματίζονται και κατά την ομαλή λειτουργία αλλά και σε περίπτωση αστοχίας. Σαν αποτέλεσμα, η διοίκηση του οργανισμού μπορεί να ξέρει ανά πάσα στιγμή ποια είναι η κατάσταση της επιχείρησης και να λάβει αποφάσεις

σχετικά με πιθανή συγχώνευση βρόχων που αλληλεπικαλύπτονται ή ικανοποίηση περισσότερων από ένα αιτήσεων σε ένα βρόχο.

Σε αυτό το σημείο θα εξηγήσουμε αναλυτικά την λειτουργικότητα κάθε κόμβου που απαρτίζει το σύστημα και στα δύο επίπεδα.

4.3.1 Κόμβοι Πρώτου Επιπέδου

Οι κόμβοι του πρώτου επιπέδου είναι η Διοίκηση, οι Λειτουργίες, η Παρακολούθηση Επιδόσεων & Έλεγχος, η Εκτίμηση Επικινδυνότητας και η Εκπαίδευση.

Διοίκηση – Management

Από τον κόμβο αυτό ξεκινάει η λειτουργία του συστήματος. Σαν είσοδο δέχεται τις υπάρχουσες τιμές των παραγόντων Τυποποίηση (F), Ρόλοι & Αρμοδιότητες (RR), Καταμερισμός Πόρων (RAL), Ιεράρχηση Στόχων (GP), Επικοινωνίες (COM), Σενάρια Ατυχημάτων (ACS) και Τεχνική Γνώση (TK) και Αναγνώριση Προβλήματος (Problem ID). Στην έξοδο δίνει τις νέες τιμές για τους παράγοντες F, RR, RAL, GP και COM όπως ορίζεται στο μοντέλο.

Την πρώτη φορά που θα εκκινήσει το σύστημα, ο κόμβος ανάλογα με τα δεδομένα για τις πιθανότητες αστοχίας των παραγόντων παράγει τις αρχικές τιμές τους. Η τιμή κάθε παράγοντα θα είναι ένα ή μηδέν ανάλογα με το αν η Διοίκηση τον όρισε σωστά ή όχι αντίστοιχα. Εάν η τιμή κάποιου παράγοντα είναι μηδέν, την πρώτη φορά που θα χρησιμοποιηθεί θα υπάρξει πρόβλημα. Στο παρόν σύστημα έγινε η παραδοχή ότι το πρόβλημα εμφανίζεται στον τομέα των Λειτουργιών καθότι αυτός είναι που μας ενδιαφέρει πρωτίστως.

Για την επίλυση πιθανού προβλήματος σε ένα από τους παράγοντες εξόδου του κόμβου θα πρέπει να γίνει πρώτα αίτηση για την επιδιόρθωσή του στον ίδιο κόμβο. Η αίτηση αυτή μεταφέρεται μέσω του παράγοντα Problem ID και με τη γνωμοδότηση του τομέα Εκτίμησης Επικινδυνότητας μέσω του παράγοντα Σενάρια Ατυχημάτων (ACS). Σε περίπτωση τέτοιας αίτησης διορθώνεται ο προβληματικός παράγοντας, όλοι οι υπόλοιποι παραμένουν ως έχουν και δρομολογούνται τα αποτελέσματα της επίλυσης προς το στοιχείο που παρουσίασε το πρόβλημα.

Λειτουργίες – Operations

Το στοιχείο αυτό αναλύεται σε ένα νέο επίπεδο του οποίου η λειτουργικότητα περιγράφεται παρακάτω. Συνοπτικά, περιγράφει όλες τις διαδικασίες που σχετίζονται με την παραγωγική διαδικασία του οργανισμού. Στην έξοδο προς το ανώτερο επίπεδο αναφέρει μόνο την Αξιολόγηση (Evaluation) των διεργασιών του, πιθανά προβλήματα που προέκυψαν και δεν επιλύθηκαν τοπικά (Problem ID) και πιθανές Εκπαιδευτικές Ανάγκες (Training Needs).

Παρακολούθηση Επιδόσεων & Έλεγχος – Monitor

Ο τομέας αυτός αποτελεί το συνδετικό κρίκο ανάμεσα στη Διοίκηση και όλους τους υπόλοιπους τομείς. Αναλαμβάνει την συλλογή των αξιολογήσεων όλων των τμημάτων και προωθεί προς τη Διοίκηση τα γενικά συμπεράσματα για τη λειτουργία του οργανισμού. Στο δίκτυο Πέτρι σαν είσοδο δέχεται τους παράγοντες που ορίζονται από το μοντέλο οι σημαντικότεροι των οποίων σε αυτό το σημείο είναι η Αξιολόγηση (Evaluation) και η Αναγνώριση Προβλήματος (Problem ID).

Σε περίπτωση που όλα έχουν κυλίσει ομαλά σε όλες τις προηγούμενες διαδικασίες, τότε ο παράγοντας της Αξιολόγησης θα έχει τιμή ένα και ο παράγοντας της Αναγνώρισης Προβλήματος τιμή (Z, NOF, 1), που είναι η ακολουθία ορθής λειτουργίας. Η ενέργεια που εκτελείται σε αυτή την περίπτωση είναι η ενημέρωση της Διοίκησης ότι όλα βαίνουν καλώς και ότι δεν χρειάζεται κάποια αλλαγή στο σύστημα. Παράλληλα, δεν δίνεται κάποια εντολή στην Εκτίμηση Επικινδυνότητας για να λειτουργήσει.

Αντιθέτως, εάν έχει συμβεί κάποια αστοχία τότε οι δυο προηγούμενοι παράγοντες θα έχουν τιμές μηδέν και (γεγονός, παράγοντας που αστόχησε, 0) αντίστοιχα. Άμεσα δίνεται εντολή για να ξεκινήσει ο τομέας της Εκτίμησης Επικινδυνότητας και ενημερώνεται η Διοίκηση για το συμβάν και την αστοχία στην παραγωγική διαδικασία μέσω του παράγοντα της Αξιολόγησης.

Σημαντική έξοδος του κόμβου είναι και ο παράγοντας Εκπαιδευτικές Ανάγκες (Training Needs) μέσω του οποίου αιτείται για περαιτέρω εκπαίδευση στο αρμόδιο τμήμα.

Εκτίμηση Επικινδυνότητας – Risk Assessment

Στον τομέα Εκτίμησης Επικινδυνότητας γίνεται ανάλυση όλων των πιθανών σεναρίων ατυχημάτων που μπορεί να εμφανιστούν σε ένα οργανισμό. Καθορίζονται οι αιτίες

πρόκλησής, οι επιπτώσεις, και οι τρόποι αποφυγής τους. Οι λειτουργίες του γίνονται με σκοπό την πρόληψη ανεπιθύμητων καταστάσεων αλλά και για την αντιμετώπισή τους εάν αυτές συμβούν.

Ο κόμβος δεν ενεργοποιείται σε περίπτωση που δεν υπάρχει κάποιο σφάλμα στο σύστημα. Την εντολή για έναρξη των διεργασιών του την λαμβάνει από το τμήμα Παρακολούθησης & Ελέγχου μόλις διαπιστωθεί κάποια ανωμαλία.

Η σημαντικότερη είσοδος του κόμβου είναι ο παράγοντας Αναγνώριση Προβλήματος (Problem ID) ο οποίος περιέχει την πληροφορία σχετικά με το γεγονός που συνέβη και τον παράγοντα που το προξένησε. Η ανάλυση του ατυχήματος διεξάγεται εσωτερικά του κόμβου και δεν μας αφορά εν προκειμένω. Το αποτέλεσμα της διαδικασίας αποτυπώνεται στον παράγοντα Σενάρια Ατυχημάτων (Accident Scenarios) ο οποίος προωθείται προς τη Διοίκηση.

Επίσης, υπάρχει πρόβλεψη ο εν λόγο κόμβος να μπορεί να αιτηθεί την παροχή επιπρόσθετης εκπαίδευσης σε περίπτωση που διαπιστωθεί έλλειψη τεχνικών γνώσεων και αδυναμία εκπλήρωσης του αντικειμενικού σκοπού. Η αίτηση γίνεται μέσω του παράγοντα Εκπαιδευτικές Ανάγκες (Training Needs).

Εκπαίδευση – Training

Το στοιχείο της Εκπαίδευσης δέχεται αιτήσεις για εκπαίδευση του προσωπικού από όλα τα λειτουργικά τμήματα του οργανισμού. Ακόμα και η Διοίκηση μπορεί να αιτηθεί την έναρξη κάποιας εκπαιδευτικής διαδικασίας.

Σκοπός του κόμβου είναι να συλλέγει τι αιτήσεις για επιπρόσθετη εκπαίδευση μέσω του παράγοντα εισόδου Εκπαιδευτικές Ανάγκες (Training Needs) και να παρέχει τεχνική γνώση μέσω ομώνυμου του παράγοντα εξόδου (Technical Knowledge). Ο παράγοντας Τεχνική Γνώση διαχέεται σαν είσοδος σε όλα τα στοιχεία του μοντέλου. Γενικά, οι διαδικασίες εκπαίδευσης είναι χρονοβόρες και οι βρόγχοι που επηρεάζονται από τον σχετικό παράγοντα θεωρούνται βραδείας απόκρισης.

Ο κόμβος δεν ενεργοποιείται σε περίπτωση που δεν υπάρχουν αιτήσεις μέσω του παράγοντα Εκπαιδευτικές Ανάγκες και η λειτουργία του δεν επηρεάζει σε γενικές γραμμές άλλα σημεία του οργανισμού παρά μόνο αυτό που αιτήθηκε την εκπαιδευτική διαδικασία. Οπότε η Εκπαίδευση μπορεί να λειτουργεί παράλληλα με άλλους κόμβους.

4.3.2 Κόμβοι Δευτέρου Επιπέδου

Στο δεύτερο επίπεδο συναντάμε τους κόμβους του Σχεδιασμού (Plan), της Προετοιμασίας & Ελέγχων (Prepare & Checks), της Εκτέλεσης (Do) και της Επιδιόρθωσης (Correct). Η διεπαφή του με το ανώτερο επίπεδο γίνεται μέσω των παραγόντων εισόδου και εξόδου.

Οι παράγοντες εισόδου του επιπέδου είναι η Τυποποίηση (F), οι Ρόλοι & Αρμοδιότητες (RR), ο Καταμερισμός Πόρων (RAL), η Ιεράρχηση Στόχων (GP), οι Επικοινωνίες (COM) και η Τεχνική Γνώση (TK) . Αντίθετα, οι παράγοντες εξόδου είναι η Αξιολόγηση (Evaluation), η Αναγνώριση Προβλημάτων (Problem ID) και οι Εκπαιδευτικές Ανάγκες (Training Needs).

Σχεδιασμός – Plan

Το στοιχείο του Σχεδιασμού είναι στην ουσία ο συνδετικός κρίκος ανάμεσα στα δύο επίπεδα. Δέχεται όλους τους πόρους, τις εντολές και τις πληροφορίες από το ανώτερο επίπεδο και επιστρέφει την αποτίμηση των διαδικασιών στον τομέα ευθύνης του, καθώς και αιτήσεις για βοήθεια εάν τυχών εμφανίστηκαν δυσεπίλυτα προβλήματα. Είναι υπεύθυνο για το συντονισμό και την επίβλεψη όλων των διαδικασιών που γίνονται στο δεύτερο επίπεδο καθώς και για το σωστό διαμοιρασμό των πόρων στα λοιπά στοιχεία. Δηλαδή, με βάση τα δεδομένα του προχωράει στην οργάνωση του επιπέδου σαν να ήταν ένας αυτόνομος οργανισμός.

Δεδομένης της εμπλοκής του κόμβου στη τοπική διαμόρφωση των οργανωτικών παραγόντων η πιθανότητα σφάλματος στη διαδικασία είναι υπαρκτή. Με βάση αυτή την υπόθεση, τα σενάρια που προκύπτουν για τις τιμές των παραγόντων στο δεύτερο επίπεδο είναι τα εξής.

- Αν ένας παράγοντας ήρθε σωστά ορισμένος και χωρίς κάποιο πρόβλημα από το ανώτερο επίπεδο, δηλαδή η τιμή του ήταν ένα, τότε
    - η τιμή του θα παραμείνει ένα, εάν ο κόμβος του Σχεδιασμού εκτελέσει σωστά το έργο του
    - η τιμή του θα γίνει μηδέν, εάν συμβεί κάποιο σφάλμα κατά την προσαρμογή του στις ιδιαίτερες απαιτήσεις του επιπέδου
- Σε περίπτωση που ο παράγοντας ήρθε με προβλήματα από το ανώτερο επίπεδο, δηλαδή η τιμή του ήταν μηδέν, τότε η τιμή του θα παραμείνει μηδέν και θα εμφανιστεί αστοχία την πρώτη φορά που θα χρησιμοποιηθεί.

Το πόσο καλά θα διαχειριστεί τις αρμοδιότητές του το τμήμα εξαρτάται από την ποιότητα οργάνωσης και στελέχωσής του, πράγμα που διαφέρει από επιχείρηση σε επιχείρηση. Λόγω της σημαντικότητάς του είναι αναγκαίο να περιλαμβάνει την αφρόκρεμα των στελεχών. Η ποιότητα του τμήματος περιγράφεται στο δίκτυο Πέτρι με τη μορφή πιθανοτήτων αστοχίας στη διαμόρφωση των τιμών των παραγόντων. Όσο μικρότερη είναι η επιπρόσθετη πιθανότητα αστοχίας κάθε παράγοντα, τόσο καλύτερα δουλεύει ο τομέας.

Παράλληλα, εάν κατά τη λειτουργία των επομένων σταδίων εμφανιστεί κάποια αστοχία τότε αυτά απευθύνονται στον κόμβο του Σχεδιασμού για την επιδιόρθωσή της. Τα σενάρια αντιμετώπισης είναι τα παρακάτω.

- Η αστοχία προήλθε από υπαιτιότητα του Σχεδιασμού και όχι από το ανώτερο επίπεδο. Το πρόβλημα επιλύεται τοπικά, επιδιορθώνεται ο παράγοντας που το προκάλεσε και η διαδικασία μπορεί να συνεχίσει κανονικά. Ο χρόνος αντίδρασης είναι γενικά μικρός και οι βρόχοι που επηρεάζονται είναι ταχείας απόκρισης.
- Η αστοχία προήλθε από υπαιτιότητα του Σχεδιασμού, αλλά παρά το γεγονός αυτό δεν είναι δυνατό να επιλυθεί τοπικά λόγω ανεπάρκειας του τομέα. Ζητείται η συνδρομή του ανωτέρου επιπέδου και ο χρόνος απόκρισης μεγαλώνει σε σύγκριση με την προηγούμενη περίπτωση. Οι βρόχοι που επηρεάζονται είναι βραδείας ή τουλάχιστον βραχύτερης από πριν απόκρισης.
- Η αστοχία προήλθε από υπαιτιότητα του ανωτέρου επιπέδου αλλά επιδιορθώνεται τοπικά λόγω της στιβαρότητας του τομέα του Σχεδιασμού. Τέτοια περίπτωση μπορεί να είναι για παράδειγμα ένα σφάλμα στην περιγραφή μιας λειτουργίας από τον παράγοντα Τυποποίηση (F) το οποίο γίνεται αντιληπτό και επιδιορθώνεται επιτόπου.
- Η αστοχία προήλθε από υπαιτιότητα του ανωτέρου επιπέδου και δεν επιδιορθώνεται τοπικά. Η συμβολή των ανωτέρω κλιμακίων είναι απαραίτητη. Παραδείγματος χάριν, ανεπαρκής καταμερισμός υλικών ή και έμψυχων πόρων προς το δεύτερο επίπεδο και άρα αστοχία του παράγοντα Καταμερισμός Πόρων (RAL) μπορεί να καταταχθεί σε αυτή τη κατηγορία.

Από τα παραπάνω παρατηρείται ότι το δεύτερο επίπεδο διαδραματίζει σημαντικότατο ρόλο στην ομαλή και ταχεία λειτουργία της επιχείρησης. Τυχών ανεπάρκειά του μπορεί να προκαλέσει αστοχίες, ατυχήματα ή καθυστερήσεις στην ομαλή ολοκλήρωση των διεργασιών. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αυτές οι καθυστερήσεις μπορούν να αποβούν μοιραίες για την ασφάλεια του οργανισμού.

Προετοιμασία & Έλεγχοι – Prepare & Checks

Στο στάδιο της Προετοιμασίας & Ελέγχων γίνονται όλοι οι απαραίτητοι έλεγχοι προτού ξεκινήσει η διαχείριση της εκάστοτε επικίνδυνης ουσίας. Ελέγχεται ο υπάρχων εξοπλισμός και ως προς την ποσότητα αλλά και ως προς την ποιότητα και η διαδικασία δεν προχωράει αν δεν είναι όλα σύμφωνα με τους κανονισμούς.

Σε περίπτωση εμφάνισης αστοχίας ενεργοποιείται ο παράγοντας Αναγνώριση Προβλήματος (Problem ID) και ενημερώνεται το στοιχείο της Επιδιόρθωσης (Correct). Αν ο παράγοντας που αστόχησε δεν μπορεί να διορθωθεί επιτόπου, τότε ζητείται η συνδρομή του τομέα του Σχεδιασμού. Σε περίπτωση που το πρόβλημα είναι κάτι το τοπικό και σχετικά εύκολο τότε αυτό περιγράφεται με τη μορφή της τιμής “LOCALF” στο δεύτερο πεδίο του Problem ID.

Αν όλοι οι έλεγχοι ολοκληρωθούν επιτυχώς τότε δίνεται εντολή προς τον τομέα της Εκτέλεσης να προχωρήσει με την κυρίως διαδικασία.

Εκτέλεση – Do

Σε αυτόν τον τομέα γίνεται η διαχείριση της επικίνδυνης ουσίας και περιλαμβάνει το αμιγώς παραγωγικό κομμάτι του οργανισμού. Αν κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης των διαφόρων λειτουργιών διαπιστωθεί αστοχία σε κάποιο παράγοντα τότε ή διαδικασία σταματάει και ενημερώνεται η Επιδιόρθωση. Οι παράγοντες που μπορεί να αστοχήσουν είναι οι ίδιοι με το προηγούμενο στάδιο.

Αν η λύση δεν βρεθεί άμεσα, τότε ενημερώνεται ο Σχεδιασμός του επιπέδου. Όταν βρεθεί η λύση στο πρόβλημα τότε το στάδιο της Προετοιμασίας & Ελέγχων θα πρέπει να ξαναγίνει προτού επανεκκινήσει αυτό της Εκτέλεσης.

Επιδιόρθωση – Correct

Το στοιχείο αυτό αποτελεί τον επιτόπου συντονιστή των τομέων της Προετοιμασίας & Έλεγχων και της Εκτέλεσης στο δεύτερο επίπεδο. Αναλαμβάνει την επίβλεψη όλων των διαδικασιών που σχετίζονται άμεσα με τη διαχείριση της επικίνδυνης ουσίας καθώς και την επιδιόρθωση τυχών επιπόλαιων σφαλμάτων ή παραλείψεων. Συχνά μπορεί να είναι ο αρχαιότερος υπάλληλος σε μία θέση ο οποίος με την εμπειρία του μπορεί να αναγνωρίζει επικίνδυνες καταστάσεις εν τη γενέσει τους.

Σαν είσοδο δέχεται αιτήσεις για βοήθεια από τους δυο προηγούμενους τομείς μέσω του παράγοντα Αναγνώριση Προβλήματος (Problem ID). Αν αυτό που ζητείται είναι

κάτι που διορθώνεται επιτόπου, στέλνει πίσω την επίλυση με τη μορφή ανάδρασης. Σε αντίθετη περίπτωση παραπέμπει το αίτημα προς τον τομέα του Σχεδιασμού. Αν η αστοχία προέρχεται από τον κόμβο της Προετοιμασίας & Ελέγχων και το πρόβλημα επιλυθεί άμεσα τότε δίνεται εντολή προς τον τομέα της Εκτέλεσης να ξεκινήσει. Ταυτόχρονα, ενημερώνει πάντα το Σχεδιασμό για την ποιότητα υλοποίησης της κάθε διαδικασίας μέσω του παράγοντα Αξιολόγηση (Evaluation).

Σε μία πραγματική εφαρμογή ο κόμβος της Επιδιόρθωσης επεμβαίνει άμεσα στην καθαρά παραγωγική διαδικασία, θεωρείται ζωτικό κομμάτι της και όχι ξεχωριστή οντότητα, αν και στην ουσία είναι. Σε αυτή την ιδιότητα περικλείεται και η έννοια της τιμής “LOCALF” στους παράγοντες που μπορεί να αστόχησαν. Η τιμή αυτή περιλαμβάνει όλες εκείνες τις μικρές, επιπόλαιες αβλεψίες των εργαζομένων που μπορούν να επιδιορθωθούν επιτόπου αν υπάρχει μια καλή και αποτελεσματική επίβλεψη της όλης διαδικασίας.

Κεφάλαιο 5

Σενάριο: Ανεφοδιασμός Αεροσκάφους με Καύσιμο

Ο ανεφοδιασμός ενός οχήματος με καύσιμο αποτελεί μια εξ' ορισμού επικίνδυνη διαδικασία. Η διαχείρισή καυσίμων γίνεται από πληθώρα οργανισμών και επιχειρήσεων όπως τα διυλιστήρια, επιχειρήσεις παραγωγής ενέργειας, αεροδρόμια κ.α. Τέτοιοι οργανισμοί είναι απαραίτητο να λειτουργούν με πρώτη προτεραιότητα την ασφάλεια των εγκαταστάσεων και των εργαζομένων καθότι ένα ατύχημα θα μπορούσε να προκαλέσει απρόβλεπτες και σίγουρα εκτεταμένες καταστροφές.

