ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΠΟΣΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΣΕ ΕΡΓΑ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ ΔΕΔΔΗΕ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΑΤΣΙΟΣ ΠΑΥΛΟΣ

Επιβλέπων : Λεώπουλος Βρασίδας

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούνιος 2018

Συνεπιβλέπων : Κηρυττόπουλος Α. Κωνσταντίνος

Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Έχω διαβάσει και κατανοήσει τους κανόνες για τη λογοκλοπή και τον τρόπο σωστής αναφοράς των πηγών που περιέχονται στον Οδηγό συγγραφής Διπλωματικών εργασιών. Δηλώνω ότι, από όσα γνωρίζω, το περιεχόμενο της παρούσας Διπλωματικής εργασίας είναι προϊόν δικής μου δουλειάς και υπάρχουν αναφορές σε όλες τις πηγές που χρησιμοποίησα.

Κάτσιος Παύλος

Ευχαριστίες

Κατ' αρχάς, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της παρούσας διπλωματικής εργασίας, τον κύριο Κηρυττόπουλο Κωνσταντίνο, ο οποίος με καθοδήγησε σε αυτό το μονοπάτι της διαχείρισης κινδύνων. Οι συμβουλές του αποτελούν πολύτιμα εφόδια για εμένα και η ακαδημαϊκή του εμπειρία με βοήθησε να διαμορφώσω μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για το επιστημονικό πεδίο της διοίκησης έργων. Θα ήθελα να ευχαριστήσω και τον Δερμιτζάκη Εμμανουήλ, υποψήφιο διδάκτορα στη σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, για τη βοήθειά του.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά το κύριο Φέρλια Γεώργιο, Β.Διευθυντή ΔΕΚΠΑΔ/ΔΕΔΔΗΕ, για την εξαιρετική συνεργασία και βοήθεια που παρείχε στη συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Αποτέλεσε τη γέφυρα μεταξύ της θεωρίας και της πρακτικής εφαρμογής. Η εμπειρία του με βοήθησε να κατανοήσω σε βάθος την εφαρμογή των εργαλείων διαχείρισης κινδύνων σε πραγματικά έργα.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την στήριξη που μου παρείχε σε όλη τη διάρκεια της ακαδημαϊκής μου πορείας, αλλά κυρίως κατά το διάστημα εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τη μητέρα μου Μαρία, την αδερφή μου Νίκη-Μαρία και τη γιαγιά μου Ιλιάδα για όλη την υποστήριξη που έδειξαν.

Έποψη - Περίληψη

Οι κίνδυνοι σε ένα έργο αποτελούν αβέβαια γεγονότα που συχνά επιδρούν θετικά ή αρνητικά σε ένα έργο και επηρεάζουν τους στόχους του. Η διαχείρισή τους είναι κύριο μέλημα της ομάδας έργου. Η διαχείριση κινδύνων αποτελεί σημαντική περιοχή μελέτης και έρευνας στην επιστημονική κοινότητα αλλά και στον επιχειρηματικό κόσμο. Η ανάγκη αντιμετώπισης των κινδύνων σε έργα είναι ο λόγος ανάπτυξης εργαλείων και μεθόδων διαχείρισής τους κατά τη διοίκηση έργων.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται μια σύντομη αναφορά στη διαχείριση κινδύνων. Αναλύεται ο ρόλος και τα οφέλη της, ενώ παρουσιάζονται συνοπτικά τα βήματα που ακολουθούνται, όπως αυτά περιγράφονται στη διεθνή βιβλιογραφία και τα πρότυπα διαχείρισης κινδύνων. Το κεντρικό αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής είναι η ποσοτική ανάλυση των κινδύνων. Για το λόγο αυτό γίνεται εκτενής ανάλυση στο σκοπό και τα οφέλη που προσφέρει, τα προβλήματα που παρουσιάζει αλλά και τους κρίσιμους παράγοντες επιτυχίας. Ακόμα, πραγματοποιείται σε βάθος ανάλυση των κυριότερων εργαλείων που χρησιμοποιούνται στην ποσοτική ανάλυση κινδύνων, επισημαίνοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του κάθε ενός.

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε μελέτη ιστορικών δεδομένων του Διαχειριστή Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ) , τα οποία αποτυπώνουν τη χρονική διάρκεια ολοκλήρωσης κάθε επιμέρους φάσης της διαγωνιστικής διαδικασίας που περιλαμβάνεται σε όλα τα έργα της εταιρείας. Ο διαγωνισμός αποτελεί κεντρικό σημείο αβεβαιότητας για το ΔΕΔΔΗΕ, με δεδομένο ότι οι ενστάσεις που προκύπτουν στις φάσεις του διαγωνισμού δυσχεραίνουν τον χρονικό προγραμματισμό του έργου. Με βάση τα ιστορικά στοιχεία που παρείχε η εταιρεία, εφαρμόστηκε ποσοτική ανάλυση των δεδομένων, χρησιμοποιώντας το λογισμικό Full Monte™ της εταιρείας Barbecana, το οποίο επέτρεψε την εφαρμογή προσομοίωσης Monte Carlo.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι να συμβάλλει ώστε ο ΔΕΔΔΗΕ να αποκτήσει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για την αβεβαιότητα που περιλαμβάνεται στις πιθανές ενστάσεις που προκύπτουν κατά τη διαγωνιστική διαδικασία των έργων και μπορεί να αποτελέσει βάση για την καλύτερη διαχείρισή τους.

Λέξεις Κλειδιά: Διοίκηση Έργων, Κίνδυνος, Διαχείριση Κινδύνων σε έργα, Ποσοτική Ανάλυση Κινδύνων, Monte Carlo

Synopsis

Risks in a project are uncertain events that often have positive or negative effect on a project and affect its objectives. Managing them is a core concern of the project team. Risk management is an important area of study and research in the scientific community as well as in the business world. The need to address the risks in projects is the reason for developing tools and methods for managing them in project management.

In this diploma thesis there is a brief reference to risk management. Its role and benefits are analyzed, while summarizing the steps taken, as described in the international literature and risk management standards. The main subject of this diploma thesis is the quantitative analysis of risks. For this reason, an extensive analysis is made of the purpose and benefits it offers, the problems it presents as well as critical success factors. In addition, an in-depth analysis of the main tools used in the quantitative risk analysis is performed, highlighting the advantages and disadvantages of each one.