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφουμε το σενάριο ανεφοδιασμού αεροσκάφους και συγκεκριμένα μαχητικού με καύσιμο. Οι προβλεπόμενες διαδικασίες για τον ανεφοδιασμό είναι σαφώς ορισμένες στα εγχειρίδια των αεροδρομίων και των φορέων που τα διαχειρίζονται. Με βάση το πλαίσιο αυτό προχωρούμε στην εφαρμογή του σεναρίου πάνω στο προτεινόμενο μοντέλο και αναλύουμε το κατά πόσο το μοντέλο ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του.

Αρχικά θα παρουσιάσουμε κάποια εισαγωγικά στοιχεία που αφορούν τον ανεφοδιασμό του αεροσκάφους όπως τη σχετική ορολογία, τους πιθανούς κινδύνους και τους περιορισμούς που τίθενται. Εν συνεχεία, θα προχωρήσουμε στην αναλυτική περιγραφή της πλήρωσης με καύσιμο και θα μελετήσουμε τη συμβατότητα του μοντέλου με τις απαιτήσεις της διαδικασίας. Παράλληλα, θα εξετάσουμε διαφορετικά σενάρια ατυχημάτων και το πως το σύστημα ανταποκρίνεται σε αυτά μέσω της ενεργοποίησης των κατάλληλων βρόχων και ενεργειών.

5.1 Ορισμοί

Προτού ξεκινήσουμε την περιγραφή της διαδικασίας του ανεφοδιασμού, ας δούμε την εξειδικευμένη ορολογία που χρησιμοποιείται στον τομέα. Οι σημαντικότερες έννοιες που πρέπει να αναφερθούν είναι οι παρακάτω.

1. *Εξυπηρέτηση αεροσκάφους με καύσιμο:* Είναι η μετακίνηση καυσίμου από μια εξωτερική πηγή (π.χ. δεξαμενή εδάφους, βυτιοφόρο όχημα κλπ) προς ένα αεροσκάφος καθώς και όλες οι σχετικές με αυτή διαδικασίες.
2. *Αφαίρεση καυσίμου (Defueling):* Είναι η κίνηση καυσίμου από το αεροσκάφος προς μια εξωτερική πηγή.
3. *Επικεφαλής εξυπηρέτησης αεροσκάφους:* Είναι το άτομο που είναι υπεύθυνο για την εκτέλεση της συγκεκριμένης εργασίας. Το άτομο αυτό θα πρέπει να είναι εκπαιδευμένο και εξουσιοδοτημένο σύμφωνα με το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο από τους αρμόδιους φορείς. Αρμόδιος φορέας για εξουσιοδότηση μηχανικών αεροσκαφών στην Ελλάδα είναι η Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας (ΥΠΑ).
4. *Σωματώσεις (Bonding):* Είναι οι ηλεκτρικές συνθέσεις όλων των μερών του αεροσκάφους για τη διατήρηση κοινής ηλεκτρικής ποιότητας. Με τις σωματώσεις μειώνονται τα καταστροφικά αποτελέσματα από την πτώση κεραυνού και η περίπτωση προσβολής από ηλεκτρικό ρεύμα του προσωπικού συντήρησης εδάφους
5. *Γραμμή πτήσεων:* Είναι το συνεργείο τεχνικών που εκτελούν τις συχνότερες και απλούστερες εργασίες συντήρησης σε αεροσκάφη. Παραδείγματα τέτοιων εργασιών είναι η εξυπηρέτηση με καύσιμο, λάδι κινητήρα, υδραυλικό υγρό, οι εξωτερικές επιθεωρήσεις, η αντικατάσταση τροχών κ.α.
6. *Χώρος ταυτόχρονης εξυπηρέτησης:* Είναι η περιοχή εντός ενός φανταστικού κύκλου γύρω από το αεροσκάφος που περιλαμβάνει τις ζώνες ασφαλούς εξυπηρέτησης με καύσιμο και εκτείνεται τουλάχιστον 10 μετρικά πόδια (feet) εκτός των ακροπτερυγίων του ουραίου και του ρύγχους του αεροσκάφους.
7. *Σημείο Ανάφλεξης (Flashpoint):* Είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία οι ατμοί που βγαίνουν από το καύσιμο θα αναφλεγούν με την εφαρμογή φλόγας ή σπινθήρα.
8. *Διαρροή καυσίμου:* Είναι το στάξιμο ή πλημμύρισμα καυσίμου. Οι κατηγοριοποιήσεις της διαρροής καυσίμου είναι:
    i. *Κατηγορία Ι* είναι στάξιμο που εμπλέκει μια περιοχή μικρότερη από 2 μετρικά πόδια σε οποιαδήποτε κατεύθυνση. Απαιτείται να καθοριστεί

αν αυτές οι διαρροές αποτελούν κίνδυνο πρόκλησης πυρκαγιάς για το αεροσκάφος ή τον εξοπλισμό.

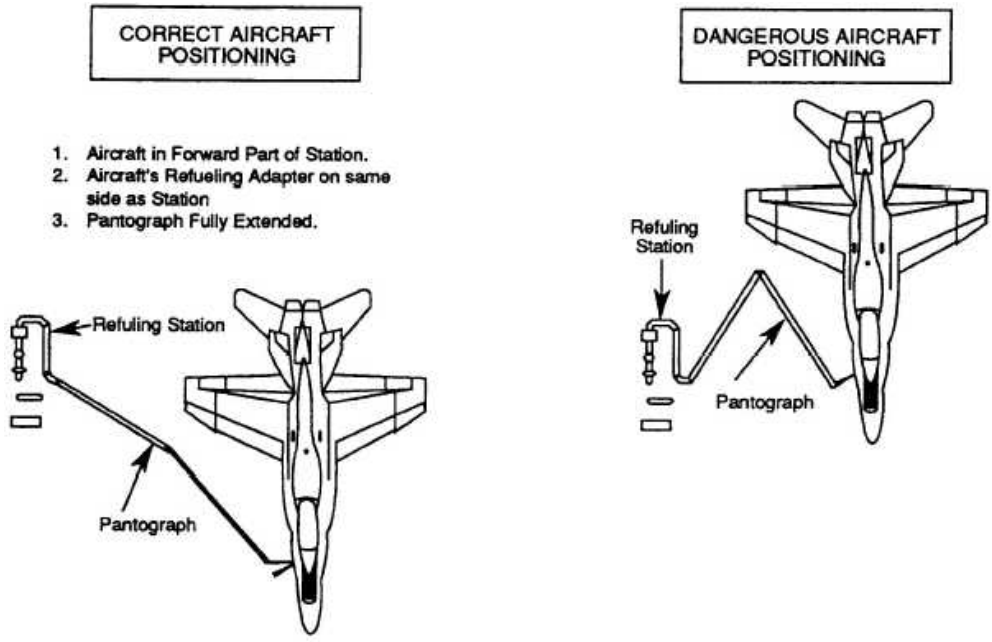
ii. *Κατηγορία II* είναι στάξιμο που εμπλέκει μια περιοχή όχι μεγαλύτερη από 10 μετρικά πόδια σε οποιαδήποτε κατεύθυνση, ή όχι μεγαλύτερη από 50 τετραγωνικά μετρικά πόδια και δεν είναι συνεχής. Απαιτείται παρακολούθηση της περιοχής από πυροσβέστες, και άμεση ειδοποίηση του φορέα που θα καθαρίσει την περιοχή που μολύνθηκε από τη διαρροή.

iii. *Κατηγορία III* είναι στάξιμο που εμπλέκει μια περιοχή μεγαλύτερη από 10 μετρικά πόδια σε οποιαδήποτε κατεύθυνση ή μεγαλύτερη από 50 τετραγωνικά μετρικά πόδια συνολικά. Απαιτείται παρακολούθηση της περιοχής από πυροσβέστες, και ειδοποίηση του φορέα που θα καθαρίσει την περιοχή που μολύνθηκε από τη διαρροή.

9. *Γείωση (Grounding):* Ένα μέσο που αφαιρεί ηλεκτροστατικά φορτία που έχουν συσσωρευτεί σε ένα αγώγιμο αντικείμενο συνδέοντας το αντικείμενο αυτό με το έδαφος. Συνήθως είναι μεταλλικές βέργες θαμμένες στο έδαφος.
10. *Hot Refueling / Defueling:* Είναι η μεταφορά καυσίμου από ή προς τις δεξαμενές καυσίμου του αεροσκάφους με έναν η περισσότερους κινητήρες του αεροσκάφους σε λειτουργία. Πρέπει να σημειωθεί ότι το σβήσιμο και η επανεκκίνηση του κινητήρα είναι πολλές φορές χρονοβόρα διαδικασία και είναι μια κατάσταση που φθείρει τους jet κινητήρες.
11. *Επικεφαλής σε Hot Refueling:* Είναι ένα άτομο (έμπειρο) που έχει τη συνολική ευθύνη επίβλεψης για εργασίες hot refueling.
12. *Περιοχή Hot Refueling/Defueling:* Είναι μια περιοχή ακτίνας 50 μετρικών ποδιών όπου εκτελούνται εργασίες hot refueling / defueling.
13. *Έξοδος δεξαμενής: Είναι μια βαλβίδα που βρίσκεται στο χώρο στάθμευσης όπου συνδέεται με καρότσι σωλήνων.*
14. *Καρότσι με σωλήνες εξυπηρέτησης:* Είναι ένα καρότσι που περιέχει προσαρμοσμένα: α. Φίλτρο, β. Μετρητή παροχής καυσίμου, γ. Σωλήνες μεταφοράς καυσίμου και δ. Μάνικες για τη σύνδεση με τη παροχή του αεροσκάφους.
15. *Παντογράφος (Pantograph):* Είναι ένα σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου που αποτελείται από άκαμπτα τμήματα σωλήνων που συνδέονται μεταξύ τους με αρθρώσεις και περιστρεφόμενες συνδέσεις. Στον παντογράφο η ροή καυσίμου ελέγχεται από τον διακόπτη deadman.



Εικόνα 5.1: Τυπικό σύστημα παντογράφου



Εικόνα 5.2: Σωστή θέση παντογράφου κατά την εξυπηρέτηση αεροσκάφους με καύσιμο

16. *Διακόπτης deadman control:* Είναι ένας ηλεκτρικά, υδραυλικά, μηχανικά ή πνευματικά λειτουργών διακόπτης που απαιτείται η συνεχή πλήξη του από τον χειριστή προκειμένου να διατηρηθεί η ροή του καυσίμου.
17. *Μηχανισμός εξυπηρέτησης με καύσιμο:* Με τον όρο αυτό εννοούμε το βυτιοφόρο ή τον παντογράφο και γενικότερο τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για να εξυπηρετήσουμε ένα αεροσκάφος με καύσιμο.

18. *Single Point Refueling (SPR) nozzle:* Μάνικα πλήρωσης υπό πίεσης ενός σημείου.
19. *Fuel Vents:* Διέξοδοι καυσίμου του αεροσκάφους.
20. *Χειριστής συσκευής πλήρωσης καυσίμου:* Είναι ένα άτομο που ενεργοποιεί διακόπτες και βαλβίδες που είναι απαραίτητες για να ξεκινήσει ροή καυσίμου προς το αεροσκάφος. Λειτουργεί το βυτιοφόρο ή το καρότσι σωληνώσεων ή τον παντογράφο. Σε περίπτωση ύπαρξης κέντρου ελέγχου τότε αυτό το άτομο βρίσκεται εκεί και ελέγχει τα όργανα πίεσης – ποσότητας καθώς επίσης βρίσκεται σε οπτική επαφή με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας εξυπηρέτησης. Σε περίπτωση ανάγκης το άτομο αυτό θα ενεργοποιήσει του διακόπτες παύσης τροφοδοσίας καυσίμου και ενεργοποίησης του συστήματος κατάσβεσης.
21. *Ασύρματος ασφαλείας:* Είναι ένας ασύρματος που είναι αδύνατο να προκαλέσει ανάφλεξη εύφλεκτου μίγματος ή καύσιμης ύλης σε συνθήκες συγκέντρωσης εύκολης ανάφλεξης. Ο ασύρματος αυτός θα πρέπει να έχει κατάλληλη πινακίδα που να αναγνωρίζεται.
22. *Κέντρο ελέγχου:* Είναι μια περιοχή κάτω από το έδαφος κοντά στο χώρο στάθμευσης που περιέχει όργανα και συσκευές ελέγχου των δεξαμενών εδάφους.
23. *Τεχνικός εξυπηρέτησης:* Είναι ένα πρόσωπο που εκτελεί υπό επίβλεψη, τις διαδικασίες που προβλέπονται από τα εγχειρίδια της εξυπηρέτησης.
24. *Αλλαγή φορτίου (switch loading):* Είναι η εισαγωγή ενός καυσίμου χαμηλής πτητικότητας JP-8 στη δεξαμενή ενός αεροσκάφους που έχει υπολείμματα ενός καυσίμου υψηλότερης πτητικότητας όπως το JP-4, και αντίστροφα.
25. *Κέντρο ελέγχου συντηρήσεως:* Είναι ο φορέας της τεχνικής υποστήριξης ο οποίος κατανέμει το προσωπικό συντήρησης ανάλογα με τις απαιτήσεις και διαθέτει τον απαιτούμενο εξοπλισμό.

Η ορολογία αυτή θα χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια προκειμένου να περιγραφεί ο ανεφοδιασμός του αεροσκάφους και η ανάλυση της διαδικασίας με χρήση του μοντέλου.

5.2 Κίνδυνοι κατά την Εξυπηρέτηση

Κατά την εξυπηρέτηση ενός αεροσκάφους ελλοχεύουν σοβαροί κίνδυνοι πρόκλησης ατυχήματος. Γενεσιουργό αίτιο αυτών των κινδύνων είναι οι φυσικές ιδιότητες που έχουν τα υγρά καύσιμα καθώς και η φύση έναρξης και διατήρησης της φωτιάς.

Ο κυριότερος παράγοντας που βοηθάει στην αποφυγή ατυχημάτων είναι η καθαριότητα στον χώρο εξυπηρέτησης. Οι χώροι στάθμευσης αεροπλάνων, τα μέσα εξυπηρέτησης, τα διαμερίσματα και ο εξοπλισμός υποστήριξης θα πρέπει να είναι καθαρά από σκόνη, λιπαντικά, υδραυλικά υγρά ή καύσιμα. Λόγω της τοξικότητας των αεροπορικών καυσίμων, σε περίπτωση διαρροής θα πρέπει να τηρηθούν οι ισχύουσες νομοθεσίες και διαδικασίες που προβλέπονται από το αεροδρόμιο και τους αρμόδιους φορείς.

Η πρόκληση πυρκαγιάς αποτελεί το σημαντικότερο ατύχημα το οποίο μπορεί να συμβεί στο χώρο ανεφοδιασμού ενός αεροσκάφους. Προκειμένου να εκκινήσει απαιτεί οξυγόνο, ατμούς καυσίμου και μια πηγή ανάφλεξης. Όταν ο κατάλληλος λόγος ατμών καυσίμου και αέρα είναι παρών η ανάφλεξη θα έχει ως αποτέλεσμα φωτιά ή έκρηξη. Ανάφλεξη αυτών των ατμών μπορεί να προκληθεί από σπινθήρα, από φλόγα ή και από τα ενεργειακά επίπεδα που σχετίζονται με εκκενώσεις ηλεκτροστατικών φορτίων.

Εύφλεκτα μίγματα μπορούν να σχηματιστούν από ατμούς καυσίμου JP-4, ή από μια διαρροή υπό πίεση οπότε ψεκάζεται το καύσιμο. Οι ατμοί καυσίμων, όντας βαρύτεροι από τον αέρα, έχουν την τάση να βρίσκονται πλησίον του εδάφους. Σε κάποια απόσταση πάνω από την επιφάνεια του καυσίμου, το μίγμα ατμών καυσίμου και αέρα είναι εύφλεκτο. Εύφλεκτοι ατμοί παρουσιάζονται όταν η θερμοκρασία του καυσίμου JP-4 είναι μεγαλύτερη από -10^{o} F. Η συγκέντρωση ατμών εξαρτάται από τη θερμοκρασία του καυσίμου και από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται, η συγκέντρωση ατμών αυξάνεται. Η θερμοκρασία όπου η συγκέντρωση των ατμών είναι αρκετή για τη δημιουργία ενός εύφλεκτου μίγματος είναι γνωστή ως flash point temperature και είναι -10ºF για το JP-4 και +100ºF για το JP-8.

Τα σύγχρονα αεροσκάφη απαιτούν μεγάλες ποσότητες καυσίμου για να πετάξουν. Για να ολοκληρωθεί η εξυπηρέτηση γρήγορα το καύσιμο χορηγείται υπό πίεση. Η εξυπηρέτηση με καύσιμο υπό πίεση παρουσιάζει κινδύνους εμφάνισης διαρροών στον εξοπλισμό, τις σωληνώσεις και τις μάνικες. Αυτές οι αστοχίες μπορεί να προκαλέσουν την παρουσία καυσίμου με τη μορφή νέφους. Αν υπάρχει πηγή ανάφλεξης, μπορεί να προκληθεί φωτιά. Απαιτείται λοιπόν συνεχής επαγρύπνηση για να περιοριστούν οι πιθανότητες πρόκλησης ενός τέτοιου γεγονότος. Γενικά τέτοιοι ατμοί είναι δυνατό να αναφλεγούν από:

- μεταλλικά αντικείμενα που πέφτουν σε τσιμεντένιο δάπεδο και προκαλούν σπινθήρα
- σπινθήρες που δημιουργούνται κατά τη γείωση των συστημάτων
- στατικό ηλεκτρισμό που δημιουργείται από το προσωπικό
- θερμά σωματίδια που προέρχονται από την εξαγωγή κινητήρων

Κατά τη διάρκεια της εξυπηρέτησης με καύσιμο οι πιο συνήθεις πηγές ανάφλεξης που παρουσιάζονται είναι οι καυτές επιφάνειες πάνω από τους 750^{o}F. Τέτοιες είναι τα φρένα του αεροσκάφους (hot brakes), οι κινητήρες κ.α. Αν οποιοδήποτε μεταλλικό αντικείμενο λάμπει με οποιοδήποτε χρώμα τότε η θερμοκρασία του είναι τουλάχιστον 900^{o}F και επομένως είναι πηγή ανάφλεξης. Από τη στιγμή που ξεκινήσει μια φωτιά, η εξάπλωσή της είναι τάχιστη. Η θερμοκρασία της φλόγας είναι περίπου 2000^{o}F και είναι πολύ μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία τήξης των κραμάτων αλουμινίου (1000^{o}F).

Ταυτόχρονα, αιτία πρόκλησης πυρκαγιάς αποτελεί και ο στατικός ηλεκτρισμός. Δημιουργείται όταν δύο υλικά έρχονται σε επαφή και στη συνέχεια αποχωριστούν. Αφαιρούμενα ρούχα, σκόνη που κινείται επί μιας επιφάνειας, ένα υγρό που ρέει σε έναν αγωγό και κινούμενα οχήματα αποτελούν συνήθεις τρόπους παραγωγής στατικών φορτίων. Η προστασία από τη συσσώρευση στατικών φορτίων επιτυγχάνεται είτε διοχετεύοντας τα στατικά φορτία μέσω κατάλληλων συνδέσεων στο έδαφος είτε ισορροπώντας τα στατικά φορτία μέσω δραστικών σωματώσεων.

Η γείωση είναι μια διαδικασία σύνδεσης ενός ή περισσότερων μεταλλικών αντικειμένων με το έδαφος. Η σωμάτωση είναι μια διαδικασία σύνδεσης δύο ή περισσοτέρων μεταλλικών αντικειμένων. Η σωμάτωση γίνεται με σκοπό να εξισορροπήσει το ηλεκτροστατικό δυναμικό ανάμεσα σε δύο ή περισσότερα αγώγιμα αντικείμενα.

5.3 Παράμετροι της Εξυπηρέτησης

Στην ενότητα αυτή θα περιγράψουμε όλες τις προϋποθέσεις που πρέπει να ικανοποιούνται προκειμένου να γίνει ένας ανεφοδιασμός αεροσκάφους. Συγκεκριμένα, θα δούμε ποια είναι τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ο χώρος εκτέλεσης της εργασίας, ποιος είναι ο απαραίτητος εξοπλισμός για την υποστήριξή της καθώς και τι ανθρώπινο δυναμικό απαιτείται.

5.3.1 Χώρος Εκτέλεσης

Η περιοχή εκτέλεσης του ανεφοδιασμού χωρίζεται σε ζώνες προκειμένου να οργανωθεί καλύτερα η διαδικασία και να αποφευχθούν ατυχήματα. Η σημαντικότερη ζώνη είναι ο Χώρος Ασφαλούς Εξυπηρέτησης με Καύσιμο (Fuel Servicing Safety Zone - FSSZ). Είναι εκείνος ο χώρος εντός ακτίνας 50 μετρικών ποδών από μηχανήματα – συσκευές πλήρωσης καυσίμου υπό πίεση και 25 μετρικών ποδών γύρω από τις εξόδους καυσίμου του αεροσκάφους στον οποίο απαγορεύεται να εισέλθει πηγή που μπορεί να προκαλέσει ανάφλεξη. Η περιοχή ασφαλούς εξυπηρέτησης οριοθετείται πρώτου ξεκινήσει η διαδικασία και υφίσταται καθ' όλη τη διάρκειά της.

Στην Εικόνα 5.3 απεικονίζονται όλα τα κριτήρια απόστασης ανάμεσα σε περιοχές εξυπηρέτησης και λοιπούς χώρους ή αντικείμενα. Η απόσταση μετράται ανάμεσα στο κοντινότερο τμήμα του εξυπηρετούμενου αεροσκάφους και του δευτερεύοντος αντικειμένου. Σε πολλές περιπτώσεις, η εξαγωγή τζετ κινητήρα, η μορφολογία του εδάφους και άλλοι παράγοντες μπορεί να μεταβάλλουν τις αποστάσεις προκειμένου να υπάρχει μεγαλύτερη ασφάλεια.

	Χώροι στάθμευσης	Ακατοίκητα κτίρια	Κατοικημένα κτίρια	Αεροσκάφη που τροχοδρομούν	Χώρος στάθμευσης για εξυπηρέτηση
Χώρος στάθμευσης για εξυπηρέτηση	100	50	100	50	-
Hot Refueling	200	200	200	50	200
Ταχεία αφαίρεση καυσίμου	50	50	200	50	200

Εικόνα 5.3: Αποστάσεις ανάμεσα σε περιοχές εξυπηρέτησης και λοιπούς χώρους ή αντικείμενα (μετρούμενες σε μετρικά πόδια)

5.3.2 Εξοπλισμός Υποστήριξης

Προτού εκτελεστεί ο ανεφοδιασμός του αεροσκάφους απαιτείται η ύπαρξη του απαραίτητου εξοπλισμού υποστήριξης. Σε αυτόν περιλαμβάνονται όλα τα απαραίτητα οχήματα, σωληνώσεις, μηχανισμοί πυρόσβεσης και γενικά όλος ο μηχανολογικός εξοπλισμός που απαιτείται για να ολοκληρωθεί ο ανεφοδιασμός με επιτυχία και πάνω από όλα με ασφάλεια.

Σε περίπτωση που το αεροσκάφος δε φέρει επιβάτες τότε ο απαιτούμενος εξοπλισμός είναι ο παρακάτω.

- MH-2 καρότσι σωλήνων με deadman control
- HHT όχημα σωλήνων με deadman control
- R-5/R-9 κηροζινοφόρα οχήματα με deadman control
- Οποιοσδήποτε τύπος παντογράφου Meyerinck, Cla-Val, OPW κτλ
- R-11 κηροζινοφόρα οχήματα που διαθέτουν συγκροτήματα πλήρωσης API 1529, με μπρούτζινους σωλήνες επέκτασης και συνδέσεις από ανοξείδωτο χάλυβα.
- Ράμπες εργασίας (αν απαιτούνται θα πρέπει να σωματωθούν κατάλληλα). Αυτές μετακινούνται μόνο υπό τις υποδείξεις του επικεφαλούς.

Εάν το αεροσκάφος φέρει επιβάτες τότε ο εξοπλισμός διαφοροποιείται ελαφρά προκειμένου να καλύπτει τις αυξημένες απαιτήσεις ασφάλειας και είναι ο εξής:

- Οχήματα μεταφοράς σωλήνων Tri-State και οχήματα εξυπηρέτησης που διαθέτουν deadman control με μη συρρικνώμενο σωλήνα μήκους τουλάχιστον 50 μετρικών ποδών
- Καρότσι σωλήνων εξυπηρέτησης τύπου MH-2 τροποποιημένο κατάλληλα να διαθέτει μη συρρικνώμενο σωλήνα deadman control
- Οποιοδήποτε τύπο παντογράφος όπως Meyerinck, Cla-Val, OPW κτλ
- R-11 κηροζινοφόρα οχήματα που διαθέτουν συγκροτήματα πλήρωσης API 1529, με μπρούτζινους σωλήνες επέκτασης και συνδέσεις από ανοξείδωτο χάλυβα.

Όσον αφορά τον εξοπλισμό πυρόσβεσης οι απαιτήσεις διαφέρουν ανάλογα τον τύπο του αεροσκάφους που εξυπηρετείται. Το πλέον χρησιμοποιούμενο μέσο είναι ο πυροσβεστήρας κόνεος (Halon 1121) των 150 pounds ο οποίος χρησιμοποιείται άμεσα στη γραμμή πτήσεων .

Σε περιπτώσεις που εκτελείται εξυπηρέτηση αεροσκάφους λειτουργούντων των κινητήρων του απαιτείται η ύπαρξη τουλάχιστον ενός συστήματος κατάσβεσης. Όταν τέτοια συστήματα δεν είναι διαθέσιμα, η προστασία σε περίπτωση φωτιάς θα πρέπει να παρέχεται από κάποιο επανδρωμένο πυροσβεστικό όχημα που θα βρίσκεται σε συνεχή ετοιμότητα.

Απαραίτητη προϋπόθεση για να εκτελεστεί ο ανεφοδιασμός είναι ο εξοπλισμός να βρίσκεται στη σωστή θέση περιμετρικά του αεροσκάφους και να λειτουργεί υπό τις

συνθήκες που ορίζονται από τον κατασκευαστή και τον κανονισμό του αεροδρομίου. Συγκεκριμένα ισχύουν τα παρακάτω.

- Η λειτουργία του επίγειου εξοπλισμού υποστήριξης που δεν απαιτείται για τις εργασίες εξυπηρέτησης πρέπει να σταματήσει πριν ξεκινήσει η εξυπηρέτηση.
- Μόνο αν απαιτείται για την εξυπηρέτηση ο εξοπλισμός υποστήριξης θα σταθμεύει κάτω από κάποιο τμήμα αεροσκάφους.
- Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται οι μηχανισμοί πέδησης κατά τη στάθμευση του επίγειου εξοπλισμού, λόγω των πιθανών κλίσεων του εδάφους.
- Εξοπλισμός υποστήριξης που λειτουργεί θα σταθμεύει εκτός της FSSZ και 10 μετρικά πόδια μακριά από οποιοδήποτε άλλο σταθμευμένο αεροσκάφος.
- Η κατεύθυνση κίνησης ανέμου, η κλίση του εδάφους, καταπόνηση καλωδίων ή αγωγών και η θέση της πηγής καυσίμου είναι σημαντικά σημεία που πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη.
- Οι εξαγωγές του επίγειου εξοπλισμού δεν πρέπει να έχουν κατεύθυνση προς το αεροσκάφος όταν εκκινούν. Ο χρήστης θα παραμείνει στη περιοχή λειτουργίας του εξοπλισμού υποστήριξης σε όλη τη διάρκεια της διαδικασίας.
- Δεν πρέπει να εξυπηρετείται με καύσιμο ο εξοπλισμός υποστήριξης όταν αυτός λειτουργεί, ή όταν το σύστημα εξαγωγής του είναι Θέρμο (πάνω από 750^{o} F).
- Ο εξοπλισμός υποστήριξης δεν θα λειτουργεί όταν διαπιστωθεί η παρουσία ατμών καυσίμου.

Σημαντικό στοιχείο του ανεφοδιασμού αποτελεί το κηροζινοφόρο όχημα το οποίο μεταφέρει το καύσιμο και η οδήγηση του οποίου εντός της περιοχής εξυπηρέτησης πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτική. Λόγω της φύσης του φορτίου του ένα ατύχημα στο βυτιοφόρο μπορεί να αποβεί καταστροφικό. Τα βυτιοφόρα οχήματα δεν πρέπει να κινούνται ή να σταθμεύουν σε απόσταση μικρότερη από 25 μετρικά πόδια από το αεροσκάφος εκτός και αν υπάρχει άτομο που καθοδηγεί τον οδηγό του οχήματος. Σε κάθε περίπτωση η απόσταση αυτή δε μπορεί να μειωθεί κάτω από 10 μετρικά πόδια (για ορισμένους τύπους αεροσκαφών η απόσταση αυτή είναι τα 4 πόδια).

Τα οχήματα εξυπηρέτησης με ανυψωτική πλατφόρμα επιτρέπεται να βρίσκονται κάτω από την πτέρυγα ενός αεροσκάφους αν αυτή η θέση απαιτείται για να εκτελεστεί η πλήρωση με το καύσιμο. Πάντα όμως θα πρέπει να αφήνεται αρκετός χώρος από το αεροσκάφος για ταχεία εκκένωση σε περίπτωση ανάγκης. Επίσης, τα αεροσκάφη βυθίζονται κατά την εξυπηρέτηση λόγω βάρους οπότε θα πρέπει να διασφαλιστεί ότι υπάρχει το απαραίτητο περιθώριο.

Παράλληλα, πρέπει να αποφεύγεται η απευθείας οδήγηση του οχήματος προς το αεροσκάφος διότι μια αστοχία των φρένων μπορεί να οδηγήσει σε σύγκρουση. Η προσέγγιση του αεροσκάφους πρέπει να γίνεται με το όχημα παράλληλα προς τις πτέρυγες και με τον οδηγό να είναι από την κοντινότερη πλευρά προς το αεροσκάφος.

5.3.3 Προσωπικό Υποστήριξης

Μία τυπικά ομάδα εξυπηρέτησης αεροσκάφους με καύσιμο θα πρέπει να έχει την παρακάτω σύνθεση.

- Επικεφαλής εξυπηρέτησης.
- Παρατηρητής του SPR. Απαιτείται ένα άτομο για κάθε χρησιμοποιούμενο SPR.
- Ελεγκτής του πίνακα ελέγχου της πηγής τροφοδοσίας (όταν ο πίνακας ελέγχου είναι κοντά στο SPR μπορεί να γίνεται από ένα άτομο η εργασία).
- Τεχνικός Μηχανοσυνθέτης ο οποίος θα παρακολουθεί τα fuel vent (εξαγωγές καυσίμου) που βρίσκονται σε διαφορετικό σημείο από το SPR.
- Το μέλος του πληρώματος που είναι υπεύθυνο με τη φόρτωση του αεροσκάφους (load master).

Επικεφαλής εξυπηρέτησης

Η εξυπηρέτηση με καύσιμο διεξάγεται πάντα υπό τον πλήρη έλεγχο του επικεφαλούς. Το άτομο που κατέχει αυτή τη θέση θα πρέπει να είναι πλήρως εξοικειωμένο με τις τεχνικές ιδιαιτερότητες του αεροσκάφους που εξυπηρετείται καθώς και με τα χαρακτηριστικά όλου του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού. Η ύπαρξή του διασφαλίζει ότι όλες οι απαραίτητες προφυλάξεις ασφαλείας λαμβάνονται πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την εκτέλεση των εργασιών εξυπηρέτησης. Επίσης, είναι υπεύθυνος για την ανάθεση και παρακολούθηση των καθηκόντων του προσωπικού που εμπλέκεται στη διαδικασία. Αναλυτικά στις αρμοδιότητές του περιλαμβάνονται οι παρακάτω ενέργειες.

1. Έλεγχος ότι το σωστό καύσιμο τροφοδοτείται στο αεροσκάφος.
2. Έλεγχος ότι της κίνηση και της σωστής τοποθέτησης του αεροσκάφους και του επίγειου εξοπλισμού από, προς και εντός των χώρων εξυπηρέτησης.
3. Επιβεβαίωση της θέσης και του τύπου των πυροσβεστήρων.
4. Απομάκρυνση του μη απαραίτητου προσωπικό και εξοπλισμού.

5. Απενεργοποίηση του εξοπλισμού (που λειτουργεί με ενέργεια) που δεν είναι απαραίτητος στην εξυπηρέτηση ή απομάκρυνσή του σε σημείο που δεν εμποδίζονται οι εργασίες.
6. Επιβεβαίωση ότι η σωστή αλληλουχία γείωσης ακολουθήθηκε.
7. Διατήρηση είτε οπτικής είτε ηχητικής επαφής με τον χειριστή του κεντρικού πίνακα ελέγχου και με το χειριστή του επίγειου εξοπλισμού.
8. Διασφάλιση επικοινωνίας με το Κέντρο ελέγχου συντήρησης και με την Πυροσβεστική υπηρεσία του αεροδρομίου.
9. Διασφάλιση ότι το SPR είναι σωστά τοποθετημένο στην υποδοχή του αεροσκάφους.
10. Επιβεβαίωση ότι το προσωπικό είναι εξοικειωμένο και εξουσιοδοτημένο να εξυπηρετεί με καύσιμο.

Παρατηρητής του SPR

Είναι ο τεχνικός που τοποθετεί την SPR και λαμβάνει όλα τα απαραίτητα μέτρα ασφαλείας του χώρου του. Βρίσκεται σε επαφή με τον επικεφαλή και ακολουθεί τις οδηγίες του. Ο τεχνικός αυτός πρέπει να φορά κατάλληλο φωσφορίζον γιλέκο. Στις αρμοδιότητες του περιλαμβάνονται τα παρακάτω.

1. Τοποθέτηση της SPR και κατάλληλη γείωσή της.
2. Έλεγχος της SPR για καλή ασφάλιση.
3. Παρακολούθηση των fuel vents, που βρίσκονται στην περιοχή ευθύνης του για τυχών διαρροές.
4. Κατά την διάρκεια πλήρωσης παρακολούθηση της SPR για ύπαρξη διαρροών.
5. Επιθεώρηση και μετακίνηση του εξοπλισμού ευθύνης του.

Ελεγκτής του πίνακα ελέγχου

Είναι ένας τεχνικός που χειρίζεται το deadman control και παρακολουθεί τον πίνακα ελέγχου. Λαμβάνει όλα τα απαραίτητα μέτρα ασφαλείας του χώρου του και βρίσκεται σε συνεχή επαφή με τον επικεφαλή ακολουθώντας τις οδηγίες του και αναφέροντας πιθανά προβλήματα. Ο τεχνικός αυτός πρέπει να φορά κατάλληλο φωσφορίζον γιλέκο. Στις αρμοδιότητες του περιλαμβάνονται τα παρακάτω.

1. Ενεργοποίηση ή παύση των αντλιών πλήρωσης καυσίμου.
2. Γείωση βυτιοφόρου οχήματος (εάν χρησιμοποιείται).
3. Επιθεώρηση και μετακίνηση του εξοπλισμού ευθύνης του.

Τεχνικός Μηχανοσυνθέτης

Είναι ο τεχνικός που θα παρακολουθεί τα fuel vents που βρίσκονται σε διαφορετικό σημείο από το SPR (ανάλογα με τη μορφολογία του αεροσκάφους μπορεί να χρειαστούν περισσότεροι του ενός). Λαμβάνει όλα τα απαραίτητα μέτρα ασφαλείας του χώρου του και βρίσκεται σε συνεχή επαφή με τον επικεφαλή ακολουθώντας τις οδηγίες του και αναφέροντας πιθανά προβλήματα. Ο τεχνικός αυτός πρέπει να φορά κατάλληλο φωσφορίζον γιλέκο.

5.4 Περιγραφή της Διαδικασίας Εξυπηρέτησης

Η διαδικασία ανεφοδιασμού του αεροσκάφους αποτελείται από τρία βασικά στάδια υλοποίησης. Στο πρώτο στάδιο γίνονται οι εργασίες προετοιμασίας του αεροσκάφους και του εξοπλισμού, ακολουθεί η εκτέλεση του ανεφοδιασμού και η πλήρωση του αεροσκάφους με καύσιμο και τέλος η διαδικασία ολοκληρώνεται με ένα σύνολο επακόλουθων εργασιών.

Το στάδιο της προετοιμασίας, ξεκινάει με την ενημέρωση της ομάδας ανεφοδιασμού από τον επικεφαλή και την εγκατάσταση γραμμής επικοινωνίας ανάμεσα σε όλα τα εμπλεκόμενα μέλη. Στη συνέχεια, τοποθετείται το αεροσκάφος στη σωστή θέση και τακτοποιείται ο απαραίτητος εξοπλισμός περιμετρικά του. Προκειμένου να επιβεβαιωθεί ότι το αεροπλάνο δεν έχει κάποιο προφανές πρόβλημα ή ότι δεν έκανε απόρριψη καυσίμου κατά την προηγούμενη πτήση του διεξάγεται έλεγχος των επιφανειών του και των μητρώων πτήσης του. Ακολουθεί η διαδικασία γείωσης του αεροσκάφους και ο έλεγχος σωστής λειτουργίας του εξοπλισμού. Αφού ολοκληρωθούν όλες οι ανωτέρω εργασίες απομακρύνεται το μη απαραίτητο προσωπικό από την πίστα και ενημερώνεται η πυροσβεστική υπηρεσία της εγκατάστασης ότι ο ανεφοδιασμός είναι έτοιμος να ξεκινήσει.

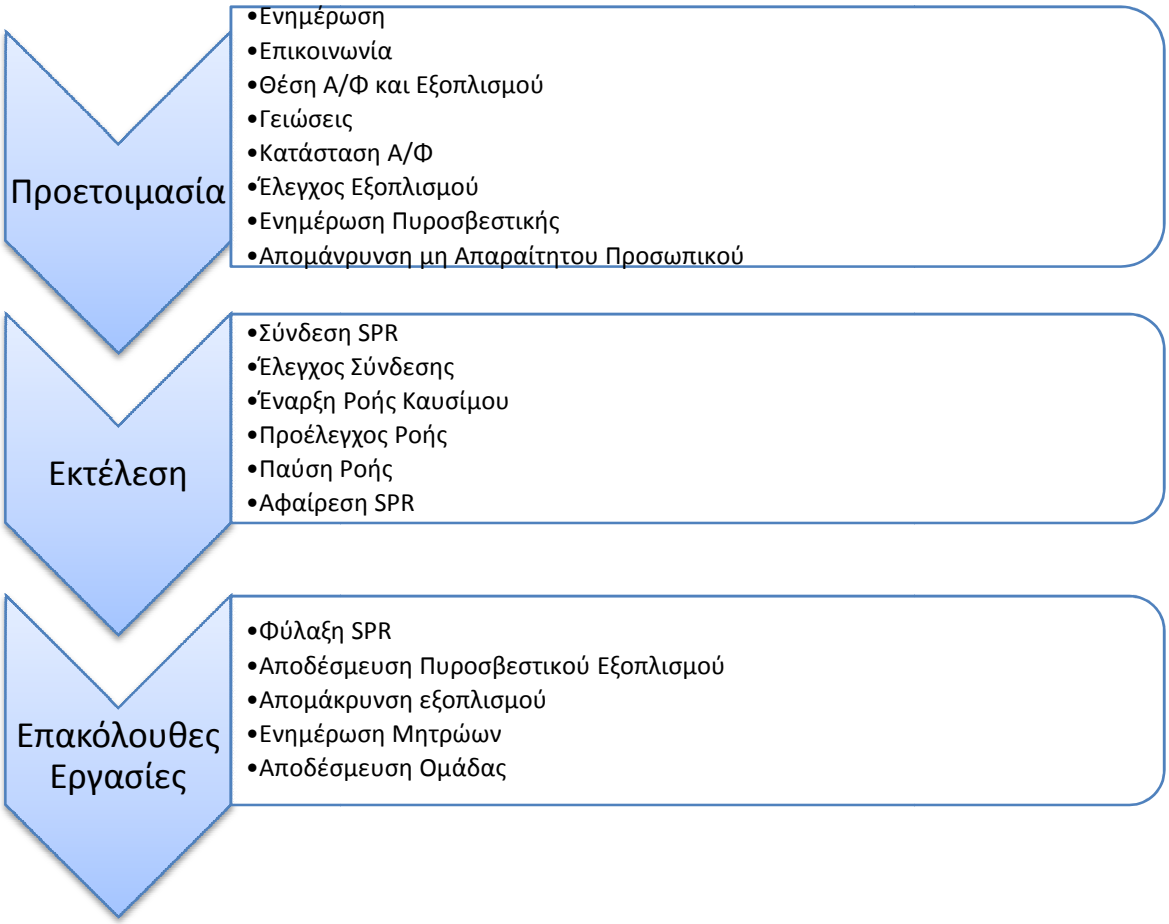
Ακολουθεί το στάδιο της εκτέλεσης του ανεφοδιασμού όπου αρχικά συνδέεται το SPR στην κατάλληλη υποδοχή του αεροσκάφους και ελέγχεται ότι η σύνδεση είναι σωστή και χωρίς διαρροές. Αφού επιβεβαιωθεί η προαναφερθείσα κατάσταση ξεκινάει η ροή του καυσίμου κάνοντας ένα προέλεγχο για να βεβαιωθεί ο χειριστής του SPR ότι η ροή είναι η προβλεπόμενη. Όταν χορηγηθεί το αιτούμενο καύσιμο παύει η ροή και αφαιρείται το SPR από την υποδοχή.

Αν και ο ανεφοδιασμός ολοκληρώθηκε, οι εργασίες δεν σταματούν σε αυτό το σημείο. Αρχικά, αποδεσμεύεται ο χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός και φυλάσσεται στην κατάλληλη θέση. Επίσης, ενημερώνεται η πυροσβεστική υπηρεσία για την παύση του ανεφοδιασμού και επιστρέφεται ο εξοπλισμός πυρόσβεσης. Αφού ενημερωθούν τα απαραίτητα μητρώα, αποδεσμεύεται και το προσωπικό.