Subsequently, a study of the historical data of the Hellenic Electricity Distribution Network Operator (HEDNO) was carried out. These data reflect the duration of the completion of each individual stage of the tender procedure included in all the company's projects. The tender process is a central point of uncertainty for HEDNO, given that the objections raised in the competition phase make it difficult to schedule the project. Based on the historical data provided by the company, a quantitative analysis of the data was applied using Barbecana's Full Monte™ software, which allowed Monte Carlo simulation to be implemented.

The purpose of this diploma thesis is to help HEDNO acquire a more complete picture of the uncertainty surrounding the possible objections raised during the tender process of the projects and may provide a basis for more effective management of them.

Key Words: Project Management, Risk, Risk Management in Projects, Quantitative Risk Analysis, Monte Carlo

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες 5

Έποψη - Περίληψη 7

Synopsis 8

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ 16

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 18

1.1 Πλαίσιο 18

1.2 Σκοπός, ερωτήματα και στόχοι 19

1.3 Οριοθέτηση 20

1.4 Διάρθρωση διπλωματικής εργασίας 20

2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση 22

2.1 Διαχείριση κινδύνων έργων 22

2.1.1 Ορισμός έργου 22

2.1.2 Ορισμός κινδύνου 23

2.1.3 Διαδικασία διαχείρισης κινδύνων 26

2.1.4 Ο ρόλος της διαχείρισης κινδύνων 27

2.1.5 Βήματα της διαχείρισης κινδύνων 29

2.1.6 Οφέλη διαχείρισης κινδύνου σε έργα 40

2.2 Ποσοτική ανάλυση κινδύνων 42

2.2.1 Διεργασία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων 42

2.2.1.1 Σκοπός και οφέλη της ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων 42

2.2.1.2 Προβλήματα και περιορισμοί ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων 44

2.2.1.3 Κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων 45

2.2.2 Εργαλεία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων 46

2.2.2.1 Ανάλυση ευαισθησίας (Sensitivity analysis) 47

2.2.2.2 Δένδρο αποφάσεων (Decision tree analysis) 50

2.2.2.3 Αναμενόμενη χρηματική αξία(Expected monetary value) 53

2.2.2.4 Προσομοίωση Monte Carlo(Monte Carlo simulation) 55

2.2.2.5 Δένδρο σφαλμάτων (Fault tree analysis) 59

2.2.2.6 Λειτουργία αστοχίας και ανάλυση αποτελέσματος (Failure mode and effect analysis) 63

2.2.2.7 Δένδρο γεγονότων (Event tree analysis) ... 69
2.2.2.8 Κρίση εμπειρογνωμόνων και ιστορικές πληροφορίες (Expert judgment and historical data) ... 72
2.2.2.9 Διαγράμματα επιρροών (Influence diagrams) ... 75
2.2.2.10 Τεχνική αξιολόγησης και αναθεώρησης προγράμματος (Program evaluation and review technique) ... 78
2.2.2.11 Διαδικασία ιεραρχικής ανάλυσης (Analytical hierarchy process) ... 80
2.2.3 Σύγκριση εργαλείων ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων ... 84
3 Μέθοδος Έρευνας ... 88
4 Παρουσίαση λογισμικού Full Monte ... 90
4.1 Περιγραφή λογισμικού ... 90
4.2 Εισαγωγή έργου υπό εξέταση ... 90
4.3 Επιλογή στατιστικών κατανομών πιθανότητας ... 91
4.4 Εκτέλεση προσομοίωσης Monte Carlo ... 94
4.5 Ανάλυση αποτελεσμάτων ... 95
5 Μελέτη περίπτωσης ... 98
5.1 Περιγραφή εταιρείας ... 98
5.1.1 Γενικά στοιχεία ... 98
5.1.2 Βασικά μεγέθη εταιρείας ... 98
5.1.3 Εταιρική Κοινωνική Ευθύνη ... 99
5.1.4 Οργανόγραμμα ... 100
5.1.5 Εστίαση στα εταιρικά ζητήματα που σχετίζονται με την εργασία ... 101
5.2 Περιγραφή προβλήματος ... 102
5.3 Ποσοτική ανάλυση κινδύνων με τη χρήση Full Monte™ ... 104
5.3.1 Κατασκευή του μοντέλου ... 104
5.3.2 Επιλογή στατιστικών κατανομών ... 107
5.4 Ανάλυση αποτελεσμάτων ... 113
6. Συμπεράσματα ... 120
Βιβλιογραφία ... 122
Παραρτήματα ... 126

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2-1: Οι τέσσερις πυλώνες/στόχοι ενός έργου 23

Σχήμα 2-2: Διαδικασία διαχείρισης κινδύνων 29

Σχήμα 2-3: Διαδικασία σχεδιασμού διαχείρισης κινδύνων (PMI, 2017) 31

Σχήμα 2-4: Διαδικασία αναγνώρισης κινδύνων (PMI, 2017)..... 32

Σχήμα 2-5: Διαδικασία ποιοτικής ανάλυσης κινδύνων (PMI, 2017) 34

Σχήμα 2-6: Διαδικασία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων (PMI,2017)..... 36

Σχήμα 2-7: Διαδικασία αντιμετώπισης κινδύνων (PMI, 2017)..... 37

Σχήμα 2-8: Διαδικασία υλοποίησης αντιμετώπισης κινδύνων (PMI, 2017)..... 38

Σχήμα 2-9: Διαδικασία παρακολούθησης και ελέγχου κινδύνων (PMI,2017)..... 39

Σχήμα 2-10: Ενδεικτικό διάγραμμα κυκλώνα (PMI, 2017) 49

Σχήμα 2-11: Δένδρο λήψης αποφάσεων (PMI, 2017) 52

Σχήμα 2-12: Δένδρο σφαλμάτων (PMI, 2017)..... 60

Σχήμα 2-13:Δομή δένδρου γεγονότων..... 70

Σχήμα 2-14: Διάγραμμα επιρροών..... 75

Σχήμα 2-15: Διάγραμμα δυναμικής συστημάτων (PMI, 2017)..... 76

Σχήμα 2-16: Διάγραμμα διαδικασίας ιεραρχικής ανάλυσης 82

Σχήμα 3-1:Διάγραμμα ροής της μεθόδου έρευνας της διπλωματικής..... 89

Σχήμα 4-1: Παράδειγμα έργου προς εισαγωγή από το Microsoft Project (Barbecana, 2017) 91