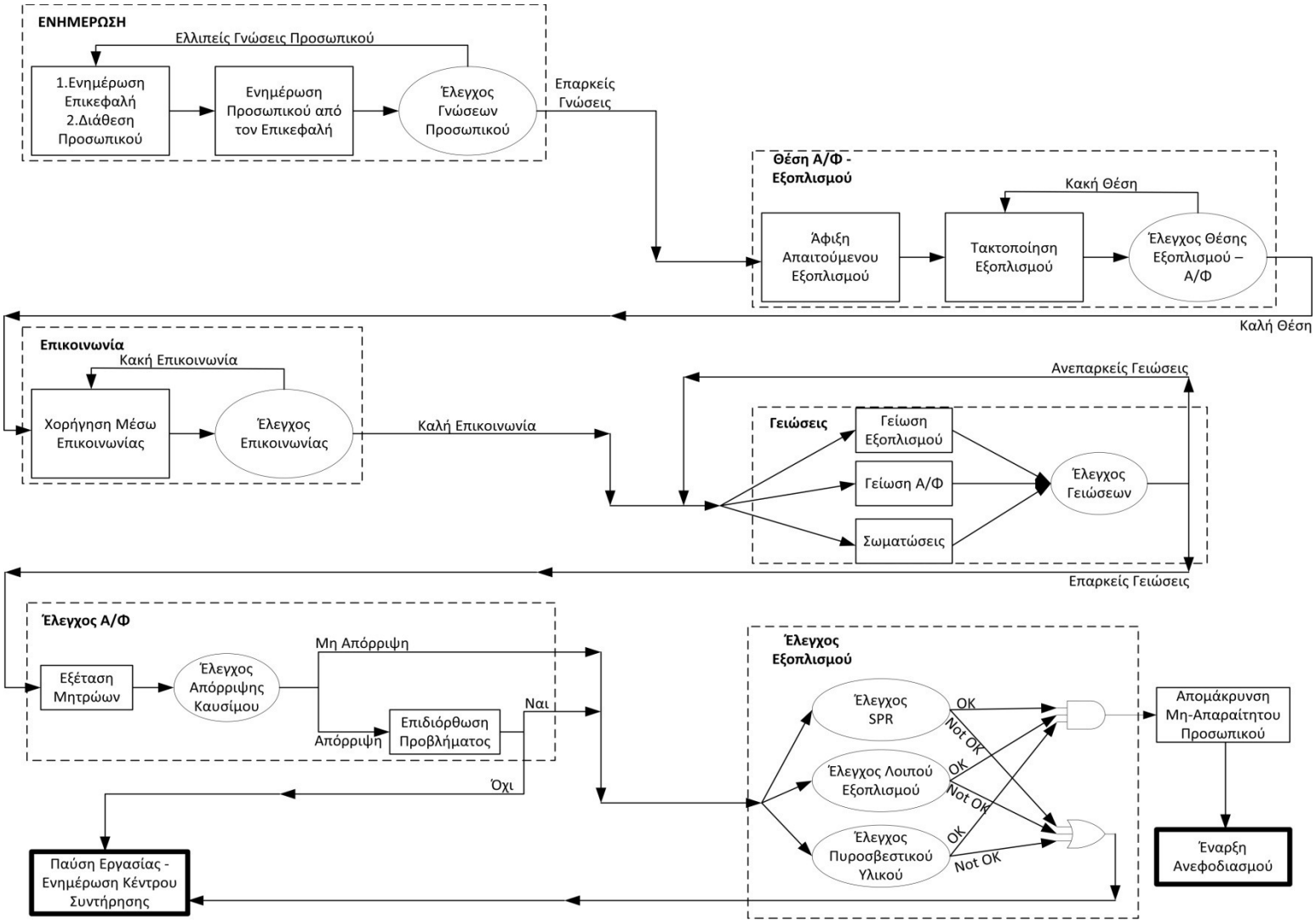
Μερικά σημεία που πρέπει να προσεχθούν κατά την παραπάνω διαδικασία είναι τα παρακάτω.

- Μόνο ο απαραίτητος για τον ανεφοδιασμό εξοπλισμός θα είναι ενεργός.
- Είναι απαραίτητη η σωμάτωση του εξοπλισμό πλήρωσης με το αεροσκάφος.
- Οι συνδέσεις για οποιοδήποτε βοηθητικό εξοπλισμό θα έχουν ολοκληρωθεί πριν ξεκινήσει η διαδικασία πλήρωσης με καύσιμο.
- Τα καλώδια παροχής ηλεκτρικής ισχύος θα πρέπει να είναι επαρκούς μήκους για να επιτρέπεται η στάθμευση πηγών ισχύος εκτός της FSSZ.

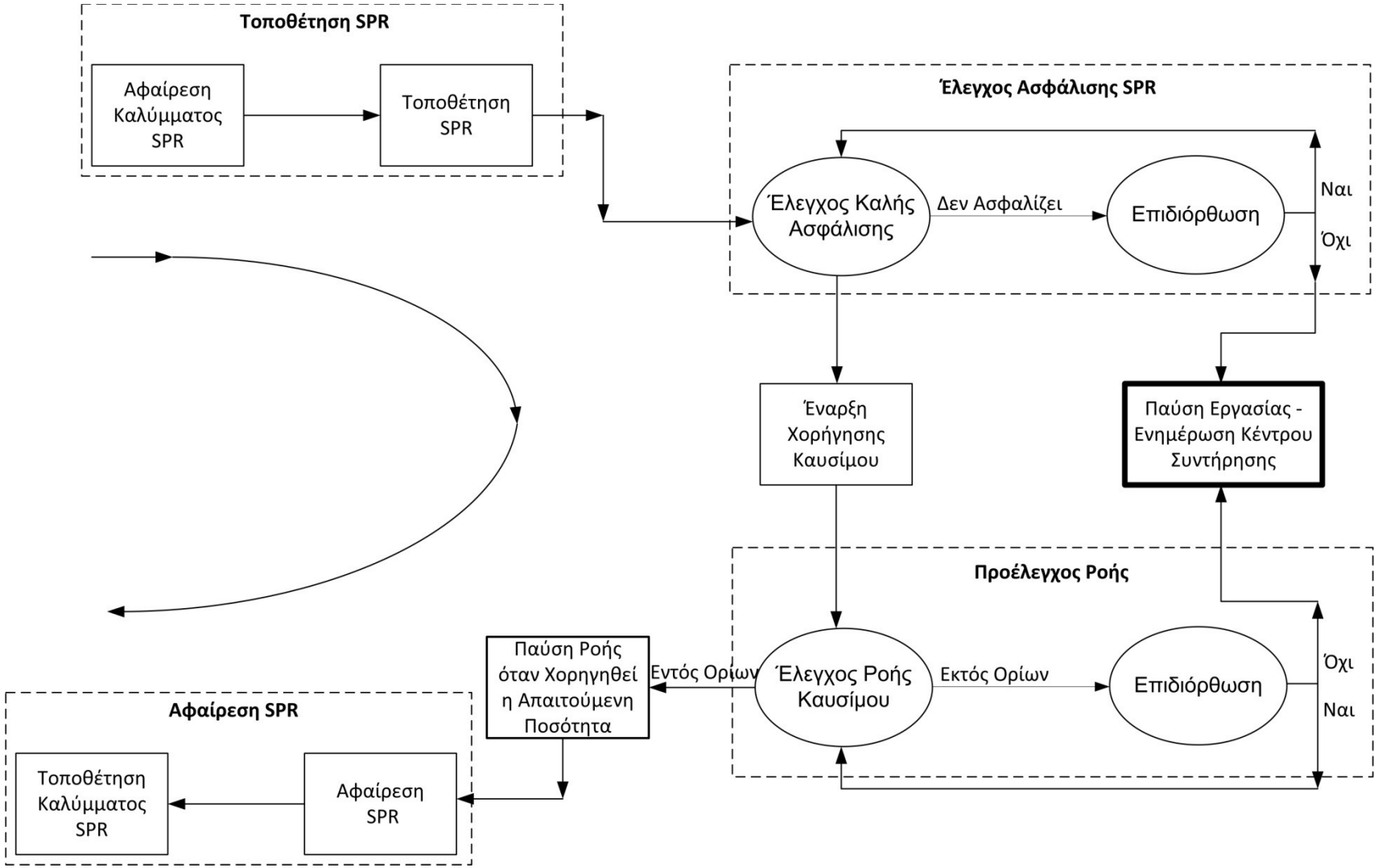
Στην Εικόνα 5.4 παρουσιάζονται συνοπτικά οι ανωτέρω διαδικασίες.



Εικόνα 5.4: Στάδια Ανεφοδιασμού Αεροσκάφους με Καύσιμο



Εικόνα 5.5: Στάδιο Προετοιμασίας Ανεφοδιασμού



Εικόνα 5.6: Στάδιο Εκτέλεσης Ανεφοδιασμού

Στις Εικόνες 5.5 και 5.6 απεικονίζεται σα διάγραμμα ροής η αλληλουχία των ενεργειών στα στάδια προετοιμασίας και εκτέλεσης του ανεφοδιασμού.

5.5 Κρίσιμα Σημεία στην Εξυπηρέτηση - Ατυχήματα

Η συνεχής επαγρύπνηση και τήρηση των κανονισμών από πλευράς προσωπικού είναι αναγκαία προκειμένου να ολοκληρωθεί με ασφάλεια η εξυπηρέτηση του αεροσκάφους. Αβλεψίες του προσωπικού σε συνδυασμό με πιθανές αστοχίες του υλικού και τον επικίνδυνο χαρακτήρα της διαχειριζόμενης ουσίας μπορούν να οδηγήσουν σε ολέθρια ατυχήματα. Υπάρχουν τρεις σημαντικές ομάδες χαρακτηριστικών της διαδικασίας τα οποία περιγράφουν ιδιαίτερες πτυχές της και χωρίζονται ανάλογα με τη σημαντικότητα των επιπτώσεων τους εάν αυτά παραβλεφθούν.

Πρώτη Ομάδα

Η πρώτη ομάδα αφορά καταστάσεις που είναι σημαντικές αλλά δεν θίγουν την ασφάλεια εκτέλεσης της εργασίας. Αναλυτικά περιλαμβάνει τα παρακάτω σημεία.

- Τα κριτήρια απόστασης μετρώνται ως ή μικρότερη απόσταση ανάμεσα σε κάποιο τμήμα αεροσκάφους και κτιρίου ή εμπλεκόμενης ευκολίας. Για χώρους στάθμευσης αεροσκαφών οι αποστάσεις μετρώνται από την κοντινότερη επιτρεπόμενη θέση. Σε πολλές περιπτώσεις, η εξαγωγή jet κινητήρα, η μορφολογία του εδάφους και άλλοι παράγοντες μπορεί να μεταβάλλουν τις αποστάσεις.
- Τα οχήματα που εμπλέκονται στην εξυπηρέτηση πρέπει να τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε το εμπρός τους τμήμα να μην έχει κατεύθυνση προς οποιοδήποτε τμήμα του αεροσκάφους. Εξαίρεση αποτελούν τα πυροσβεστικά – διασωστικά οχήματα που βρίσκονται σε θέση ετοιμότητάς. Πάντα πρέπει να υπάρχει ένας ελεύθερος χώρος για να είναι δυνατή η ταχεία εκκένωση σε περίπτωση ανάγκης. Επίσης, απαγορεύεται η στάθμευση εμπρός ή πίσω από τα πυροσβεστικά – διασωστικά οχήματα.

Δεύτερη Ομάδα

Η δεύτερη ομάδα αφορά καταστάσεις που αν δεν ληφθούν υπόψη μπορεί να οδηγήσουν σε φθορά ή καταστροφή του εξοπλισμού. Περιλαμβάνει τα παρακάτω:

- Τα αεροσκάφη βυθίζονται καθώς εξυπηρετούνται λόγω του ότι το βάρος του καυσίμου οδηγεί σε συσπείρωση του συστήματος προσγείωσης. Για το λόγο αυτό πρέπει κατά την προετοιμασία της εργασίας να διασφαλιστεί ότι ο εξοπλισμός υποστήριξης δεν βρίσκεται κάτω από το αεροσκάφος ή βρίσκεται σε τέτοια απόσταση ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος πρόκλησης ζημιάς.
- Συχνά οι πυροσβεστήρες τοποθετούνται σε ύπτια θέση με σκοπό να προστατευτούν από ζημιές που είναι πιθανό να προκληθούν από τις εξαγωγές κινητήρων. Οι πυροσβεστήρες αυτοί πρέπει να χρησιμοποιούνται από την κάθετη θέση διότι η ύπτια θέση του πυροσβεστήρα μειώνει την αποτελεσματικότητά του.
- Οι γειώσεις και οι σωματώσεις δεν πρέπει να σέρνονται στο έδαφος διότι μπορεί να προκληθούν σπινθήρες.
- Ο επικεφαλής πρέπει να εξετάζει το μητρώο του αεροσκάφους για το αν έγινε απόρριψη καυσίμου κατά την τελευταία πτήση. Αν έχει συμβεί κάτι τέτοιο θα πρέπει να εκτελεστεί ανάλογη συντήρηση διότι υπάρχει περίπτωση να προκληθεί απόρριψη καυσίμου κατά τη διάρκεια της εξυπηρέτησης.
- Μια βλάβη οποιουδήποτε εξαρτήματος στο σύστημα καυσίμου του αεροσκάφους θα απαιτεί άμεση παύση της εργασίας μέχρι να διορθωθεί.
- Πρέπει συνέχεια να ελέγχεται η πίεση με την οποία χορηγείται το καύσιμο και να εκτελείται ο προέλεγχος της ροής. Σε περίπτωση που οι τιμές πίεσης είναι εκτός ορίων μπορεί να προκληθεί ζημιά στο αεροσκάφος.

Τρίτη Ομάδα

Η τρίτη ομάδα αφορά καταστάσεις που αν δεν ληφθούν υπόψη μπορεί να οδηγήσουν σε τραυματισμό ή θάνατο προσωπικού. Είναι προφανώς η κρισιμότερη από σε σχέση με τις προηγούμενες δύο και περιλαμβάνει τα ακόλουθα.

- Κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας της εργασίας απαιτείται ο έλεγχος καλής σύνδεσης των καλωδίων σωμάτωσης. Σε περίπτωση που δεν γίνει αντιληπτή κάποια αστοχία υπάρχει περίπτωση να προκληθεί διαφορά δυναμικού μεταξύ μεταλλικών επιφανειών και σε συνδυασμό με την αυξημένη συγκέντρωση στατικών φορτίων να προκληθεί σπινθήρας.
- Σε χαμηλές θερμοκρασίες όπου επικρατούν συνθήκες εμφάνισης πάγου η επαφή μεταλλικών επιφανειών με γυμνά χέρια μπορεί να προκαλέσει προσκόλληση του δέρματος στην ψυχρή επιφάνεια.

- Προτού χορηγηθεί πίεση στους σωλήνες πρέπει να βεβαιωθεί ότι η SPR έχει ασφαλίσει κανονικά. Σε περίπτωση μη ασφάλισης μπορεί να τραυματιστεί το προσωπικό από την απότομη μετακίνηση της.
- Κατά τη διάρκεια του ανεφοδιασμού, ατμοί καυσίμου εξέρχονται από τα fuel vents του αεροσκάφους λόγω του εισερχόμενου στις δεξαμενές υγρού με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα εκρηκτικό μίγμα ατμών αέρα - καυσίμου. Για την αποφυγή πρόκλησης πυρκαγιάς απαγορεύεται η είσοδος οποιασδήποτε πηγής πρόκλησης σπινθήρα σε αυτή την περιοχή.
- Φωνητική επικοινωνία ανάμεσα στην ομάδα ανεφοδιασμού θα πρέπει να υπάρχει σε όλη τη διάρκεια της εξυπηρέτησης. Η έλλειψη επικοινωνίας μπορεί να προκαλέσει επιδείνωση μιας επισφαλούς κατάστασης.
- Το αεροσκάφος δε θα πρέπει να έχει τέτοια θέση ώστε να κατευθύνονται σε αυτό θερμά αέρια από άλλο αεροσκάφος. Τα θερμά αέρια μπορεί να τραυματίσουν προσωπικό ή να προκαλέσουν ανάφλεξη ατμών καυσίμου.

Στην Εικόνα 5.7 περιγράφονται τα κυριότερα σφάλματα και οι κυριότερες αστοχίες που μπορεί να εμφανιστούν κατά τη διάρκεια του ανεφοδιασμού καθώς και οι συνέπειές τους.

	Σφάλμα - Αστοχία	Συνέπειες	Διόρθωση
1	Ανεπαρκείς γνώσεις προσωπικού	Τραυματισμός προσωπικού, ζημιά στον εξοπλισμό	Αντικατάσταση προσωπικού
2	Μη ύπαρξη επικοινωνίας	Τραυματισμός προσωπικού, ζημιά στον εξοπλισμό	Εγκατάσταση επικοινωνίας
3	Μη ορθή τοποθέτηση γειώσεων	Πρόκληση σπινθήρα	Επανατοποθέτηση ή αντικατάσταση γειώσεων
4	Μη προβλεπόμενη στάθμευση οχημάτων	Αργή εκκένωση σε περίπτωση ανάγκης, τραυματισμός προσωπικού, ζημιά στον εξοπλισμό	Ευταξία εξοπλισμού και αεροσκάφους
5	Εξοπλισμός κάτω από το αεροσκάφος		
6	Αεροσκάφος πίσω από θερμά αέρια		
7	Δεν τηρήθηκαν τα όρια αποστάσεων		
8	Να μη γίνει αντιληπτή απόρριψη καυσίμου κατά την προηγούμενη πτήση	Απόρριψη καυσίμου κατά την εξυπηρέτηση	Μελέτη μητρώων αεροσκάφους, εκτέλεση ενεργειών στο σύστημα καυσίμου
9	Χρήση προβληματικού εξοπλισμού	Αδυναμία εκτέλεσης του ανεφοδιασμού, τραυματισμοί κτλ	Αντικατάσταση εξοπλισμού ή παύση εργασίας
10	Ελλείψεις ή πρόβλημα στον πυροσβεστικό εξοπλισμό	Αδυναμία άμεσης επέμβασης σε περίπτωση πυρκαγιάς	Αντικατάσταση ή συμπλήρωση του εξοπλισμού
11	Παραμονή μα απαραίτητου προσωπικού	Προβλήματα σε περίπτωση εκκένωσης	Απομάκρυνση προσωπικού
12	Πλημμελής έλεγχος του SPR	Αποχωρισμός μάνικας κατά τη χορήγηση καυσίμου	Προβλεπόμενος έλεγχος SPR

Εικόνα 5.7: Κυριότερα σφάλματα και αστοχίες κατά τη διάρκεια του ανεφοδιασμού

5.6 Εφαρμογή του Μοντέλου στο Σενάριο

Το σενάριο του ανεφοδιασμού αεροσκάφους με καύσιμο που περιγράφηκε παραπάνω αποτελεί πηγή έμπνευσης αλλά και πρώτης τάξεως πεδίο εφαρμογής για το προτεινόμενο μοντέλο. Χρήσιμα συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν για τη λειτουργικότητα, τα πλεονεκτήματα αλλά και τις παραλείψεις του ΣΔΑ.

Το εκάστοτε αεροδρόμιο αποτελεί ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο οργανισμό ο οποίος διαχειρίζεται και επικίνδυνες ουσίες πράγμα που απαιτεί την άρτια και πολυεπίπεδη οργάνωσή του πάνω σε θέματα ασφαλείας. Η επικίνδυνη ουσία που χρησιμοποιείται είναι το αεροπορικό καύσιμο κηροζίνη JP-4 / JP-8 και η διαχείριση της πρέπει να διέπεται από αυστηρότατους κανόνες ασφαλείας λόγω της επικινδυνότητας της. Τυχών παραβλέψεις ή αστοχίες σε συγκεκριμένες λειτουργίες μπορούν να προκαλέσουν σοβαρότατα ατυχήματα με αποτέλεσμα την καταστροφή πολύτιμου και πανάκριβου υλικού ή τον τραυματισμό ανθρώπων. Για τους λόγους αυτούς η εφαρμογή ενός στιβαρού συστήματος διαχείρισης ασφάλειας είναι απαραίτητη προκειμένου να αποφευχθούν ανεπιθύμητες καταστάσεις.

Στις παρακάτω ενότητες περιγράφουμε την αντιστοιχία των οντοτήτων του προτεινόμενου ΣΔΑ με αυτά ενός αεροδρομίου και εξηγούμε την έννοια και λειτουργία κάθε παράγοντα στη συγκεκριμένη εφαρμογή. Ταυτόχρονα, θεωρούμε ένα υποθετικό σενάριο διαρροής καυσίμου κατά την εξυπηρέτηση και μελετάμε το πώς αντιδρά το μοντέλο σε αυτό. Κύριο μέλημα σε ένα ΣΔΑ παραμένει πάντα η αποφυγή πρόκλησης ατυχήματος. Εννοείται όμως ότι θα πρέπει να παρέχει και τους κατάλληλους μηχανισμούς προκειμένου να αντιμετωπιστεί οποιαδήποτε έκτακτη αστοχία.

5.6.1 Αντιστοιχία των Παραγόντων και Στοιχείων Μοντέλου – Σεναρίου

Το πρώτο επίπεδο του προτεινόμενου ΣΔΑ μοντελοποιεί το ανώτερο επίπεδο οργάνωσης του αεροδρομίου. Ο κόμβος της Διοίκησης (Management) περιγράφει τη διοίκηση του οργανισμού η οποία είναι υπεύθυνη για τη συνολική διαχείρισή του. Στον τομέα των Λειτουργιών (Operations) περιλαμβάνονται όλες εκείνες οι εργασίες που άπτονται της αποστολής του αεροδρομίου και σε αυτόν θα επικεντρωθούμε.

Ο ανεφοδιασμός ενός αεροσκάφους αποτελεί μία από τις συχνότερες, σημαντικότερες και πλέον επικίνδυνες εργασίες που καλείται να εκτελέσει το προσωπικό ενός αεροδρομίου. Το Γραφείο Επίγειας Εξυπηρέτησης και Συντήρησης

του εκάστοτε αεροδρομίου αναλαμβάνει να συντονίσει όλες εκείνες τις διαδικασίες που εμπλέκονται στον ανεφοδιασμό αλλά και όλες τις εργασίες που αφορούν τη συντήρηση των αεροσκαφών. Έτσι, αναλαμβάνει το ρόλο του Σχεδιασμού (PLAN) στο δεύτερο επίπεδο του μοντέλου οργανώνοντας και επιβλέποντας κάθε διαδικασία σχετικά με την εξυπηρέτηση των αεροσκαφών. Επίσης, αναλαμβάνει την αλληλεπίδραση με τα ανώτερα στρώματα της διοίκησης μεταφέροντας μόνο τα συμπεράσματα των ενεργειών που εκτελούνται στη δικαιοδοσία του καθώς και τυχών προβλήματα.

Σύμφωνα με την αναλυτική περιγραφή του ανεφοδιασμού που δόθηκε παραπάνω, οι εργασίες του χωρίζονται σε δύο κυρίως φάσεις. Η πρώτη είναι η προετοιμασία και οι σχετικοί έλεγχοι που πρέπει να γίνουν προτού ξεκινήσει η πλήρωση με καύσιμο και η δεύτερη είναι η εκτέλεσή της πλήρωσης. Παρατηρούμε ότι και τα δυο στάδια προβλέπονται από το μοντέλο και χαρακτηρίζονται με τα ίδια ακριβώς ονόματα.