Σχήμα 4-2: Αποτύπωση του προς εξέταση έργου στο Full Monte (Barbecana, 2017) 92

Σχήμα 4-3: Επιλογή κατανομής και των μεταβλητών της στο Full Monte (Barbecana, 2017)..... 93

Σχήμα 4-4: Παράθυρο επιλογής αριθμού επαναλήψεων για την προσομοίωση (Barbecana, 2017) 94

Σχήμα 4-5: Ιστόγραμμα έργου (Barbecana, 2017) 95

Σχήμα 4-6: Διάγραμμα κυκλώνα (Barbecana, 2017)..... 96

Σχήμα 4-7: Διάγραμμα κυκλώνα και διάγραμμα δείκτη ευαισθησίας (Barbecana, 2017)..... 96

Σχήμα 4-8: Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων (Barbecana, 2017)..... 97

Σχήμα 5-1: Οργανόγραμμα ΔΕΔΔΗΕ (ΔΕΔΔΗΕ, 2015) 101

Σχήμα 5-2: Σχηματική αναπαράσταση των φάσεων του διαγωνισμού (ΔΕΔΔΗΕ) 105

Σχήμα 5-3: Διάγραμμα Gantt φάσεων διαγωνιστικής διαδικασίας έργων (ΔΕΔΔΗΕ) 107

Σχήμα 5-4: Ιστορικά δεδομένα 1ης φάσης διαγωνισμού έργων ενδιαφέροντος ΔΕΔΔΗΕ 109

Σχήμα 5-5: Παράθυρο εισαγωγής δεδομένων στο Full Monte™ για την 1η φάση 111

Σχήμα 5-6: Εκτέλεση προσομοίωσης Monte Carlo 112

Σχήμα 5-7: Ιστόγραμμα 1ης φάσης του διαγωνισμού 113

Σχήμα 5-8: ιστόγραμμα Διαγωνιστικής διαδικασίας..... 116

Σχήμα 5-9:Διάγραμμα κυκλώνα της διαγωνιστικής διαδικασίας..... 118

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1-1: Βήματα διαδικασίας διαχείρισης κινδύνων 30

Πίνακας 1-2: Παράδειγμα υπολογισμού αναμενόμενης χρηματικής αξίας 54

Πίνακας 1-3: Φύλλο διαδικασίας λειτουργίας αστοχίας και ανάλυσης αποτελέσματος για την παρούσα κατάσταση (Systemico, 2015) 65

Πίνακας 1-4: Φύλλο διαδικασίας λειτουργίας αστοχίας και ανάλυσης αποτελέσματος: διορθωτικές ενέργειες και νέα κατάσταση (Systemico, 2015) 66

Πίνακας 1-5: Σύγκριση εργαλείων ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων 84

Πίνακας 5-1: Ιστορικά δεδομένα φάσεων διαγωνισμού έργων ΔΕΔΔΗΕ 108

Πίνακας 5-2: Στατιστικά Στοιχεία φάσεων διαγωνισμού 110

Πίνακας 5-3: Εκτιμώμενη διάρκεια ανα φάση με το αντίστοιχο εκατοστημόριο .. 115

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Πλαίσιο

Η διαχείριση κινδύνου σε έργα αποτελεί πολύτιμο συστατικό της διαχείρισης έργων. Κάθε έργο περιλαμβάνει κινδύνους, καθώς αποτελεί μοναδικό εγχείρημα με διαφορετικό επίπεδο πολυπλοκότητας που στοχεύουν στην απόδοση οφέλους. Τα έργα πραγματοποιούνται σε ένα πλαίσιο περιορισμών και υποθέσεων, προσπαθώντας να απαντήσουν στις απαιτήσεις των ενδιαφερόμενων μερών, που πολλές φορές είναι αλληλοσυγκρουόμενες. Οι επιχειρήσεις θα πρέπει να διαχειρίζονται τους κινδύνους κατά τρόπο ελεγχόμενο και στοχευόμενο, ώστε να δημιουργήσουν αξία (PMI, 2017) .

Η παρούσα διπλωματική πραγματεύεται το πρόβλημα της αβεβαιότητας της διάρκειας ολοκλήρωσης ενός έργου εταιρείας διαχείρισης δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Κυρίαρχη πηγή αβεβαιότητας αποτελεί η διαγωνιστική διαδικασία που περιλαμβάνεται, καθώς οι επιμέρους φάσεις ενδέχεται να περιλαμβάνουν ενστάσεις. Οι ενστάσεις αυτές δεν αποτελούν σταθερή μεταβλητή της διαγωνιστικής διαδικασίας. Αντίθετα, δεν εμφανίζονται σε κάθε έργο του ΔΕΔΔΗΕ, ενώ ταυτόχρονα έχουν και μεταβλητή διάρκεια ολοκλήρωσης.

Αξίζει σε αυτό το σημείο να γίνει μια συνοπτική αναφορά σε αυτές ακριβώς τις καθυστερήσεις λόγω ενστάσεων, όπως αποτυπώνονται μέσα από παλαιότερα έργα καταγεγραμμένα στην βιβλιογραφία. Οι ενστάσεις συνήθως προέρχονται από δυο πηγές: Η μια περίπτωση είναι ένας χαμηλότερος πλειοδότης ο οποίος δεν ανταποκρίθηκε στα κριτήρια, δηλαδή αποκλείστηκε επειδή καθυστέρησε να υποβάλλει την προσφορά, οι φόρμες καταρτίστηκαν λανθασμένα ή δεν παρείχε το αναμενόμενο αποτέλεσμα. Η δεύτερη περίπτωση είναι ένας υποψήφιος να υποστηρίξει ότι ο νικητής πλειοδότης έκανε λάθη ή δεν είχε τα προσόντα να κερδίσει. Άλλοι συνήθεις λόγοι διαμαρτυρίας αποτελούν ο λανθασμένος αποκλεισμός ενός υποψηφίου, λάθη στην αξιολόγηση του κόστους ακόμα και ακατάλληλη αποκάλυψη ανταγωνιστικών πληροφοριών (Shaffer J. D., Stern D. S., 2006). Καθώς η παρούσα διπλωματική πραγματεύεται ενστάσεις σε δημόσιους διαγωνισμούς, γίνεται κατανοητό πως κάθε ένσταση εξετάζεται διεξοδικά, καθώς τα προς κατασκευή έργα έχουν δημόσιο συμφέρον, για αυτό απαιτείται διαφάνεια και σε βάθος αξιολόγηση. Παρόλα αυτά, οι ενστάσεις αυτές είναι ιδιαίτερα χρονοβόρες και συχνά αβάσιμες από την πλευρά των διαγωνιζομένων.

Στη συνέχεια, παρατίθενται ορισμένα πραγματικά παραδείγματα που αποτυπώνουν καθυστερήσεις σε έργα λόγω ενστάσεων. Η κατασκευή του τμήματος εσωτερικής ασφάλειας στη Washington, καθυστέρησε λόγω της υποβολής ενστάσεων από τέσσερις υποψηφίους, οι οποίοι αμφισβητούσαν την επιλογή της εταιρείας Northrop Grumman Corp. , υποστηρίζοντας ότι οι δικές τους προσφορές αξιολογήθηκαν άδικα. Η διοίκηση, αναγνωρίζοντας ότι μπορεί να έχουν γίνει λάθη, ακύρωσε τη σύμβαση και προκήρυξε νέο διαγωνισμό, οδηγώντας την Northrop Grumman Corp. να υποβάλλει τη δική της ένσταση. Το αποτέλεσμα ήταν η ολοκλήρωση του έργου να καθυστερήσει σημαντικά. Ένα ακόμα παράδειγμα καθυστέρησης είναι η ανακαίνιση της παραλίας στο Longboat Key, η οποία προγραμματιζόταν να αρχίσει τον Αύγουστο του 2016. Η εταιρεία Norfolk Dredging Company επιλέχθηκε από την πολιτεία για την ολοκλήρωση του έργου, παρά το γεγονός πως, σύμφωνα με τη νομοθεσία, έπρεπε να επιλεχθεί η Ferreira Construction, καθώς είχε τη χαμηλότερη προσφορά. Η Ferreira Construction δεν επιλέχθηκε υπό την δικαιολογία ότι δε διέθετε άδεια από την ακτοφυλακή των Η.Π.Α. για τη λειτουργία σε ορισμένα ύδατα, όπως και ότι το χαρτοφυλάκιο έργων της εταιρείας δε διέθετε παρόμοιο έργο με το υπό εξέταση. Από την πλευρά της η εταιρεία υπέβαλλε ένσταση σε αυτή την απόφαση και η πολιτεία όφειλε να εξετάσει την ένσταση και πιθανώς να αλλάξει τη σύμβαση ή να προκηρύξει νέο διαγωνισμό, οδηγώντας σε σημαντική καθυστέρηση το έργο.

1.2 Σκοπός, ερωτήματα και στόχοι

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η κατανόηση της πηγής της αβεβαιότητας αυτής, δηλαδή της διαγωνιστικής διαδικασίας και των ενστάσεων. Το ερώτημα που τίθεται είναι, αν μπορούν να προβλεφθούν με κάποια στατιστική ακρίβεια τα χρονικά όρια ολοκλήρωσης της διαγωνιστικής διαδικασίας, με δεδομένο ότι οι ενστάσεις αποτελούν απρόβλεπτο παράγοντα. Στόχο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί ο καθορισμός της στατιστικής συμπεριφοράς της διαγωνιστικής διαδικασίας, ώστε να μπορεί να προβλεφθεί στοχαστικά η διάρκεια ολοκλήρωσης του έργου. Βασιζόμενοι σε ιστορικά δεδομένα του ομίλου και με χρήση εργαλείων και διαδικασιών ποσοτικής ανάλυσης κινδύνου, καθορίζονται οι κατανομές της κάθε φάσης της διαγωνιστικής διαδικασίας και στη συνέχεια πραγματοποιείται προσομοίωση Monte Carlo.

1.3 Οριοθέτηση

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται αυστηρά και μόνο τη διαγωνιστική διαδικασία που περιλαμβάνεται σε έργα συμφερόντων ΔΕΔΔΗΕ, καθώς αυτή και μόνο αποτελεί τυποποιημένη διαδικασία σε κάθε έργο όσων αφορά τις επιμέρους φάσεις της. Παράλληλα, διατίθενται για αυτή επαρκή ιστορικά δεδομένα ώστε να πραγματοποιηθεί με ικανοποιητική ακρίβεια στατιστική ανάλυση.

1.4 Διάρθρωση διπλωματικής εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία ξεκινά στο **Κεφάλαιο 2.1** με την παρουσίαση ορισμών βασικών στοιχείων της διαχείρισης κινδύνων σε έργα, όπως το τι ορίζεται ως έργο και τι ως κίνδυνος. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται μια σύντομη αναφορά για το τι ορίζεται ως διαχείριση κινδύνων σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, αλλά και ποιος είναι ο ρόλος της στη διοίκηση έργων. Παρουσιάζονται συνοπτικά τα βήματα που περιλαμβάνονται στη διαχείριση κινδύνων και τα οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή της.

Καθώς η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στην ποσοτική διάσταση της διαχείρισης κινδύνων, στο **Κεφάλαιο 2.2** γίνεται εκτενής περιγραφή της διεργασίας ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων. Πραγματοποιείται αναφορά στο σκοπό της ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων, ποια είναι τα οφέλη από την εφαρμογή της αλλά και ποια τα προβλήματα ή οι δυσκολίες που παρουσιάζει, ενώ επισημαίνονται και ορισμένοι κρίσιμοι παράγοντες που καθορίζουν την επιτυχία της διεργασίας αυτής.