Το ρόλο του στοιχείου της Επιδιόρθωσης (Correct) που προβλέπεται από το μοντέλο, αναλαμβάνει ο επικεφαλής της εξυπηρέτησης. Ρόλος του είναι η συνεχής επίβλεψη της ομάδας εξυπηρέτησης, ο επιτόπου συντονισμός των εργασιών και η άμεση επικοινωνία με τον τομέα του Σχεδιασμού πριν και μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας.

Γενικά όλες οι λειτουργίες που αφορούν την εξυπηρέτηση ενός αεροσκάφους απαιτούν λεπτούς και προσεκτικούς χειρισμούς λόγω της ευαισθησίας και της τεράστιας οικονομικής αξίας των μέσων αλλά και λόγω του ότι ένα σφάλμα μπορεί να θέσει σε κίνδυνο πολλές ανθρώπινες ζωές. Άρα, κάθε διαδικασία που ανήκει σε αυτή την κατηγορία μπορεί να τοποθετηθεί στο προηγούμενο γενικό πλαίσιο της Προετοιμασίας και Ελέγχων – Εκτέλεσης – Επιδιόρθωσης.

Σε αυτό το σημείο ας δούμε τη συμπεριφορά κάποιων βασικών οργανωτικών παραγόντων και το τι πληροφορία περιγράφουν όσον αφορά το σενάριο που εξετάζουμε.

Ο παράγοντας Αναγνώριση Προβλήματος (*Problem ID)* αποτελεί έναν από τους πλέον σημαντικούς για την ομαλή εκτέλεση της διαδικασίας. Λόγω της εύφλεκτης φύσης των χρησιμοποιούμενων υλικών είναι αναγκαία η ταχύτατη και ακριβής αναγνώριση της οποιαδήποτε αστοχίας προκειμένου να περιοριστούν όσο το δυνατό περισσότερο οι αρνητικές συνέπειές της. Στην Εικόνα 5.8 φαίνονται το κυριότερα προβλήματα που

μπορεί να εμφανιστούν πριν και κατά τη διάρκεια του ανεφοδιασμού , οι λύσεις τους καθώς και το ποιος είναι υπεύθυνος για να τα επιλύσει.

	ΣΦΑΛΜΑ	ΔΙΟΡΘΩΣΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΓΙΑ ΕΠΙΛΥΣΗ
1	Ανεπαρκείς γνώσεις προσωπικού	Αντικατάσταση προσωπικού	Επιλύεται από το Management του πρώτου επιπέδου ή το PLAN του δεύτερου με νέο RAL (ανθρώπινοι πόροι). Για την εκπαίδευση του προσωπικού που εμφάνισε την ανεπάρκεια ενεργοποιείται ο κόμβος της Εκπαίδευσης (Training) μέσω του παράγοντα Training Needs. Η ανάγκες για εκπαίδευση απαιτούν γενικά πολύ χρόνο για να εξυπηρετηθούν, οπότε το προσωπικό αυτό δεν μπορεί να υπολγίζεται για το τρέχοντα ανεφοδιασμό.
2	Στάθμεση Οχημάτων	Ευταξία εξοπλισμού	Επιλύεται άμεσα από το CORRECT(επιβλέπων του ανεφοδιασμού) με παρατήρηση και εντολές προς τους υφισταμένους του.
3	Εξοπλισμός κάτω από το Α/Φ	Ευταξία εξοπλισμού	
4	Α/Φ πίσω από θερμά αέρια	Θέση Α/Φ	
5	Δεν τηρήθηκαν τα όρια αποστάσεων	Ευταξία εξοπλισμού	
6	Σύρσιμο γειώσεων	Να είναι τυλιγμένες	Επιλύεται άμεσα από το CORRECT(επιβλέπων του ανεφοδιασμού) με παρατήρηση και εντολές προς τους υφισταμένους του.
7	Μη ορθή τοποθέτηση γειώσεων	Επανατοποθέτηση	
8	Να μη γίνει αντιληπτή η απόρριψη καυσίμου κατά την προηγούμενη πτήση	Εκτέλεση ενεργειών στο σύστημα καυσίμου	Επιλύεται άμεσα από το CORRECT(επιβλέπων του ανεφοδιασμού) με παρατήρηση και εντολές προς τους υφισταμένους του.
9	Χρήση προβληματικού εξοπλισμού	Αντικατάσταση προβληματικού εξοπλισμού	
10	Ελλείψεις σε ή ύπαρξη προβληματικού πυροσβεστικού εξοπλισμού	Αντικατάσταση ή συμπλήρωση εξοπλισμού πυρόσβεσης	Επιλύεται από το Management του πρώτου επιπέδου ή το PLAN του δεύτερου με νέο RAL.
11	Παραμονή μη αναγκαίοντος προσωπικού	Απομάκρυνσή του	Επιλύεται άμεσα από το CORRECT με απομάκρυνση του μη αναγκαίου προσωπικού.
12	Να μην εκτελεστεί έλεγχος στο SPR	Να ελεγχθεί το SPR	Επιλύεται άμεσα από το CORRECT με σωστή επίβλεψη του προσωπικού και της διαδικασίας.

Εικόνα 5.8: Προβλήματα κατά τη πριν και κατά τη διάρκεια του ανεφοδιασμού, λύσεις και υπεύθυνος για την επίλυσή τους

Παράλληλα, ο παράγοντας Αξιολόγηση (Evaluation) παίζει σημαντικό ρόλο στην ομαλή λειτουργία του οργανισμού. Από τη μία πλευρά, περιλαμβάνει την αποτίμηση της ποιότητας με την οποία ολοκληρώνει το έργο του ο κάθε τομέας ενώ στο επίπεδο των λειτουργιών αποκτά και μία δεύτερη έννοια. Κατά τη διάρκεια του ανεφοδιασμού, ο επιβλέπων (Correct) επεμβαίνει στη διαδικασία συμβουλεύοντας και διορθώνοντας επιτόπου τους υφισταμένους του. Αυτό γίνεται αξιολογώντας επί τω έργω την εργασία που επιτελεί το κάθε άτομο και παρεμβαίνοντας όπου χρειαστεί μέσω του παράγοντα Αξιολόγηση.

Όσον αφορά τους υπόλοιπους παράγοντες του συστήματος, η λειτουργία τους είναι αυτή που περιγράφεται στο κεφάλαιο 3. Όλοι είναι εξίσου σημαντικοί για την ομαλή λειτουργία του μοντέλου και του οργανισμού πάνω στον οποίο εφαρμόζεται.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονίσουμε ένα χαρακτηριστικό του μοντέλου το οποίο δεν είναι προφανές αλλά είναι πολύ σημαντικό για την ομαλή λειτουργία του συστήματος. Στο δεύτερο επίπεδο, ο κόμβος της Προετοιμασίας & Ελέγχων παράγει μία έξοδο που επιβεβαιώνει ότι όλες οι εργασίες στον τομέα του ολοκληρώθηκαν επιτυχώς (Everything OK). Η έξοδος αυτή αποτελεί κριτήριο έναρξης της επόμενης φάσης η οποία είναι και η εκτέλεση των εργασιών του ανεφοδιασμού. Εάν το κριτήριο αυτό δεν ικανοποιείται, δεν μπορεί να ξεκινήσει η εξυπηρέτηση και έτσι αποφεύγονται αρκετές επικίνδυνες καταστάσεις.

5.6.2 Ατύχημα: Διαρροή Καυσίμου Κατά την Εξυπηρέτηση

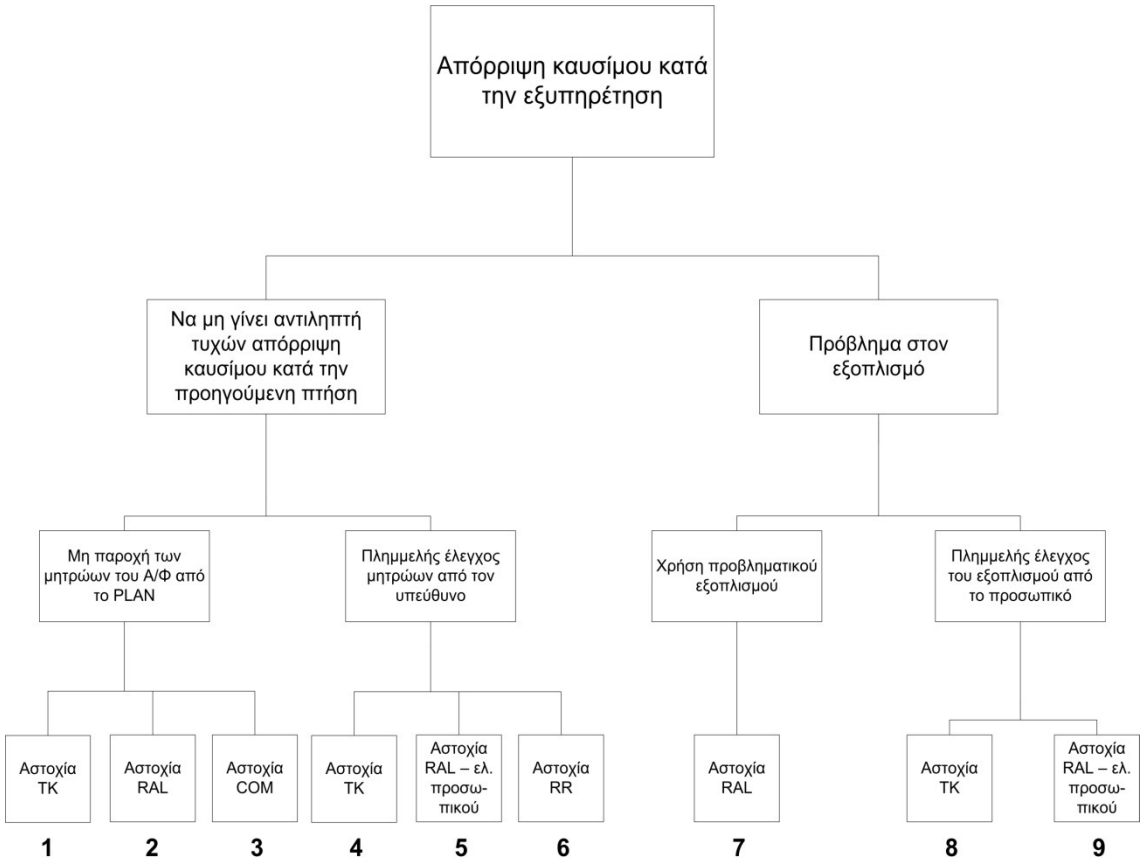
Ένα από τα πιθανότερα ατυχήματα που μπορεί να συμβούν κατά τον ανεφοδιασμό ενός αεροσκάφους είναι να διαρρεύσει η καύσιμη ύλη στην περιοχή που γίνεται η εξυπηρέτηση. Οι συνέπειες ενός τέτοιου γεγονότος μπορεί να είναι καταστροφικές καθώς υπό τις κατάλληλες συνθήκες μπορεί να προκληθεί πυρκαγιά με απρόβλεπτα αποτελέσματα. Οι λόγοι που μπορεί να προκαλέσουν μία τέτοια αστοχία ποικίλουν και το μοντέλο πρέπει να τους προβλέπει και να τους αντιμετωπίζει ταχύτατα και με ακρίβεια.

Σύμφωνα με την περιγραφή του ανεφοδιασμού που περιγράφηκε παραπάνω και τα προβλήματα που μπορεί να προκύψουν κατά την εκτέλεσή του (Εικόνες 5.7, 5.8) οι κυριότερες αιτίες από τις οποίες μπορεί να προέλθει η διαρροή καυσίμου κατά την εξυπηρέτηση είναι τρεις.

1. Αν κατά την προηγούμενη πτήση του αεροσκάφους είχε γίνει απόρριψη του καυσίμου τότε θα πρέπει πριν ξεκινήσει ο ανεφοδιασμός να γίνουν κάποιες εργασίες συντήρησης στο σύστημα καυσίμου. Σε διαφορετική περίπτωση θα υπάρξει διαρροή κατά την πλήρωση. Το αν το αεροσκάφος προέβη σε απόρριψη κατά την προηγούμενη πτήση φαίνεται από τα μητρώα του τα οποία οφείλει να παρέχει ο Σχεδιασμός του επιπέδου των λειτουργιών και να ελέγξει το προσωπικό της εξυπηρέτησης.
2. Σε περίπτωση που η μάνικα του ανεφοδιασμού ή οποιοδήποτε άλλο εξάρτημα παρεμβάλλεται από το βυτιοφόρο όχημα μέχρι το αεροσκάφος έχει κάποιο πρόβλημα, είναι πιθανή η διαρροή του καυσίμου που διέρχεται από το εν λόγω εξάρτημα. Για το λόγο αυτό θα πρέπει όλα τα μηχανήματα να ελέγχονται επιμελώς από το προσωπικό και να ζητείται επιδιόρθωση ή αντικατάστασή τους προτού ξεκινήσει η εξυπηρέτηση.

3. Με το μηχανισμό ασφάλισης της SPR σε θέση ασφάλισης θα πρέπει να ελεγχθεί αν η σύνδεση της με το αεροσκάφος είναι η προβλεπόμενη. Τυχών πρόβλημα στην ασφάλιση της SPR μπορεί να προκαλέσει αποκόλληση της κατά τον ανεφοδιασμό και διαρροή του καυσίμου στην πίστα ή τραυματισμό του προσωπικού.

Οι παραπάνω αιτίες προέρχονται και αυτές με τη σειρά τους από κάποια άλλα βαθύτερα αίτια που έχουν να κάνουν με την οργάνωση του οργανισμού, το επίπεδο του προσωπικού που εργάζεται, τα διατιθέμενα μέσα κ.α. Συγκεκριμένα, η αστοχία κάποιου οργανωτικού ή διαχειριστικού παράγοντα μπορεί να προκαλέσει την πρόκληση του ατυχήματος. Στην Εικόνα 5.9 φαίνονται με τη μορφή δέντρου όλες οι αιτίες που μπορεί να προκαλέσουν τη διαρροή καυσίμου κατά την εξυπηρέτηση σε όλα τα επίπεδα της λειτουργίας του οργανισμού.



Εικόνα 5.9: Αιτίες πρόκλησης διαρροής καυσίμου κατά την εξυπηρέτηση αεροσκάφους

Το ΣΔΑ του οργανισμού θα πρέπει να είναι σε θέση να αντιμετωπίσει οποιαδήποτε κρίσιμη κατάσταση κι αν εμφανιστεί. Πρώτο βήμα στην επίλυση ενός προβλήματος είναι να γίνει σωστή και άμεση αναγνώριση του. Μέσω του παράγοντα Problem ID θα

ενημερωθούν σταδιακά όλα τα εμπλεκόμενα τμήματα και μέσω των σχηματιζόμενων στο σύστημα βρόχων θα επιστρέψει η επίλυση του προβλήματος, με τη μορφή ενός παράγοντα, στο σημείο όπου δημιουργήθηκε.

Στο προτεινόμενο ΣΔΑ, η επίλυση των περισσότερων αστοχιών μπορεί να γίνει είτε τοπικά στο δεύτερο επίπεδο των λειτουργιών είτε στο ανώτερο επίπεδο διαχείρισης. Εξαίρεση αποτελούν οι αστοχίες που προέρχονται από ελλιπείς γνώσεις του προσωπικού και η επίλυσή τους απαιτεί την έναρξη κάποιας εκπαιδευτικής διαδικασίας. Οι εκπαιδευτικές διαδικασίες διεξάγονται μόνο από τον κόμβο της Εκπαίδευσης στο πρώτο επίπεδο και συνήθως απαιτούν μεγάλα χρονικά διαστήματα για την ολοκλήρωσή τους.

Η διεπίπεδη λογική του ΣΔΑ προσφέρει το σημαντικό όφελος της εξοικονόμησης χρόνου στην υλοποίηση κάποιων εργασιών αλλά κυρίως στην αντιμετώπιση σφαλμάτων. Με το να υπάρχει στο Σχεδιασμό του δευτέρου επιπέδου η δυνατότητα να επιδιορθώνει αστοχίες παραγόντων που επηρεάζονται άμεσα από αυτό (π.χ RAL, RR κτλ.) μειώνονται οι περιπτώσεις όπου απαιτείται η συνδρομή του ανωτέρου επιπέδου στην καθαυτή παραγωγική διαδικασία. Γενικά, αυτή η λογική είναι τις περισσότερες φορές επιθυμητή μιας και τα ανώτερα επίπεδα διοίκησης χαρακτηρίζονται από δυσκαμψία και μεγάλους χρόνους απόκρισης.

Ας δούμε όμως σε αυτό το σημείο το πώς το προτεινόμενο ΣΔΑ αντιδράει στην εμφάνιση οποιασδήποτε από τις παραπάνω αστοχίες που μπορεί να προκαλέσει διαρροή καυσίμου κατά την εξυπηρέτηση. Θα περιγράψουμε αναλυτικά τη διαδρομή που απαιτείται για την επιδιόρθωση του παράγοντα που αστοχεί κάθε φορά. Η κάθε διαδρομή αποτελεί στην ουσία ένα βρόχο του συστήματος και ο κάθε βρόχος πρέπει να είναι κλειστός (δηλαδή να ξεκινάει και να τελειώνει στον ίδιο κόμβο) προκειμένου το σύστημα να είναι αποτελεσματικό.

Στις Εικόνες 5.10 και 5.11 παραθέτουμε το μοντέλο ΣΔΑ προκειμένου να γίνει πιο κατανοητή η συμβολολογία που χρησιμοποιείται παρακάτω.

Διαδρομή 1: Επιλύεται μόνο από το ανώτερο επίπεδο λόγω της εμπλοκής του παράγοντα Εκπαιδευτικές Ανάγκες (Training Needs) και κατά συνέπεια του κόμβου της Εκπαίδευσης (Training).

Εμπλεκόμενοι Κόμβοι: G – I – F – E – G

Εμπλεκόμενοι Παράγοντες: Problem ID – Problem ID – Training Needs – TK – TK (είσοδος)

Διαδρομή 2: Επιλύεται είτε από το δεύτερο επίπεδο είτε αν δε βρεθεί λύση τοπικά, από το πρώτο επίπεδο.

Τοπικά

Εμπλεκόμενοι Κόμβοι: G – I – F – G

Εμπλεκόμενοι Παράγοντες: Problem ID – Problem ID – RAL – RAL (είσοδος)

Πρώτο Επίπεδο

Εμπλεκόμενοι Κόμβοι: G – I – F – C – D – A – F – G

Εμπλεκόμενοι Παράγοντες: Problem ID – Problem ID – Problem ID – Problem ID – Problem ID + Accident Scenarios – RAL – RAL – RAL (είσοδος)

Διαδρομή 3: Επιλύεται είτε από το δεύτερο επίπεδο είτε αν δε βρεθεί λύση τοπικά, από το πρώτο επίπεδο.

Τοπικά

Εμπλεκόμενοι Κόμβοι: G – I – F – G

Εμπλεκόμενοι Παράγοντες: Problem ID – Problem ID – COM – COM (είσοδος)

Πρώτο Επίπεδο

Εμπλεκόμενοι Κόμβοι: G – I – F – C – D – A – F – G

Εμπλεκόμενοι Παράγοντες: Problem ID – Problem ID – Problem ID – Problem ID – Problem ID + Accident Scenarios – COM – COM – COM (είσοδος)

Διαδρομή 4: Επιλύεται μόνο από το ανώτερο επίπεδο λόγω της εμπλοκής του παράγοντα Εκπαιδευτικές Ανάγκες (Training Needs) και κατά συνέπεια του κόμβου της Εκπαίδευσης (Training).

Εμπλεκόμενοι Κόμβοι: G – I – F – E – G

Εμπλεκόμενοι Παράγοντες: Problem ID – Problem ID – Training Needs – TK – TK (είσοδος)

Διαδρομή 5: Επιλύεται είτε από το δεύτερο επίπεδο είτε αν δε βρεθεί λύση τοπικά, από το πρώτο επίπεδο.

Τοπικά

Εμπλεκόμενοι Κόμβοι: G – I – F – G

Εμπλεκόμενοι Παράγοντες: Problem ID – Problem ID – RAL – RAL (είσοδος)

Πρώτο Επίπεδο

Εμπλεκόμενοι Κόμβοι: G – I – F – C – D – A – F – G

Εμπλεκόμενοι Παράγοντες: Problem ID – Problem ID – Problem ID – Problem ID – Problem ID + Accident Scenarios – RAL – RAL – RAL (είσοδος)

Διαδρομή 6: Επιλύεται είτε από το δεύτερο επίπεδο είτε αν δε βρεθεί λύση τοπικά, από το πρώτο επίπεδο.

Τοπικά

Εμπλεκόμενοι Κόμβοι: G – I – F – G

Εμπλεκόμενοι Παράγοντες: Problem ID – Problem ID – RR – RR (είσοδος)

Πρώτο Επίπεδο

Εμπλεκόμενοι Κόμβοι: G – I – F – C – D – A – F – G

Εμπλεκόμενοι Παράγοντες: Problem ID – Problem ID – Problem ID – Problem ID – Problem ID + Accident Scenarios – RR – RR – RR (είσοδος)

Διαδρομή 7: Επιλύεται είτε από το δεύτερο επίπεδο είτε αν δε βρεθεί λύση τοπικά, από το πρώτο επίπεδο.

Τοπικά

Εμπλεκόμενοι Κόμβοι: G – I – F – G

Εμπλεκόμενοι Παράγοντες: Problem ID – Problem ID – RAL – RAL (είσοδος)

Πρώτο Επίπεδο

Εμπλεκόμενοι Κόμβοι: G – I – F – C – D – A – F – G

Εμπλεκόμενοι Παράγοντες: Problem ID – Problem ID – Problem ID – Problem ID – Problem ID + Accident Scenarios – RAL – RAL – RAL (είσοδος)

Διαδρομή 8: Επιλύεται μόνο από το ανώτερο επίπεδο λόγω της εμπλοκής του παράγοντα Εκπαιδευτικές Ανάγκες (Training Needs) και κατά συνέπεια του κόμβου της Εκπαίδευσης (Training).