Κατόπιν, στο **Κεφάλαιο 2.3**, εστιάζεται το ενδιαφέρον στα κυριότερα εργαλεία ποσοτικής ανάλυσης, όπως αυτά παρουσιάζονται στη βιβλιογραφία. Αναλύεται ο τρόπος λειτουργίας και τα βήματα που εκτελούνται κατά την εφαρμογή τους. Καταγράφονται κάποια στοιχεία που κρίνονται σημαντικά προκειμένου να διασφαλισθεί η επιτυχής εφαρμογή των εργαλείων ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων. Μετά από την καταγραφή αυτή των εργαλείων ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων, γίνεται αναφορά στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που παρουσιάζει η χρήση του κάθε εργαλείου.

Στο **Κεφάλαιο 3** περιγράφεται η μέθοδος έρευνας που ακολουθήθηκε κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αναλύοντας κάθε βήμα.

Ακολουθεί στο **Κεφάλαιο 4** μια συνοπτική παρουσίαση της λειτουργίας του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε κατά την επεξεργασία των δεδομένων στη μελέτη περίπτωσης. Επισημαίνεται ο τρόπος εισαγωγής δεδομένων, τα βήματα που

απαιτούνται για την επεξεργασία τους και οι αναφορές που προκύπτουν από την εξαγωγή των αποτελεσμάτων.

Στο δεύτερο μέρος της παρούσας διπλωματικής, στο **Κεφάλαιο 5**, παρουσιάζεται το πειραματικό κομμάτι, η μελέτη περίπτωσης. Στο μέρος αυτό πραγματοποιείται, αρχικά, μια περιγραφή της εταιρείας στην οποία διενεργήθηκε η μελέτη περίπτωσης. Γίνεται μια αναφορά στο οργανόγραμμά της, τη θέση της στην αγορά και τα εταιρικά ζητήματα εκείνα που αφορούν την παρούσα διπλωματική εργασία.

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων διάρκειας των επιμέρους φάσεων της διαγωνιστικής διαδικασίας. Με βάση το χρησιμοποιούμενο λογισμικό, παρουσιάζεται η ανάλυση των ιστορικών δεδομένων, ώστε να εξαχθούν οι κατανομές πιθανότητας. Ακόμα, γίνεται παρουσίαση της διαδικασίας εφαρμογής προσομοίωσης Monte Carlo. Τέλος, στο **Κεφάλαιο 6**, από τα εξαγόμενα αποτελέσματα της διαδικασίας προσομοίωσης, πραγματοποιείται ανάλυσή τους και εξάγονται συμπεράσματα.

2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Διαχείριση κινδύνων έργων

2.1.1 Ορισμός έργου

Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Διαχείρισης Έργων, στην έκτη έκδοση του οδηγού Διοίκησης έργων (Project Management Body of Knowledge-PMBOK 6th Edition) ως έργο ορίζεται «*μια προσωρινή προσπάθεια που έχει ως σκοπό να δημιουργήσει ένα μοναδικό προϊόν, μια υπηρεσία ή ένα αποτέλεσμα*» (PMI,2017).

Κάθε έργο πραγματοποιείται με βάση συγκεκριμένους στόχους που υλοποιούνται με την παραγωγή παραδοτέων. Τα παραδοτέα μπορεί να ανήκουν σε μια εκ των παρακάτω κατηγοριών:

- Μοναδικό προϊόν, εξάρτημα, προσθήκη ή διόρθωση υπάρχοντος αντικειμένου ή καινούργιο τελικό αντικείμενο
- Μοναδική υπηρεσία
- Μοναδικό αποτέλεσμα (π.χ. μιας έρευνας)
- Συνδυασμός δυο ή περισσοτέρων των παραπάνω.

Κάθε έργο έχει προσωρινό χαρακτήρα, υπό την έννοια ότι έχει καθορισμένη αρχή και τέλος, χωρίς αυτό να ορίζει απαραίτητα ότι ένα έργο έχει και μικρή διάρκεια. Ένα έργο αγγίζει το τέλος του όταν ολοκληρωθούν πλήρως οι στόχοι του, όταν δεν υπάρχει πια ανάγκη για αυτό ή ακόμα και όταν αυτό δεν μπορεί να ολοκληρωθεί για λογούς αδυναμίας ολοκλήρωσης των στόχων, έλλειψη χρηματικών, υλικών και φυσικών πόρων ή νομικών θεμάτων.

Κάθε έργο υλοποιείται με βάση τέσσερις πυλώνες: Χρονοδιάγραμμα (Schedule), Κόστος (Cost), Αντικείμενο (Scope) και Ποιότητα (Quality). Η βαρύτητα του κάθε πυλώνα διαφέρει σε κάθε έργο και την προσπάθεια ικανοποίησης τους αναλαμβάνει ο διαχειριστής του έργου (Project Manager), ο οποίος οφείλει να διαχειριστεί και την αβεβαιότητα που περιλαμβάνεται στο περιβάλλον υλοποίησης του έργου. Στο σχήμα 2-1, παρουσιάζονται οι τέσσερεις πυλώνες ενός έργου.

Σχήμα 2-1: Οι τέσσερις πυλώνες/στόχοι ενός έργου

Στο σύγχρονο, ανταγωνιστικό εργασιακό περιβάλλον, οι οργανισμοί αναζητούν τον τρόπο να ξεπερνούν και να παραμένουν μπροστά από τον ανταγωνισμό. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της παροχής ποιοτικών και ανταγωνιστικών προϊόντων και υπηρεσιών, αλλά και μέσω της αποδοτικής και αποτελεσματικής λειτουργίας τους. Τα έργα χρησιμοποιούνται συχνά από τους οργανισμούς για να προσφέρουν αυτό το συγκριτικό πλεονέκτημα που θα τους ξεχωρίσει από τον ανταγωνισμό (Hilson, D., 2009). Τα έργα οδηγούν την αλλαγή εντός των οργανισμών από την παρούσα κατάσταση σε μια μελλοντική. Δημιουργούν αξία, υλική ή άυλη και λειτουργούν ως απάντηση σε παράγοντες, εξωτερικούς ή εσωτερικούς, που επηρεάζουν τη δομή και τη λειτουργία του οργανισμού.