Εμπλεκόμενοι Κόμβοι: G – I – F – E – G

Εμπλεκόμενοι Παράγοντες: Problem ID – Problem ID – Training Needs – TK – TK (είσοδος)

Διαδρομή 9: Επιλύεται είτε από το δεύτερο επίπεδο είτε αν δε βρεθεί λύση τοπικά, από το πρώτο επίπεδο.

Τοπικά

Εμπλεκόμενοι Κόμβοι: G – I – F – G

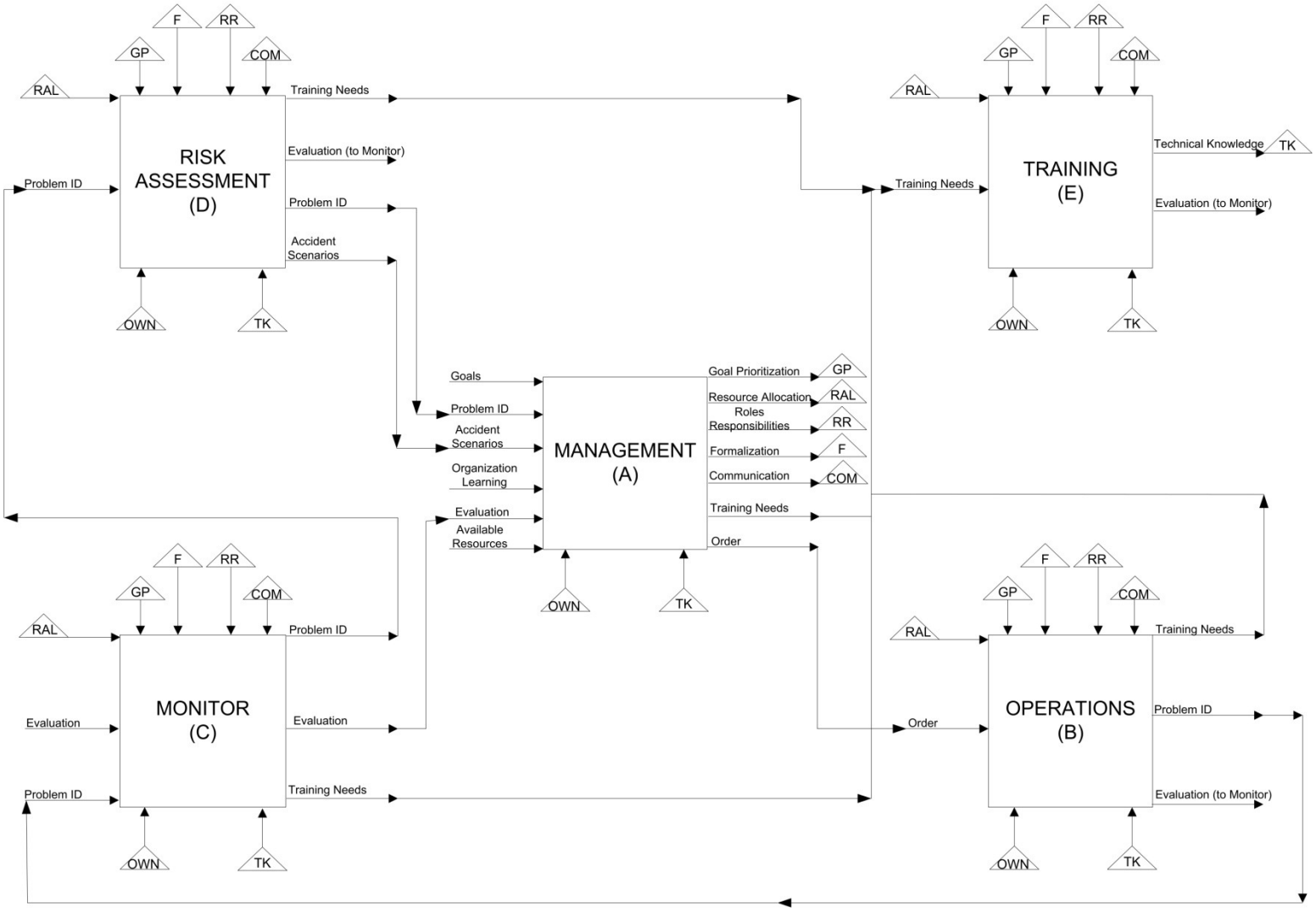
Εμπλεκόμενοι Παράγοντες: Problem ID – Problem ID – RAL – RAL (είσοδος)

Πρώτο Επίπεδο

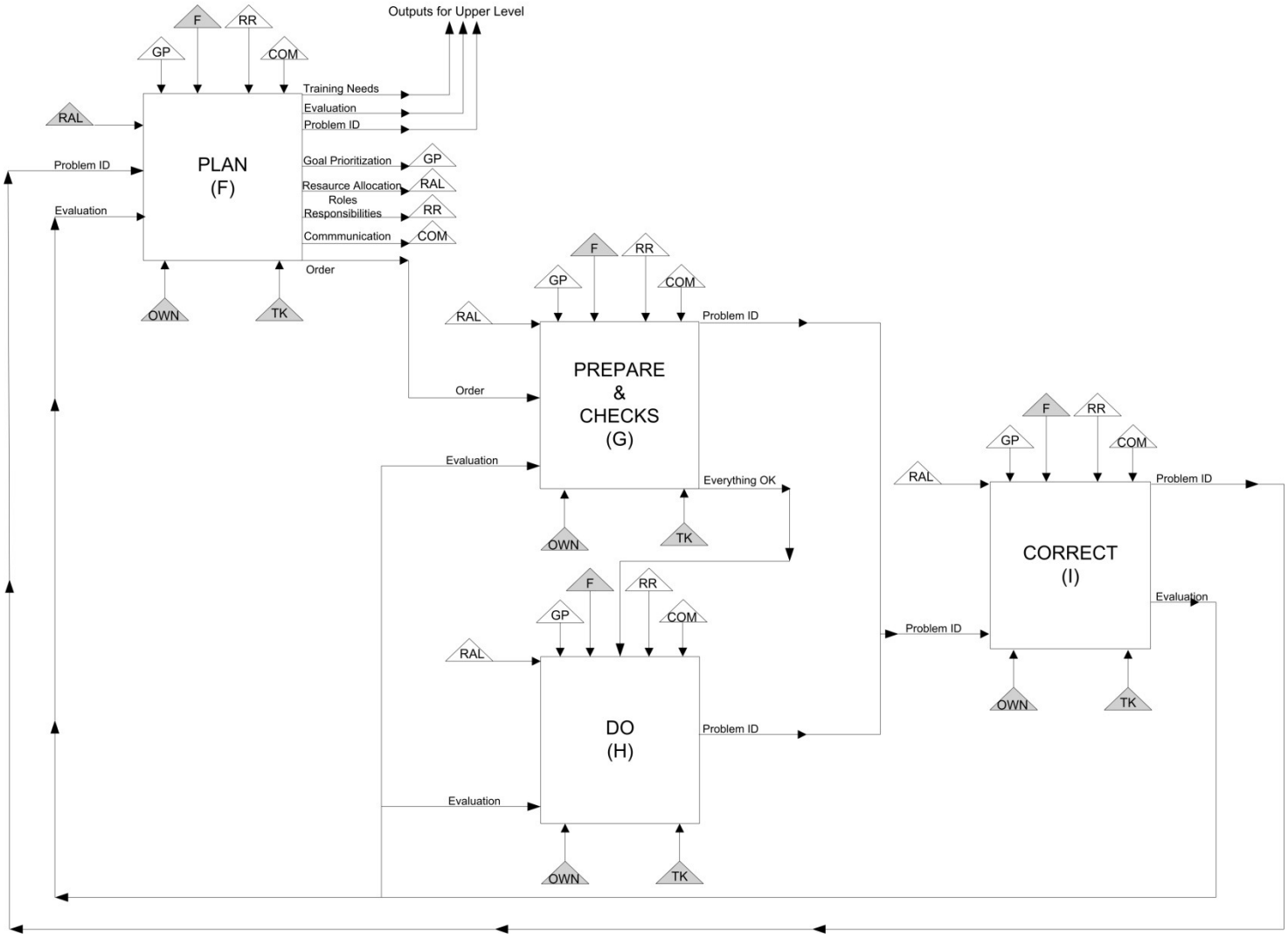
Εμπλεκόμενοι Κόμβοι: G – I – F – C – D – A – F – G

Εμπλεκόμενοι Παράγοντες: Problem ID – Problem ID – Problem ID – Problem ID – Problem ID + Accident Scenarios – RAL – RAL – RAL (είσοδος)

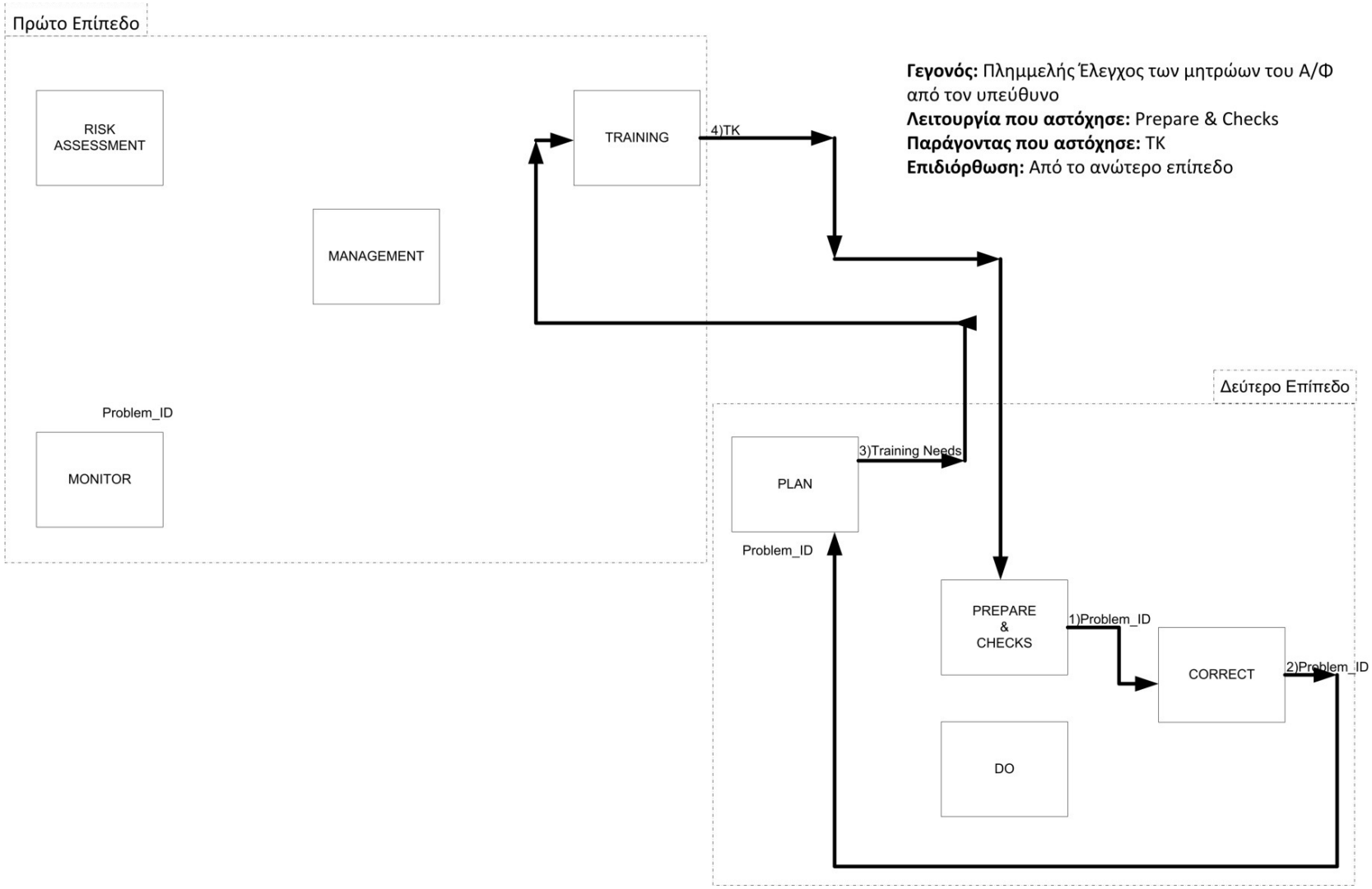
Στις Εικόνες 5.12, 5.13 και 5.14 απεικονίζονται γραφικά οι βρόγχοι που σχηματίζονται σε δύο από τις παραπάνω περιπτώσεις οι οποίες και είναι αντιπροσωπευτικές των υπολοίπων. Η διαδρομές που χαράσσονται περιλαμβάνουν μόνο τους παράγοντες και τους κόμβους που σχετίζονται άμεσα με την επίλυση το προβλήματος και όχι όλες τις διαδικασίες που εκκινούν όταν συμβεί κάποιο ατυχές γεγονός



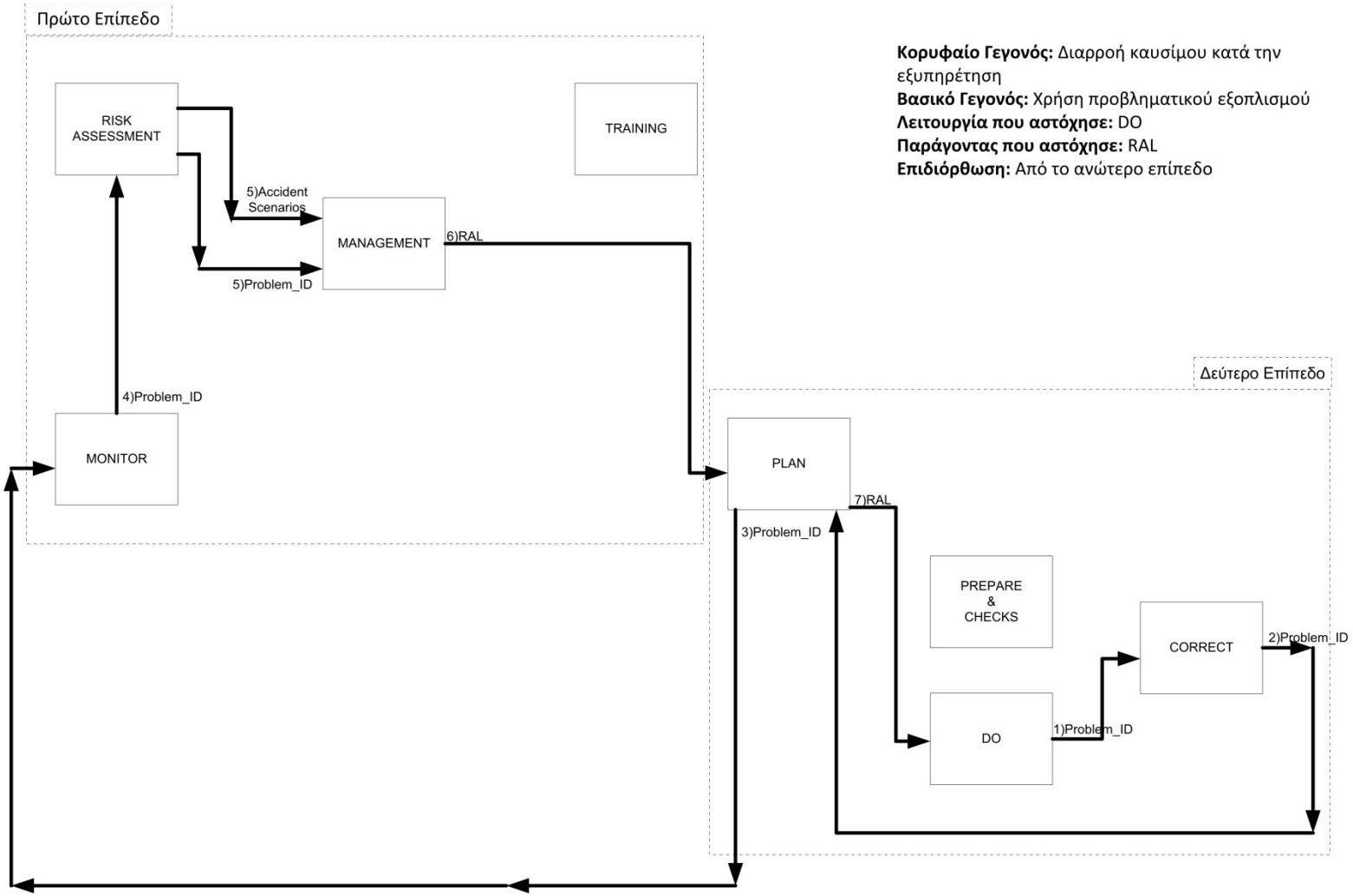
Εικόνα 5.10: Πρώτο επίπεδο μοντέλου



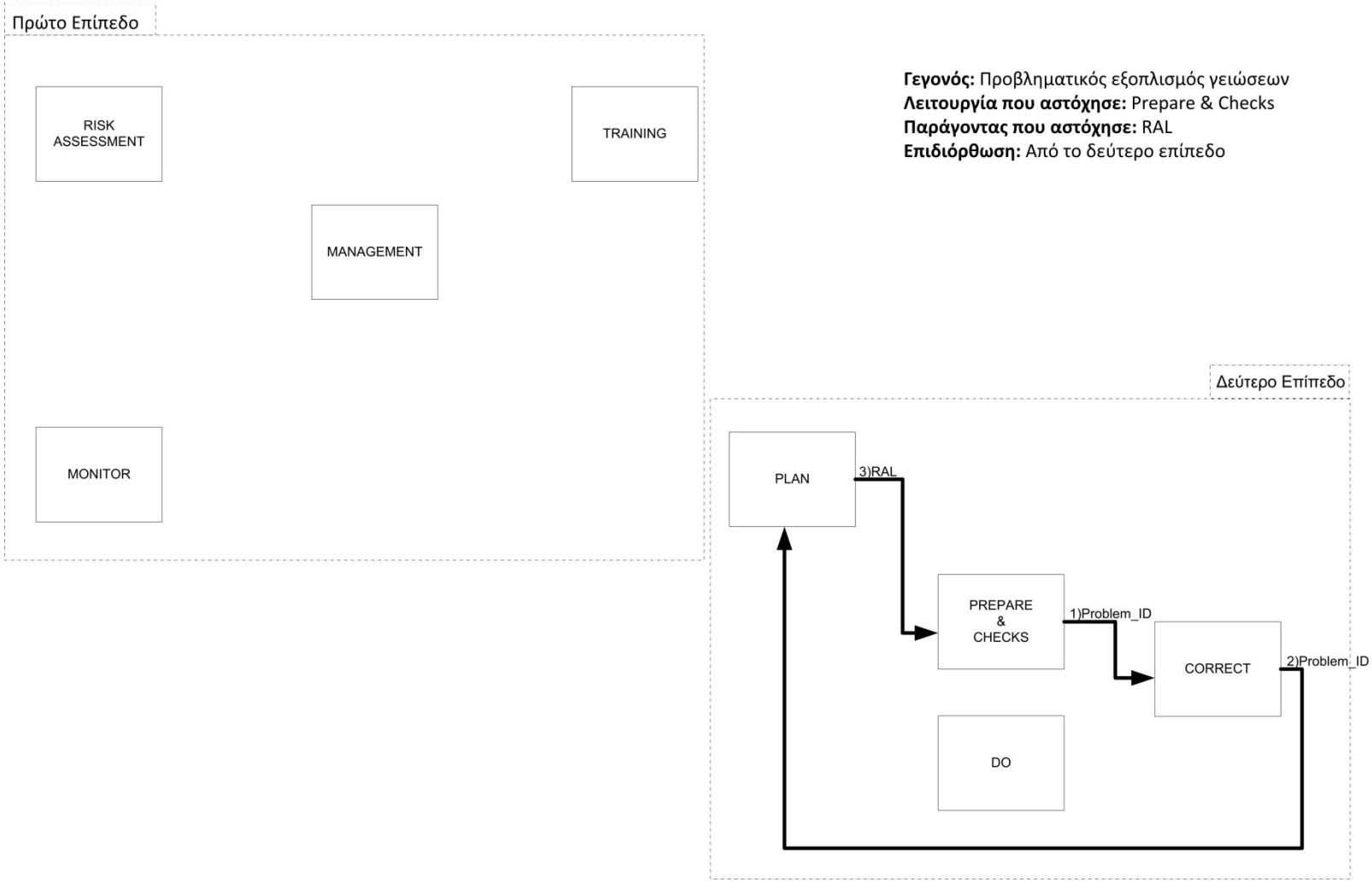
Εικόνα 5.11: Δεύτερο επίπεδο μοντέλου



Εικόνα 5.12: Βρόγχος που εμπλέκει τον παράγοντα Τεχνική Γνώση (ΤΚ) και τον κόμβο της Εκπαίδευσης (Training) που τον παράγει



Εικόνα 5.13: Βρόχος που ενεργοποιείται για την επιδιόρθωση του παράγοντα Καταμερισμός Πόρων (RAL) που αστόχησε στο δεύτερο επίπεδο. Η επιδιόρθωση γίνεται από το ανώτερο επίπεδο.



Εικόνα 5.14: Βρόχος που ενεργοποιείται για την επιδιόρθωση του παράγοντα Καταμερισμός Πόρων (RAL) που αστόχησε στο δεύτερο επίπεδο. Η επιδιόρθωση γίνεται τοπικά στο δεύτερο επίπεδο.

Κεφάλαιο 6

Επίλογος – Συμπεράσματα

6.1 Σενάρια εφαρμογής του μοντέλου – δικτύου Πέτρι

Το μοντέλο που περιγράφηκε παραπάνω καθώς και η υλοποίησή του με δίκτυα Πέτρι μπορούν να εφαρμοστούν σε πραγματικά σενάρια οργανισμών και επιχειρήσεων. Σε αυτά εντάσσεται και ο εντός αεροδρομίου ανεφοδιασμός αεροσκάφους με καύσιμο όπως αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Με σκοπό τη βαθύτερη κατανόηση της λειτουργικότητας και των πλεονεκτημάτων του δικτύου Πέτρι θα παρουσιάσουμε τέσσερα σενάρια εφαρμογής του σε τέσσερα διαφορετικά ήδη οργανισμών. Η βασική παράμετρος που διαφοροποιείται στα σενάρια είναι η πιθανότητα αστοχίας των οργανωτικών παραγόντων, δηλαδή η αξιοπιστία τους. Ελλείψει πραγματικών δεδομένων, οι πιθανότητες είναι υποθετικές αλλά κατάλληλα ομαδοποιημένες έτσι ώστε να έχουν μία λογική εφαρμογή και να προκύπτουν χρήσιμα συγκριτικά συμπεράσματα.

Παράλληλα, εξετάζεται και ένα δεύτερο σημαντικό χαρακτηριστικό του μοντέλου το οποίο είναι η επίδραση της λειτουργίας του δευτέρου επιπέδου στη συνολική απόδοση του συστήματος. Μελετάται το ποσοστό στο οποίο ένα ισχυρό επίπεδο λειτουργιών μπορεί να ωφελήσει μία εκάστοτε επιχείρηση. Η στιβαρότητα του επιπέδου μετριέται τόσο με τις πιθανότητες αστοχίας των παραγόντων του, όσο και με το κατά πόσο μπορεί να επιδιορθώνει αυτοτελώς τοπικές αστοχίες ή αστοχίες που προέρχονται από το ανώτερο επίπεδο.

Για χάρη ευκολίας ας θεωρήσουμε και πάλι το προηγούμενο παράδειγμα ανεφοδιασμού αεροσκάφους με καύσιμο. Στόχος των πειραμάτων είναι η λειτουργία του μοντέλου και η προσομοίωση του δικτύου Πέτρι μέχρι την επιτυχή ολοκλήρωση

εκατό ανεφοδιασμών. Τα χαρακτηριστικά που εξάγονται και μελετώνται από τις προσομοιώσεις είναι τα παρακάτω.

- Απαιτούμενοι κύκλοι για την επίτευξη του στόχου: Σαν κύκλος ορίζεται η διαδρομή από την έκδοση της αίτησης για ανεφοδιασμό έως και την ολοκλήρωση του. Ένας κύκλος περιλαμβάνει τη λειτουργία του στοιχείου της Διοίκησης που εκδίδει την εντολή για ανεφοδιασμό, των Λειτουργιών όπου διεξάγεται ο ανεφοδιασμός, της Παρακολούθησης Επιδόσεων και Έλεγχου όπου αξιολογείται η όλη διαδικασία καθώς και της Εκτίμησης Επικινδυνότητας αν υπάρξει κάποια αστοχία ή ατύχημα.
- Αποτελεσματικότητα: Το ποσοστό των κύκλων που απέδωσαν επιτυχή ανεφοδιασμό σε αντιδιαστολή με το συνολικό αριθμό κύκλων.
- Αστοχίες του πρώτου επιπέδου που επιδιορθώθηκαν στο πρώτο επίπεδο στον ίδιο ή σε επόμενο κύκλο.
- Αστοχίες του πρώτου επιπέδου που επιδιορθώθηκαν στο δεύτερο επίπεδο.
- Αστοχίες του δευτέρου επιπέδου που επιδιορθώθηκαν στο πρώτο επίπεδο σε επόμενο κύκλο.
- Αστοχίες του δευτέρου επιπέδου που επιδιορθώθηκαν στο δεύτερο επίπεδο.
- Συνδρομή κόμβου Διοίκησης – Management στην όλη διαδικασία: Πόσες φορές ενεργοποιήθηκε ο κόμβος μέχρι την εκπλήρωση του στόχου.
- Συνδρομή κόμβου Παρακολούθησης Επιδόσεων και Ελέγχου – Monitor στην όλη διαδικασία: Πόσες φορές ενεργοποιήθηκε ο κόμβος μέχρι την εκπλήρωση του στόχου.
- Συνδρομή κόμβου Εκτίμησης Επικινδυνότητας – Risk Assessment στην όλη διαδικασία: Πόσες φορές ενεργοποιήθηκε ο κόμβος μέχρι την εκπλήρωση του στόχου.
- Συνδρομή κόμβου Σχεδιασμού - Plan στην όλη διαδικασία: Πόσες φορές ενεργοποιήθηκε ο κόμβος μέχρι την εκπλήρωση του στόχου.
- Συνδρομή κόμβου Προετοιμασίας και Ελέγχων - Prepare & Checks στην όλη διαδικασία: Πόσες φορές ενεργοποιήθηκε ο κόμβος μέχρι την εκπλήρωση του στόχου.
- Συνδρομή κόμβου Εκτέλεσης - Do στην όλη διαδικασία: Πόσες φορές ενεργοποιήθηκε ο κόμβος μέχρι την εκπλήρωση του στόχου.
- Συνδρομή κόμβου Επιδιόρθωσης - Correct στην όλη διαδικασία: Πόσες φορές ενεργοποιήθηκε ο κόμβος μέχρι την εκπλήρωση του στόχου.

Από τα παραπάνω μπορούν να εξαχθούν κάποια ενδιαφέροντα συμπεράσματα όπως τα ακόλουθα.

- Αποτελεσματικότητα του οργανισμού.
- Σημαντικότητα του κάθε κόμβου ανάλογα με το πόσο συχνά ενεργοποιείται στη διαδικασία. Κόμβοι οι οποίοι ενεργοποιούνται συχνά πρέπει να προσφέρουν το αποτέλεσμα της λειτουργίας τους σε σχετικά σύντομο χρονικά διάστημα και με μικρή πιθανότητα σφάλματος.
- Σημαντικότητα βρόγχων που σχηματίζονται κατά τη λειτουργία του συστήματος.

Σε αυτό το σημείο ας δούμε τα τέσσερα διαφορετικά σενάρια τα οποία μελετήθηκαν.

Πρώτο Σενάριο

Το σενάριο αυτό μπορεί να χαρακτηριστεί ως αισιόδοξο καθότι η πιθανότητα αστοχίας που δίνεται σε κάθε παράγοντα και στα δύο επίπεδα είναι 5%. Το δεύτερο επίπεδο είναι ισχυρό από την άποψη του ότι οι παράγοντες που επηρεάζει δεν αστοχούν συχνά, αλλά όχι τόσο ισχυρό όσον αφορά τη δυνατότητα επιδιόρθωσης σφαλμάτων που προέρχονται από το ανώτερο επίπεδο. Η πιθανότητα επιδιόρθωσης ενός τέτοιου σφάλματος ορίζεται στο 5%.

Δεύτερο Σενάριο

Το σενάριο αυτό χαρακτηρίζεται ως απαισιόδοξο καθώς το πρώτο επίπεδο του οργανισμού παρουσιάζεται εξαιρετικά αδύναμο με την πιθανότητα αστοχίας των παραγόντων που παράγονται από αυτό να είναι 50%. Η παραδοχή αυτή αποτελεί στην ουσία το αντίθετο του προηγούμενου σεναρίου όπου οι αστοχίες συνέβαιναν εξαιρετικά σπάνια καθώς και το κάτω όριο της απόδοσης (50-50 πιθανότητα επιτυχίας) που μπορεί να υποτεθεί για ένα οργανισμό. Θα μας βοηθήσει στο να μελετήσουμε συγκριτικά την απόδοση μιας επιχείρησης σε δύο ακραία σενάρια λειτουργίας. Το δεύτερο επίπεδο κυμαίνεται στα δεδομένα του πρώτου σεναρίου με τις πιθανότητες αστοχίας ενός παράγοντα και επιδιόρθωσης σφάλματος εκ των άνωθεν να είναι 5%.

Τρίτο Σενάριο

Στο σενάριο αυτό διατηρείται η προηγούμενη αδυναμία του πρώτου επιπέδου με τις πιθανότητες αστοχίας να είναι 50%. Η διαφορά έγκειται στην σημαντική ενίσχυση του δευτέρου επιπέδου όσον αφορά τη δυνατότητα του να επιδιορθώνει σφάλματα του

πρώτου επιπέδου. Η πιθανότητα να συμβεί κάτι τέτοιο αυξάνεται στο 25%. Η πιθανότητα αστοχίας κάποιου παράγοντά του είναι και πάλι 5%.

Τέταρτο Σενάριο

Στην περίπτωση αυτή, το πρώτο επίπεδο εμφανίζεται ισχυρό με την πιθανότητα αστοχίας των παραγόντων του να είναι 5% ενώ από την άλλη πλευρά εξασθενεί το δεύτερο επίπεδο. Η πιθανότητα αστοχίας των παραγόντων που επηρεάζονται από αυτό είναι 50% και η πιθανότητα επιδιόρθωσης εκ των άνωθεν σφαλμάτων 5%.

Με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις προσομοιώσεις του συστήματος συνθέτουμε τον πίνακα της Εικόνας 6.1 όπου παρατίθενται οι τιμές των παραμέτρων που περιγράφηκαν προηγούμενα.

Παρατηρήσεις

Συγκρίνοντας αρχικά την αποτελεσματικότητα του κάθε οργανισμού παρατηρούμε σημαντικές διαφορές από σενάριο σε σενάριο. Στο πρώτο και στο τέταρτο σενάριο όπου η πιθανότητα αστοχίας των παραγόντων του πρώτου επιπέδου είναι πολύ χαμηλή παρατηρούμε ότι η αποτελεσματικότητα των διεργασιών είναι αρκετά υψηλή, της τάξεως του 84% και 80% αντίστοιχα. Εν αντιθέσει, στα άλλα δύο σενάρια όπου η πιθανότητα αστοχίας των προηγούμενων παραγόντων ολισθαίνει στο 50%, η αποτελεσματικότητα κυμαίνεται σε χαμηλότερα επίπεδα και συγκεκριμένα στο 32% και 43%. Το αποτέλεσμα αυτό έρχεται να ενισχύσει την ήδη εκπεφρασμένη άποψη που ορίζει ότι οι αποφάσεις του ανωτέρου επιπέδου διοίκησης επηρεάζουν καταλυτικά την εύρυθμη και αποδοτική λειτουργία καθώς και την ασφάλεια ενός οργανισμού.

Η διαφορά του πρώτου και του τέταρτου σεναρίου έγκειται στην ποιότητα του δευτέρου επιπέδου όπως αυτή μετράται με τη μορφή της πιθανότητας αστοχίας των παραγόντων που επηρεάζει. Παρατηρούμε ότι η αποτελεσματικότητα των διεργασιών στα δύο επίπεδα δεν διαφέρει σημαντικά. Εντούτοις, συγκρίνοντας τη συχνότητα ενεργοποίησης των κόμβων του δευτέρου επιπέδου διακρίνουμε μία αύξηση της τάξεως του 40% στο τέταρτο σενάριο. Ως αποτέλεσμα αυτού είναι η αύξηση του χρόνου που διαρκεί ένας κύκλος στο τέταρτο σενάριο σε σχέση με αυτόν του πρώτου.

	Σενάριο 1	***Σενάριο 2***	***Σενάριο 3***	***Σενάριο 4***
Στόχος (Ενέργειες)	100	100	100	100
Απαιτούμενοι Κύκλοι	119	312	231	125
Αποτελεσματικότητα	84%	32%	43%	80%
Αστοχίες 1ου επιπέδου / Επιδιόρθωση στο 1ο επίπεδο	19	212	131	19
Αστοχίες 1ου επιπέδου / Επιδιόρθωση στο 2ο επίπεδο	3	12	54	0
Αστοχίες 2ου επιπέδου / Επιδιόρθωση στο 1ο επίπεδο	0	0	0	6
Αστοχίες 2ου επιπέδου / Επιδιόρθωση στο 2ο επίπεδο	10	22	8	69
Συνδρομή κόμβου Management	119	312	231	125
Συνδρομή κόμβου Monitor	119	312	231	12
Συνδρομή κόμβου Risk Assessment	19	212	131	25
Συνδρομή κόμβου PLAN	132	346	293	194
Συνδρομή κόμβου Prepare & Checks	132	346	293	194
Συνδρομή κόμβου DO	100	100	100	100
Συνδρομή κόμβου Correct	132	346	293	194

Εικόνα 6.1: Συγκριτικά αποτελέσματα προσομοιώσεων του μοντέλου

Στο δεύτερο και στο τρίτο σενάριο κοινό χαρακτηριστικό αποτελεί η αδυναμία του πρώτου επιπέδου, ενώ διαφοροποιούνται ως προς τη στιβαρότητα του δευτέρου. Στο τρίτο σενάριο το δεύτερο επίπεδο εμφανίζεται ενισχυμένο με την πιθανότητα επιδιόρθωσης σφαλμάτων που προέρχονται εκ των άνωθεν να είναι στο 25% ενώ στο

δεύτερο σενάριο η πιθανότητα αυτή είναι μόλις 5%. Πιθανοί λόγοι που μπορεί να προκαλέσουν μία τέτοια διαφοροποίηση είναι η επάνδρωση του δευτέρου επιπέδου με εμπειρότερα και ικανότερα στελέχη ή η βελτίωση των διαδικασιών επίβλεψης και συντονισμού των διεργασιών. Με την ισχυροποίηση του δευτέρου επιπέδου επιτυγχάνεται αύξηση της αποτελεσματικότητας μεγαλύτερη του 10% ανάμεσα στα δύο σενάρια καθώς και 25% μείωση της συχνότητας που χρειάζεται η συνδρομή της διοίκησης για την επίλυση κάποιας αστοχίας. Γενικά, η εμπλοκή του ανωτέρου κλιμακίου της διοίκησης στην άμεσα παραγωγική διαδικασία δεν είναι επιθυμητή καθότι είναι κατά κύριο λόγο χρονοβόρα.

Συνακόλουθα, σε όλα τα σενάρια παρατηρούμε ότι οι κόμβοι του δευτέρου επιπέδου και συγκεκριμένα αυτοί του Σχεδιασμού (Plan), της Προετοιμασίας & Ελέγχων (Prepare & Checks) και της Επιδιόρθωσης (Correct) ενεργοποιούνται τις περισσότερες φορές. Ο κύριος λόγος που συμβαίνει αυτό είναι ότι κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας του ανεφοδιασμού (και γενικά της διαχείρισης της εκάστοτε επικίνδυνης ουσίας) το στάδιο της Προετοιμασίας & Ελέγχων σε άμεση συνεργασία με τον επιβλέποντα της διαδικασίας ανιχνεύουν πιθανές αστοχίες στα υλικά ή γενικά προβλήματα που μπορεί να προκύψουν προτού ξεκινήσει η κυρίως διαδικασία. Σαν αποτέλεσμα αιτούνται από τον τομέα του Σχεδιασμού την επιδιόρθωση τους προκειμένου να προχωρήσουν σε επόμενο στάδιο. Συμπερασματικά, ο βρόγχος Σχεδιασμός – Προετοιμασία & Έλεγχοι – Επιδιόρθωση είναι κομβικής σημασίας και πρέπει να λειτουργεί απρόσκοπτα, με ταχύτητα και με συνέπεια μέσω των παραγόντων αναγνώρισης προβλημάτων και αξιολόγησης που εμπλέκονται σε αυτόν.

Παράλληλα, στο πρώτο επίπεδο οι κόμβοι που ενεργοποιούνται συχνότερα πέραν των Λειτουργιών είναι αυτοί της Διοίκησης (Management) και της Παρακολούθησης Επιδόσεων & Ελέγχου (Monitor). Η συνδρομή του κόμβου της Εκτίμησης Επικινδυνότητας (Risk Assessment) αιτείται μόνο σε περίπτωση ύπαρξης αστοχίας προκειμένου να αποτιμηθούν οι συνέπειες της και να προταθούν μέτρα αντιμετώπισης. Κατά συνέπεια, εξάγουμε το συμπέρασμα ότι το μεγαλύτερο εύρος των λειτουργιών ενός οργανισμού διεξάγεται στο “τρίγωνο” Διοίκηση – Λειτουργίες – Παρακολούθηση Επιδόσεων & Έλεγχος. Σε αυτό θα πρέπει να δοθεί το περισσότερο βάρος και ως προς τη στελέχωση αλλά και ως προς τις διαδικασίες και τεχνικές που χρησιμοποιούνται προκειμένου να λειτουργούν όσο το δυνατό καλύτερα.

Σε αυτό το σημείο, να αναφέρουμε ότι στα παραπάνω σενάρια δεν ασχοληθήκαμε εκτενώς με τη συμπεριφορά του τομέα της Εκπαίδευσης. Ο λόγος είναι ότι οι διαδικασίες εκπαίδευσης σε ένα οργανισμό είναι συνήθως χρονοβόρες, δε

διεξάγονται σε τακτά χρονικά διαστήματα και όταν εκτελούνται αυτό γίνεται συνήθως παράλληλα με την κανονική λειτουργία του οργανισμού. Σε περίπτωση αστοχίας του παράγοντα τεχνική γνώση σε κάποιο σημείο αναζητούνται εναλλακτικές λύσεις προκειμένου να διευθετηθεί το συγκεκριμένο πρόβλημα και να προχωρήσει η διαδικασία. Πιθανές λύσεις αποτελούν η αντικατάσταση του προσωπικού ή η χρησιμοποίηση κάποιας άλλης τεχνικής περισσότερο γνωστής στο υπάρχων προσωπικό. Η εκπαιδευτική διαδικασία μπορεί να ενεργοποιηθεί εν συνεχεία για την κάλυψη μακροπρόθεσμων αναγκών.

6.2 Συμπεράσματα

Στην παραπάνω έρευνα παρουσιάσαμε ένα μοντέλο συστήματος διαχείρισης ασφάλειας για εφαρμογή σε επιχειρήσεις και οργανισμούς οι οποίοι διαχειρίζονται επικίνδυνες ουσίες. Πρόκειται για μια πρότυπη δομή διαχείρισης των οργανωτικών και διαχειριστικών παραγόντων για τον έλεγχο των κινδύνων αστοχίας και την αποφυγή πρόκλησης μειζόνων ατυχημάτων.

Κύριο χαρακτηριστικό του μοντέλου αποτελεί η διεπίπεδη λογική που το διακατέχει, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στο κομμάτι το λειτουργιών ενός οργανισμού. Ταυτόχρονα, αναδιατάσσουμε τους οργανωτικούς και διαχειριστικούς παράγοντες έτσι ώστε να επιτευχθεί μία βέλτιστη αναλογία ως προς τη λειτουργική και ρεαλιστική περιγραφή του συστήματος και την ποσότητα και ποιότητα των απαιτούμενων παραγόντων. Κάθε οργανωτικός και διαχειριστικός παράγοντας αντιμετωπίζεται στην ουσία, σαν μια ροή εργασίας που χαρακτηρίζεται από τις απαιτήσεις που θέτει το περιβάλλον εργασίας με κριτήρια ποιότητας και προθεσμίες παράδοσης στο άτομο εκείνο που είναι υπεύθυνο για τη διεκπεραίωση της δράσης.

Η υλοποίηση σε δυο επίπεδα επιτρέπει τον καλύτερο καταμερισμό των αρμοδιοτήτων, τον αποδοτικότερο συντονισμό των εργασιών καθώς και την ταχύτερη αντίδραση σε περίπτωση κάποιας αστοχίας. Το τελευταίο χαρακτηριστικό αποτελεί και το σημαντικότερο όφελος που προσφέρει αυτή η λογική στο ΣΔΑ. Τα περισσότερα και πιο επικίνδυνα σφάλματα σε μία επιχείρηση συμβαίνουν στον τομέα των λειτουργιών και της καθαρά παραγωγικής διαδικασίας. Για το λόγο αυτό απαιτείται ο τομέας να στιβαρώς δομημένος και ικανός να αναλάβει όγκο ευθυνών και πρωτοβουλιών σε περίπτωση κάποιου προβλήματος ή ατυχήματος. Η συμβολή των ανωτέρων στρωμάτων της διοίκησης σε περίπτωση αστοχίας θα πρέπει να αιτείται

όσο το δυνατό λιγότερο, λόγω της σχετικής δυσκαμψίας και του μεγάλου χρόνου απόκρισης που τα χαρακτηρίζει.

Το πρώτο επίπεδο αποτελείται από τη Διοίκηση (Management), τις Λειτουργίες (Operations), την Εκπαίδευση (Training), την Παρακολούθηση Επιδόσεων & Έλεγχος (Monitor) και την Εκτίμηση Επικινδυνότητας (Risk Assessment). Το δεύτερο επίπεδο απαρτίζεται από τα στοιχεία του Σχεδιασμού (Plan), της Προετοιμασίας & Ελέγχων (Prepare & Checks), της Εκτέλεσης (Do) και της Επιδιόρθωσης (Correct).

Όσον αφορά τους οργανωτικούς και διοικητικούς παράγοντες, καταλήγουμε σε ένα συμπαγές σύνολο δεκατεσσάρων παραγόντων που επηρεάζουν το ΣΔΑ. Το σύνολο αυτό είναι αρκετό προκειμένου το ΣΔΑ να μπορεί να εφαρμοστεί αυτούσιο σε πραγματικά σενάρια αλλά και να αποτελέσει τη θεωρητική βάση για την περαιτέρω ανάπτυξη εξειδικευμένων εφαρμογών. Οι παράγοντες που χρησιμοποιούνται είναι συνοπτικά οι παρακάτω.