2.1.2 Ορισμός κινδύνου

Σύμφωνα με τον ΕΛΟΤ (Σαριδάκης Ι. Χ., 2014, 1), που αποτελεί την ελληνική έκδοση του Διεθνούς Προτύπου ISO 31000:2009 «Διαχείριση διακινδύνευσης και επικοινωνία», ως κίνδυνος ορίζεται «*η επίδραση της αβεβαιότητας σε στόχους*», ενώ η επίδραση μπορεί να έχει θετική ή αρνητική απόκλιση από την αναμενόμενη

κατάσταση. Σε αυτό το σημείο, οφείλει να αποσαφηνιστεί και ο όρος αβεβαιότητα, ο οποίος συχνά συγχέεται λανθασμένα με τον κίνδυνο. Σύμφωνα με τον ΕΛΟΤ (Σαριδάκης Ι. Χ., 2014, 1), ως αβεβαιότητα ορίζεται «*μια κατάσταση που περιλαμβάνει μερική τουλάχιστον έλλειψη πληροφοριών και γνώσης για μελλοντικά συμβάντα, της πιθανότητας εμφάνισης και των συνεπειών τους*».

Εστιάζοντας στη διαχείριση κινδύνων σε έργα, ως κίνδυνος ορίζεται «*ένα αβέβαιο γεγονός ή μια κατάσταση που, εφόσον συμβεί, έχει θετική ή αρνητική επίδραση σε έναν ή περισσότερους στόχους του έργου, όπως το χρονοδιάγραμμα, το αντικείμενο, το κόστος και η ποιότητα*» , όπως ορίζεται στην έκτη έκδοση του οδηγού Διοίκησης έργων (PMI, 2017, 677).

Συχνά στους οργανισμούς, ο κίνδυνος ορίζεται διαφορετικά ανάλογα με την επίδραση. Οι κίνδυνοι με θετική επίδραση ορίζονται ως ευκαιρίες, ενώ αυτοί με αρνητική ως απειλές. Η διπλή όψη του ορισμού του κινδύνου ως ευκαιρία ή απειλή δεν είναι μόνο παρούσα στα διάφορα πρότυπα, αλλά ενσωματώνεται όλο και περισσότερο στις επιχειρησιακές πρακτικές. Σε κάθε έργο τόσο ευκαιρίες όσο και απειλές συνήθως εντοπίζονται και πρέπει αμφότερες να αντιμετωπιστούν (Chapman, C. & Ward, S., 2003). Η εστίαση στη μια εκ των δυο περιπτώσεις δε θα πρέπει να αποκλείει την ενασχόληση και με την άλλη περίπτωση. Οι απειλές και οι ευκαιρίες συχνά αντιμετωπίζονται ξεχωριστά, όμως συνήθως συνδέονται στενά. Σε πολλές περιπτώσεις, ενέργειες για την μείωση ή εξάλειψη απειλών προσφέρουν ταυτόχρονα και ευκαιρίες για θετικές βελτιώσεις. Εντοπίζεται ένα μεγάλο εύρος θετικών αποτελεσμάτων από την υιοθέτηση της διευρυμένης ταυτότητας ενός κινδύνου (Hilson, 2009). Μεταξύ άλλων:

1) υποστηρίζει την εκμετάλλευση περισσότερων ευκαιριών
2) επιτρέπει συμβιβασμούς
3) αυξάνει τις πιθανότητες επιτυχίας
4) υποστηρίζει την καινοτομία και την δημιουργικότητα
5) αυξάνει την αποδοτικότητα
6) κινητοποιεί την ομάδα

Οι κίνδυνοι είναι δυνατόν να ενταχθούν σε μια πληθώρα κατηγοριών. Η πιο γνωστή κατηγοριοποίηση είναι η ταξινόμηση με βάση τα στοιχεία του έργου που επηρεάζουν, μπορούν να χωριστούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- Λειτουργικοί κίνδυνοι. Είναι αυτοί οι κίνδυνοι που σχετίζονται με ακατάλληλη υλοποίηση κάποιας διαδικασίας, αποτυχία συστήματος ή εξωτερικό

παράγοντα. Παραδείγματα λειτουργικών κινδύνων μπορεί να είναι η έλλειψη πόρων ή η ελλιπής εκπαίδευση των εμπλεκομένων.

- Κίνδυνοι σχετικοί με το χρονοδιάγραμμα, δηλαδή κίνδυνοι που δημιουργούν καθυστερήσεις στις δραστηριότητες και εν τέλει συνολικά στο έργο.
- Κίνδυνοι που επηρεάζουν τον προϋπολογισμό. Συνήθως λανθασμένη πρόβλεψη των απαιτήσεων του προϋπολογισμού, που μπορεί να οδηγήσει σε καθυστερημένη ή ατελή παράδοση του έργου.
- Επιχειρηματικοί κίνδυνοι, όπως έλλειψη συμβολαίων ή εντολών αγοράς κατά την έναρξη του έργου.
- Κίνδυνοι που σχετίζονται με το τεχνολογικό περιβάλλον στο οποίο εξελίσσεται το έργο.
- Κίνδυνοι που σχετίζονται με την ασφάλεια πληροφοριών και συστημάτων, όπως κίνδυνοι διαρροής απόρρητων πληροφοριών.
- Κίνδυνοι που σχετίζονται με τις υποδομές του έργου. Ακατάλληλος σχεδιασμός των υποδομών και των πόρων ενός έργου υποσκάπτει την αποτελεσματική ανάπτυξη του έργου.
- Ποιοτικοί κίνδυνοι, δηλαδή κίνδυνοι που σχετίζονται με εσφαλμένες ή μη τηρούμενες διαδικασίες ποιοτικού ελέγχου.
- Κίνδυνοι που σχετίζονται με τους προμηθευτές και τις πρώτες ύλες. Η έλλειψη πρώτων υλών απειλεί σημαντικά την εξέλιξη του έργου, τόσο χρονικά όσο και κοστολογικά.

Μια ακόμα κατηγοριοποίηση είναι αυτή της ταξινόμησης σύμφωνα με τους στόχους του έργου (Krane H. P., Rolstadas. A. & Olsson, N. O. E., 2009). Ακολουθώντας αυτή την κατηγοριοποίηση, οι κίνδυνοι ταξινομούνται στις εξής τρεις κατηγορίες:

- Επιχειρησιακοί κίνδυνοι, δηλαδή κίνδυνοι που σχετίζονται με τους επιχειρησιακούς στόχους του έργου, όπως κίνδυνοι που μπορεί να εμποδίσουν την ικανότητα παράδοσης του τελικού προϊόντος.
- Βραχυπρόθεσμοι στρατηγικοί κίνδυνοι, δηλαδή κίνδυνοι που σχετίζονται με τους βραχυπρόθεσμους στόχους του έργου και τη χρήση των αποτελεσμάτων από τον ιδιοκτήτη του έργου, αφού αυτό έχει ολοκληρωθεί.
- Μακροπρόθεσμοι στρατηγικοί κίνδυνοι, δηλαδή κίνδυνοι που σχετίζονται με τους μακροπρόθεσμους στόχους στους οποίους το έργο στοχεύει να συμβάλλει.

Φυσικά, η κατηγοριοποίηση των κινδύνων δεν είναι μια διαδικασία τυποποιημένη και αυστηρή. Αντίθετα, μεταβάλλεται και προσαρμόζεται στις ανάγκες του κάθε

οργανισμού και του κάθε έργου. Συνεπώς, ανάλογα με το έργο, τους στόχους, τις πολιτικές του οργανισμού και το περιβάλλον του έργου, η κατηγοριοποίηση μπορεί να διαφοροποιηθεί και να αποτελέσει μοναδική περίπτωση. Σημαντικό σε μια τέτοια διαδικασία είναι η κατηγοριοποίηση που θα πραγματοποιηθεί να είναι συμφωνημένη και κατανοητή από όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη σε ένα έργο και να αποτελεί συνειδητή απόφαση που αντικατοπτρίζει τους στόχους και τα σημεία προσοχής όπου εστιάζουν ο διευθυντής και η ομάδα έργου, αλλά και τα υπόλοιπα ενδιαφερόμενα μέρη.

2.1.3 Διαδικασία διαχείρισης κινδύνων

Η διαχείριση κινδύνων αποτελεί μια διαδικασία που επιτρέπει την κατανόηση, ανάλυση και διαχείριση των κινδύνων που σχετίζονται με ένα έργο. Όταν εκτελείται σωστά, αυξάνει την πιθανότητα επιτυχούς ολοκλήρωσης ενός έργου όσον αφορά τους στόχους του κόστους, του χρονοδιαγράμματος, του αντικειμένου και της ποιότητας. Η ποσοτική ανάλυση κινδύνων αποτελεί καθοριστικό στοιχείο της διαχείρισης έργων και όχι προαιρετική πρακτική.

Οι απαιτήσεις για μια αποτελεσματική διαδικασία διαχείρισης κινδύνου, που διεξάγεται από έναν συμμετέχοντα στο έργο, συνδέονται με το πλαίσιο του έργου και τα χαρακτηριστικά του συμμετέχοντος. Το πλαίσιο του έργου μπορεί να χαρακτηρίζεται από τη φύση του έργου, το άμεσο εργασιακό περιβάλλον, την ταυτότητα και τις δράσεις άλλων συμμετεχόντων και την πρόοδο του έργου μέχρι σήμερα. Χαρακτηριστικά που σχετίζονται με το συμμετέχοντα στο έργο περιλαμβάνουν τα κίνητρα, τις ικανότητες και τις αντιληπτές ευθύνες στην ανάληψη διαχείρισης κινδύνων.

Όσον αφορά το πλαίσιο του έργου, το στάδιο στο οποίο εφαρμόζεται η διαχείριση κινδύνου στον κύκλο ζωής του έργου θα επηρεάσει επίσης το επίπεδο λεπτομέρειας και εστίασης της διαδικασίας. Το περιβάλλον εργασίας μπορεί να απαιτήσει τροποποιήσεις στη διαδικασία διαχείρισης κινδύνου, αλλά μπορεί επίσης να απαιτήσει γενικότερα ορθή διαχείριση στο έργο προκειμένου να διευκολυνθεί η διαχείριση κινδύνου. Μια αποτελεσματική διαδικασία πρέπει επίσης να διασυνδέει ή τουλάχιστον να αναγνωρίζει τις δραστηριότητες διαχείρισης κινδύνου άλλων συμμετεχόντων στο έργο, διευκολύνοντας τη διαχείριση του κινδύνου από άλλα μέρη ανάλογα με τις ανάγκες. Ειδικότερα, υπάρχει ανάγκη να ενσωματωθούν οι διαφορετικές προοπτικές και οι προτεραιότητες των διαφόρων συμμετεχόντων, ώστε να αναγνωριστούν και να αντιμετωπιστούν τα εμπόδια μεταξύ διαφορετικών κριτηρίων απόδοσης των έργων.

Η επιλογή της ομάδας που πρόκειται να αναλάβει τη διαχείριση κινδύνων είναι επίσης σημαντική για μια αποτελεσματική διαδικασία. Η αποτελεσματική διαχείριση

του κινδύνου από μια συγκεκριμένη ομάδα απαιτεί την κατάλληλη κινητοποίηση, την ικανότητα και την εμπειρία, καθώς και μια σαφή κατανόηση του τι αναμένεται από την άποψη τόσο της διαδικασίας όσο και των αποτελεσμάτων.