- Ιεράρχηση Στόχων (Goal Prioritization - GP)
- Μάθηση του Οργανισμού (Organization Learning - OL)
- Αναγνώριση Προβλημάτων (Problem ID)
- Καταμερισμός Πόρων (Resource Allocation - RAL)
- Επικοινωνίες (Communication - COM)
- Τεχνική Γνώση (Technical Knowledge - TK)
- Εκπαιδευτικές Ανάγκες (Training Needs)
- Τυποποίηση (Formalization - F)
- Ρόλοι & Αρμοδιότητες (Roles & Responsibilities - RR)
- Αίσθημα Ευθύνης (Ownership - Own)
- Αξιολόγηση (Evaluation)
- Στόχοι (Goals)
- Διαθέσιμοι Πόροι (Available Resources)
- Σενάρια Ατυχημάτων (Accident Scenarios)

Το προτεινόμενο σύστημα μοντελοποιήθηκε με χρήση της μεθόδου SADT συνδυάζοντας τα προαναφερθέντα στοιχεία και τους οργανωτικούς παράγοντες. Η σωστή λειτουργία του βασίζεται στην ομαλή ροή της πληροφορίας ανάμεσα στα στοιχεία του. Η κίνηση αυτή χαρακτηρίζεται με τη μορφή βρόχων ροής ενεργειών οι οποίοι αποτελούν βασικό χαρακτηριστικό του ΣΔΑ και αποτελούνται από παράγοντες. Για την επίλυση οποιουδήποτε προβλήματος ενεργοποιείται ένας συγκεκριμένος

βρόχος. Οι βρόχοι χωρίζονται σε βραδείας και ταχείας απόκρισης, ανάλογα με το χρόνο που χρειάζονται για να εμφανίσουν τα αποτελέσματά τους.

Με σκοπό την προσθήκη της ικανότητας αμεσότερης αλληλεπίδρασης με το σύστημα κρίθηκε σκόπιμη η μοντελοποίηση του και με τη χρήση των δικτύων Πέτρι. Τα δίκτυα Πέτρι μπορούν να προσθέσουν εξεζητημένη λειτουργικότητα και πολυπλοκότητα στο σύστημα με χρήση της γλώσσας προγραμματισμού SML. Έτσι δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να προσομοιώσει το μοντέλο πάνω σε πληθώρα πραγματικών σεναρίων και να εξάγει χρήσιμα στατιστικά και μη συμπεράσματα σχετικά με τη λειτουργία του εκάστοτε οργανισμού.

Κύρια παράμετρος με την οποία λειτουργεί το δίκτυο είναι η πιθανότητα αστοχίας του κάθε παράγοντα, δηλαδή η αξιοπιστία του. Δίνοντας σαν είσοδο τις πιθανότητες αστοχίας του κάθε παράγοντα για ένα συγκεκριμένο σενάριο, μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τη συχνότητα εμφάνισης αστοχιών, τους βρόχους που ενεργοποιούνται για την επίλυσή τους, την κρισιμότητα του κάθε παράγοντα καθώς και τις πιθανές παραλείψεις στη λειτουργία του μοντέλου.

Επιπρόσθετα, στην τελευταία ενότητα προχωρούμε σε εφαρμογή του ΣΔΑ σε ένα πραγματικό σενάριο ανεφοδιασμού αεροσκάφους με καύσιμο. Τα αεροδρόμια αποτελούν οργανισμούς που διαχειρίζονται συν τοις άλλοις και επικίνδυνες ουσίες. Η κυριότερη επικίνδυνη ουσία είναι το αεροπορικό καύσιμο. Η εφαρμογή αυστηρών κανονισμών ασφαλείας και ενός ολοκληρωμένου ΣΔΑ είναι απαραίτητη προκειμένου να διασφαλιστεί η ολοκλήρωση των εργασιών με απόλυτη ασφάλεια και χωρίς απρόοπτα γεγονότα.

Η διαδικασία ανεφοδιασμού αεροσκάφους χωρίζεται σε δύο κυρίως φάσεις. Στην πρώτη φάση γίνονται οι θεσμοθετημένοι έλεγχοι για να διαπιστωθεί ότι ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται είναι κατάλληλος και ότι ικανοποιούνται οι συνθήκες έναρξης του ανεφοδιασμού. Στη συνέχεια, εκτελείται ο ανεφοδιασμός του αεροσκάφους τηρώντας διαρκώς όλους τους κανονισμούς ασφαλείας. Κατά τη διάρκεια της εξυπηρέτησης υπεύθυνος όλων των εργασιών είναι ο επιβλέπων της διαδικασίας ο οποίος αναλαμβάνει να συντονίσει, να επιβλέψει αλλά και να διορθώσει επιτόπου την ομάδα της εξυπηρέτησης.

Παρατηρούμε ότι το προτεινόμενο ΣΔΑ ανταποκρίνεται πλήρως στις απαιτήσεις του σεναρίου, μέσω της γενικής φιλοσοφίας του αλλά κυρίως μέσω της δομής που προσφέρει στο επίπεδο των λειτουργιών. Στο στάδιο των λειτουργιών προβλέπονται

ξεχωριστές ενότητες για την προετοιμασία και τους ελέγχους, για την εκτέλεση της κύριας διεργασίας και για τον επιβλέπων της διαδικασίας πράγμα που καθιστά άμεση την εφαρμογή του στο σενάριο. Παράλληλα, λαμβάνονται υπόψη όλοι οι απαραίτητοι έλεγχοι και οι πιθανές αστοχίες οι οποίες αντιμετωπίζονται από το σύστημα μέσω της ενεργοποίησης των κατάλληλων παραγόντων και βρόχων. Σημαντικό ρόλο παίζει ο παράγοντας Αναγνώριση Προβλήματος (Problem ID) και ο παράγοντας Αξιολόγηση (Evaluation) οι οποίοι αποτελούν και τα "μέσα επικοινωνίας πεδίου" της ομάδας που εκτελεί την εξυπηρέτηση.

Για την πρακτική τεκμηρίωση των παραπάνω υποθέτουμε το σενάριο όπου υπάρχει διαρροή του καυσίμου στην πίστα κατά τη διάρκεια της εξυπηρέτησης. Μέσω της ανάλυσης του ατυχήματος με τη μορφή δέντρου αστοχιών καταλήγουμε στις βασικές αιτίες που μπορεί να προξένησαν το ανεπιθύμητο γεγονός. Παρατηρούμε ότι για κάθε βασική αιτία το ΣΔΑ μπορεί να βρει την κατάλληλη λύση μέσω της ενεργοποίησης κάποιου κλειστού βρόχου.

Γενικά, στη διαχείριση επικίνδυνων ουσιών απαιτείται πάντα η διεξαγωγή αυστηρών ελέγχων προτού ξεκινήσει η άμεση ενασχόληση με την ουσία. Επίσης πάντα απαιτείται η ύπαρξη κάποιου επιβλέποντα ο οποίος θα έχει την εμπειρία να αναγνωρίζει εν τη γενέσει τους πιθανά σφάλματα και αστοχίες προκειμένου να αποφεύγονται ανεπιθύμητες καταστάσεις. Το μοντέλο Προετοιμασία & Έλεγχοι – Εκτέλεση – Επιδιόρθωση μπορεί να εφαρμοστεί σε πλήθος τέτοιων εφαρμογών.

6.3 Μελλοντική Εργασία

Στην προηγούμενη έρευνα δεν χρησιμοποιήθηκε κάποιο εξεζητημένο μαθηματικό μοντέλο προκειμένου να μοντελοποιήσει τις πιθανότητες αστοχίας του κάθε βρόγχου και κατά συνέπεια του συστήματος. Η ανάλυση που έγινε ήταν περισσότερο θεωρητική και εστίασε στην ανάπτυξη ενός διεπίπεδου λειτουργικού και εύκολα επεξεργάσιμου μοντέλου, με περιορισμένο αριθμό χρησιμοποιούμενων οργανωτικών παραγόντων, βασιζόμενη στα ποσοτικά συμπεράσματα από την έρευνα των Machaira & Papadakis [1]. Κύριο μέλημα ήταν να αναγνωριστεί ένας κατάλληλος συνδυασμός δομών και παραγόντων μιας επιχείρησης ο οποίος συνεργαζόμενος αρμονικά θα εξασφαλίζει την ομαλή λειτουργία της επιχείρησης και την καίρια αντιμετώπιση τυχών αστοχιών.

Σαν περαιτέρω ανάπτυξη του συστήματος θα μπορούσε να αναπτυχθεί ένα πιο εξεζητημένο μαθηματικό μοντέλο το όποιο θα προσαρμόζεται καταλληλότερα στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του παρόντος ΣΔΑ.

Ταυτόχρονα, ένα ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο στα ΣΔΑ είναι η αποτελεσματικότητα κάθε βρόχου. Για να είναι ένας βρόχος αποτελεσματικός απαιτείται να ολοκληρώνει το έργο του μέσα σε ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Η συλλογή χρονικών τιμών, από πραγματικά δεδομένα επιχειρήσεων, για συγκεκριμένες λειτουργίες θα μπορούσε να βοηθήσει στην αποσαφήνιση της αποτελεσματικότητας κάθε βρόχου. Επίσης, είναι εφικτή η επέκταση του δικτύου Πέτρι έτσι ώστε να μπορεί να δέχεται αυτά τα δεδομένα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Machaira P. and Papadakis G.A, "On the Evaluation of Safety Management System Performance through Organizational Factors: the case of handling dangerous substances in airports", *PISAM 2006, Naples*.

[2] Pate-Cornell, M.E. and Murphy, D.M. 1996 "Human and management factors in probabilistic risk analysis: the SAM approach and observations from recent applications". *Reliability Engineering and System Safety* 53.

[3] Kontogiannis, T. 1997, "A framework for the analysis of cognitive reliability in complex systems: a recovery centred approach" *Reliability Engineering and System Safety*, *58.*

[4] Jacobs, R. and Haber, S. 1994, "Organizational processes and nuclear power plant safety". *Reliability Engineering and System Safety* 45: 75-83.

[5] Tuli, R.W. and Apostolakis, G.E. 1996, "Incorporating organizational issues into root-cause analysis". *Institution of Chemical Engineers*, *Trans IChemE* 74

[6] Papazoglou, I.A. and Aneziris, O.,1998, "On the quantification of the effects of organizational and management factors in chemical installations" In *Reliability Engineering and System Safety* 63.

[7] Moray, N.P. and Huey, B.M. (Eds), "Human Factors Research and Nuclear Safety. Washington: National Academy Press",1988.

[8] Hale, A.R., Heming, B.H.J., Carthey, J. and Kirwan B. 1997. Modelling of Safety Management Systems. *Safety Science* 26.

[9] Guldenmund, F.W., Hale, A.R. and Bellamy, L.J. 2000. The development and application of a tailored audit approach to major chemical hazard sites. In G.A. Papadakis (Eds), *Risk Management in the EU of 2000: The challenge of implementing Council Directive 96/82/EC Seveso II*: 275-287. Luxembourg: European Commission, JRC.

[10]Hale, A. and Baram, M. (Eds) 1998. Safety Management the challenge of change. Netherlands, Pergamon.

[11]Van Steen, J. (Eds) 1996. *Safety Performance Measurement.* EPSC/ IChemE.

[12]Ming, K. T. 1994, "Application of a quality management system approach to health, safety and environment" In *Offshore South East Africa*, *Proceedings of the 10th Conference and Exhibition World Trade Centre*, Singapore.

[13]Mitchison, N. and Porter, S. (Eds) 1998, "*Guidelines on a major accident prevention policy and safety management system, as required by Council Directive 96/82/EC (SEVESO II)* ". Ispra: European Commission, DG JRC.

[14]Whittingham, B. and Holloywell, P. 1994, "Ensuring you take credit for an effective safety management system" In *Incorporating the Human Factors into Offshore Safety Cases Conference*. Aberdeen.

[15]BS 8800 1996, "Guide to occupational health and safety management systems". UK: British Standard Institute.

[16]Kandola, B. S. 1997, "Risk based approach to fire safety engineering". *Fire Engineers Journal*

[17]IChemE 1998, "Safety Management Systems" Rugby: Safety Health and Environmental Department.

[18]Bentley, P. D., & Sockley, J. D. 1992, "Hazard management and safety management systems: a structured approach" In *Offshore Technology Conference (OTC) Proceedings*

[19]CCPS 1994, "Guidelines for implementing process safety management systems" American Institute of Chemical Engineers.

[20]EPSC 1994, "*Safety management systems*" Rugby, UK: IChemE, EPSC.

[21]E&P Forum 1994, "Guidelines for the development and application of health, safety and environmental management systems". London: E&P Forum.

[22]HSE 1997, "Successful health and safety management" Sudbury: HSE Books.

[23]Schweigert, M. K., House, R. A. and Holness, D. L. 1999, "Occupational health and safety management systems in the Canadian pulp and paper industry: methods of auditing". *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 41: 857–862.

[24]Hudson P. 2001, "Safety Management and Safety Culture The Long, Hard and Winding Road", Occupational Health & Safety Management Systems, *Proceedings of the First National Conference.*

[25]Heinrich, H. 1931, "Industrial accident prevention", *New York: McGraw-Hill*

Λοιπές Αναφορές

Κοντογιάννης, Θ. 1997. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, *Εργονομική Ανάλυση Εργασίας*. Πολυτεχνείο Κρήτης. Χανιά.

Μαχαιρά Π. 2006. *"Σύστημα Διαχείρισης Ασφαλείας στη διακίνηση επικινδύνων ουσιών σε Αεροδρόμια"*, Διπλωματική Μεταπτυχιακή Ερευνητική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης.

Κοκκινός Κ. 2007 *"Μοντελοποίηση και Εκτίμηση της Αξιοπιστίας και της Απόδοσης Συστημάτων Διαχείρισης Ασφάλειας με Έμφαση στους Οργανωτικούς Παράγοντες, σε Βιομηχανικές Εγκαταστάσεις που Υπόκεινται στην Οδηγία Sevezo II"*, Διπλωματική Μεταπτυχιακή Ερευνητική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης.

Παράρτημα 1

Επεξήγηση Μεταβλητών & Συναρτήσεων του Δικτύου Πέτρι

Το δίκτυο Πέτρι που περιγράφηκε παραπάνω αποτελείται από το γραφικό και το προγραμματιστικό κομμάτι. Στο προγραμματιστικό μέρος περιλαμβάνονται όλες εκείνες οι μεταβλητές, τα χρώματα και οι συναρτήσεις οι οποίες προσδίδουν στο σύστημα την ιδιαίτερη λειτουργικότητά του. Σε αυτό το σημείο θα αναλύσουμε περαιτέρω αυτά τα χαρακτηριστικά και το σκοπό τον οποίο εξυπηρετούν προκειμένου να γίνει περισσότερο κατανοητός ο τρόπος λειτουργίας του δικτύου.

Χρώματα

Κάθε οργανωτικός παράγοντας του μοντέλου περιγράφεται και από ένα ξεχωριστό χρώμα στο δίκτυο Πέτρι. Οι τιμές που μπορεί να πάρει κάθε παράγοντας είναι ακέραιες από μηδέν έως δύο. Υπάρχει όμως η πρόβλεψη για χρησιμοποίηση οποιουδήποτε εύρους ακεραίων αριθμών επιθυμεί ο χρήστης. Η επιλογή της χρησιμοποίησης ξεχωριστών οντοτήτων για κάθε παράγοντα προκρίθηκε έναντι αυτής της χρησιμοποίησης ενός χρώματος, λόγω της επιθυμίας για ανεξαρτησία στις τιμές των παραγόντων και στο εύρος που μπορεί να ακολουθήσει ο καθένας. Εξαίρεση αποτελεί ο παράγοντας Αναγνώριση Προβλήματος (Problem ID) του οποίου η δομή αποτελείται από τρία πεδία και η λειτουργία του εξηγήθηκε αναλυτικά στο εδάφιο 4.3. Κάθε χρώμα έχει το όνομα του παράγοντα που αντιπροσωπεύει.

Συναρτήσεις

Ο κυριότερες συναρτήσεις οι οποίες χρήζουν περαιτέρω επεξήγησης είναι τρείς. Η πρώτη ορίζει την πιθανότητα αστοχίας του κάθε παράγοντα, χρησιμοποιείται κατά κόρον στο δίκτυο και λειτουργεί ως εξής.

1. Δέχεται σαν όρισμα έναν ακέραιο αριθμό (α) από το ένα έως το είκοσι.
2. Διαλέγει τυχαία έναν ακέραιο αριθμό (β) από το ένα έως και το είκοσι.
3. Η πιθανότητα αστοχίας του παράγοντα είναι η πιθανότητα β > α.

Με χρήση της γλώσσας SML η συνάρτηση συντάσσεται όπως φαίνεται παρακάτω.

```
fun factor_value(less_than)=
if discrete(1,20)<less_than
then 1
else 0;
```

Εικόνα Π1: Συνάρτηση υπολογισμού της πιθανότητας αστοχίας κάποιου παράγοντα

Η επόμενη συνάρτηση υπολογίζει τις πιθανότητες αστοχίας των παραγόντων του δευτέρου επιπέδου που προέρχονται από το ανώτερο επίπεδο και προωθούνται στα στοιχεία του κατώτερου μέσω του Σχεδιασμού (PLAN) του. Ο λόγος ύπαρξης της νέας συνάρτησης είναι να μοντελοποιήσει την πιθανότητα κάποιος παράγοντας να έφτασε με τη σωστή του τιμή στο δεύτερο επίπεδο και να αλλοιώθηκε τοπικά. Η λειτουργία και η σύνταξή της είναι οι παρακάτω.

1. Δέχεται σαν όρισμα έναν ακέραιο αριθμό (α) από το ένα έως το είκοσι και την τιμή του παράγοντα (π) όπως αυτός ήρθε από το πρώτο επίπεδο.
2. Διαλέγει τυχαία έναν ακέραιο αριθμό (β) από το ένα έως και το είκοσι.
3. Η πιθανότητα αστοχίας του παράγοντα είναι η πιθανότητα είτε π = 0 είτε (π = 1 και β > α).

```
fun locfactor_value(gfactor,less_than)=
if gfactor=1 andalso discrete(1,20)<less_than
then 1
else 0;
```

Εικόνα Π2: Συνάρτηση υπολογισμού της πιθανότητας αστοχίας παράγοντα του δεύτερου επιπέδου

Η τρίτη συνάρτηση περιγράφει την όλη λειτουργία του κόμβου του Σχεδιασμού (Plan) στο δεύτερο επίπεδο. Ο τρόπος λειτουργίας της περιγράφεται ακολούθως.

Δεδομένης της εμπλοκής του κόμβου στη διαμόρφωση των οργανωτικών παραγόντων η πιθανότητα σφάλματος στη διαδικασία είναι υπαρκτή. Με βάση αυτή την υπόθεση, τα σενάρια που προκύπτουν για τις τιμές των παραγόντων στο δεύτερο επίπεδο είναι τα εξής.

- Αν ένας παράγοντας ήρθε σωστά ορισμένος και χωρίς κάποιο πρόβλημα από το ανώτερο επίπεδο, δηλαδή η τιμή του ήταν ένα, τότε

- η τιμή του θα παραμείνει ένα, εάν ο κόμβος του Σχεδιασμού εκτελέσει σωστά το έργο του
- η τιμή του θα γίνει μηδέν, εάν συμβεί κάποιο σφάλμα κατά την προσαρμογή του στις ιδιαίτερες απαιτήσεις του επιπέδου

- Σε περίπτωση που ο παράγοντας ήρθε με προβλήματα από το ανώτερο επίπεδο, δηλαδή η τιμή του ήταν μηδέν, τότε η τιμή του θα παραμείνει μηδέν και θα εμφανιστεί αστοχία την πρώτη φορά που θα χρησιμοποιηθεί.

Εάν κατά τη λειτουργία των επομένων σταδίων του δευτέρου επιπέδου εμφανιστεί κάποια αστοχία τότε αυτά απευθύνονται στον κόμβο του Σχεδιασμού για την επιδιόρθωσή της. Τα σενάρια αντιμετώπισης είναι τα παρακάτω.

- Η αστοχία προήλθε από υπαιτιότητα του Σχεδιασμού και όχι από το ανώτερο επίπεδο. Το πρόβλημα επιλύεται τοπικά, επιδιορθώνεται ο παράγοντας που το προκάλεσε και η διαδικασία μπορεί να συνεχίσει.
- Η αστοχία προήλθε από υπαιτιότητα του Σχεδιασμού, αλλά παρά το γεγονός αυτό δεν είναι δυνατό να επιλυθεί τοπικά λόγω ανεπάρκειας του τομέα. Ζητείται η συνδρομή του ανωτέρου επιπέδου.
- Η αστοχία προήλθε από υπαιτιότητα του ανωτέρου επιπέδου αλλά επιδιορθώνεται τοπικά λόγω της στιβαρότητας του τομέα του Σχεδιασμού.
- Η αστοχία προήλθε από υπαιτιότητα του ανωτέρου επιπέδου και δεν επιδιορθώνεται τοπικά. Η συμβολή των ανωτέρω κλιμακίων είναι απαραίτητη.

Ο κώδικας SML που υλοποιεί τη συνάρτηση είναι ο παρακάτω.

```
fun ops_func(lpid1,lpid2,lpid3,frrral1,frrral2,frrral3,gpcom1,gpcom2,evaluation,count)=
if count=1
then
((Z,NOF,1),0,0,2,(locfactor_value(frrral1,20),locfactor_value(frrral2,20),locfactor_value(frrral3,20)),(locfa
ctor_value(gpcom1,20),locfactor_value(gpcom2,20)))
else if count=2
then if lpid1=Z
    then ((Z,NOF,1),1,0,1,(1,1,1),(1,1))
    else if lpid2=TK
    then ((lpid1,lpid2,lpid3),0,1,1,(1,1,1),(1,1))
    else if (lpid1=A  andalso frrral1=1 andalso frrral2=1 andalso frrral3=1 andalso gpcom1=1 andalso
gpcom2=1 andalso discrete(1,20)<19)
    then ((Z,NOF,1),1,0,2,(1,1,1),(1,1))
    else if lpid1=A andalso discrete(1,20)<4
    then ((Z,NOF,1),1,0,2,(1,1,1),(1,1))
    else ((lpid1,lpid2,lpid3),0,0,1,(1,1,1),(1,1))
else ((Z,NOF,1),1,0,1,(1,1,1),(1,1))
```

Συνάρτηση περιγραφής των λειτουργιών του Σχεδιασμού (Plan) του δευτέρου επιπέδου