Ο Οδηγός του Οργανισμού Διαχείρισης Έργων (PMI, 2017) καθορίζει τη διαχείριση κινδύνου του έργου ως υποσύνολο διαχείρισης έργου με διαδικασίες τεσσάρων συνιστωσών: τον προσδιορισμό του κινδύνου, την ποσοτικοποίηση του κινδύνου, την ανάπτυξη αντίδρασης σε κινδύνους και τον έλεγχο αντίδρασης σε κινδύνους (Επιτροπή Ινστιτούτου Προτύπων Διαχείρισης Έργων, 1996).Επίσης, η Ένωση Ηνωμένων Πολιτειών για τη Διοίκηση Έργων δημοσίευσε έναν κάπως λεπτομερέστερο χαρακτηρισμό της διαδικασίας διαχείρισης κινδύνων του έργου. Τα πλαίσια αυτά είναι χρήσιμα για τον προσδιορισμό των βημάτων που συνίστανται σε επίσημη αντιμετώπιση των κινδύνων του έργου. Ωστόσο, η διασφάλιση ότι η όλη διαδικασία είναι αποτελεσματική στην πράξη είναι ένα άλλο θέμα. Εάν πρέπει να επιτευχθούν τα πλήρη οφέλη από τη διαχείριση του κινδύνου, οποιαδήποτε επίσημη διαδικασία πρέπει να σχεδιαστεί λαμβάνοντας υπόψη το επιχειρησιακό πλαίσιο και να υποστηριχθεί δεόντως.

2.1.4 Ο ρόλος της διαχείρισης κινδύνων

Ο ρόλος της διαχείρισης κινδύνων είναι να υποστηρίζει την αποτελεσματική λήψη αποφάσεων, μέσω της αντιμετώπισης των κινδύνων κατά τρόπο διαφανή, επαναλαμβανόμενο και συνεπή. Μια ουσιαστική διαδικασία διαχείρισης κινδύνων παρέχει στον οργανισμό καλύτερη κατανόηση των κινδύνων και της επίπτωσής τους στους στόχους του έργου.

Τα διάφορα εργαλεία διαχείρισης κινδύνων θα πρέπει να αποτελούν μέρος της διαδικασίας λήψης αποφάσεων και της οργανωτικής διαδικασίας ώστε να προσδώσουν αξία στο έργο. Η διαχείριση κινδύνων είναι μια διαδικασία που θα πρέπει να είναι δυναμική και ευέλικτη, καθώς το περιβάλλον και οι στόχοι του έργου μπορεί να αλλάξουν και η διαδικασία διαχείρισης κινδύνων θα πρέπει να είναι σε θέση να προσαρμοστεί άμεσα ώστε να μην υπάρξει επίπτωση στους στόχους του έργου. Παράλληλα, θα πρέπει να είναι μια διαδικασία με «μνήμη», υπό την έννοια ότι οι ενέργειες που υλοποιούνται για την αντιμετώπιση κινδύνων θα πρέπει να καταγράφονται και να αναλύονται από το διευθυντή και την ομάδα έργου.

Η διαχείριση κινδύνου αποτελεί ένα πολύτιμο συστατικό της διαχείρισης έργων και ενισχύει την αξία των υπολοίπων διαδικασιών διαχείρισης έργων. Όπως και με τις άλλες διαδικασίες, η διαχείριση κινδύνων θα πρέπει να πραγματοποιείται με συνέπεια

προς τις επιχειρησιακές πρακτικές. Η διαχείριση κινδύνων θα πρέπει να αναγνωρίζει τις επιχειρησιακές προκλήσεις, καθώς και το πολυπολιτισμικό περιβάλλον.

Αλλαγές στο σχέδιο διαχείρισης έργου που προκύπτουν από τη διαδικασία διαχείρισης κινδύνων μπορεί να απαιτούν αποφάσεις στο κατάλληλο επίπεδο διοίκησης, η οποία θα πρέπει να ανακατανείμει το προσωπικό, να δημιουργήσει ή να τροποποιήσει τον προϋπολογισμό, να αλληλοεπιδράσει με τις ρυθμιστικές αρχές και να συμμορφωθεί με οικονομικούς και νομικούς κανόνες.

Η διαδικασία διαχείρισης κινδύνων δεν δύναται να είναι αποτελεσματική, εάν δεν έχει πλήρως υιοθετηθεί από την ομάδα και όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη. Δηλαδή, η χρησιμότητά της γίνεται αντιληπτή μόνο αν θεωρηθεί ως μια συνεχής διαδικασία, όπου τα προηγούμενα λάθη και οι αλλαγές καταγράφονται, και η οποία είναι πλήρως κατανοητή από όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, η διαχείριση κινδύνων ορίζεται ως μια διαδικασία με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

1) Επαναλαμβανόμενη διαδικασία, καθώς το περιβάλλον, τα δεδομένα και ο στόχος του έργου συχνά μεταβάλλονται κατά τον κύκλο ζωής του έργου. Παλαιοί κίνδυνοι αντιμετωπίζονται ενώ νέοι κάνουν την εμφάνισή τους, με αποτέλεσμα οι διαδικασίες που ακολουθούνται να πρέπει να προσαρμόζονται στις αλλαγές. Η διαχείριση κινδύνων θα πρέπει συνεπώς να επαναλαμβάνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα, τα οποία καθορίζονται ανάλογα με το μέγεθος και τη φύση του έργου.
2) Αποτελεσματική επικοινωνία. Η επιτυχία της διαχείρισης κινδύνων βασίζεται σημαντικά στη συνεχή επικοινωνία μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών καθ'όλη τη διάρκεια του έργου. Η σωστή και ειλικρινής επικοινωνία, καθώς και η εισαγωγή ρεαλιστικών δεδομένων συμβάλουν στην ενίσχυση της αξιοπιστίας της διαδικασίας. Στην περίπτωση που τα δεδομένα που εισάγονται δεν έχουν ελεγχθεί και συμφωνηθεί από όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη, υπάρχει κίνδυνος να προκύψουν αναξιόπιστα αποτελέσματα. Δηλαδή, επιβεβαιώνεται ο κανόνας πως η εισαγωγή αναξιόπιστων δεδομένων αποδίδει αναξιόπιστα αποτελέσματα (Garbage in, garbage out).
3) Ανάληψη ευθύνης κατά τη διαδικασία διαχείρισης κινδύνων. Αναμφίβολά, η διαχείριση κινδύνων θα πρέπει να αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι των επιμέρους διαδικασιών ενός έργου. Οι ρόλοι και οι ευθύνες καθενός εκ των εμπλεκομένων μερών θα πρέπει να ορίζονται αυστηρά, ώστε όλα τα

ενδιαφερόμενα μέρη να γνωρίζουν επακριβώς τις αρμοδιότητές τους στη διαδικασία διαχείρισης και αντιμετώπισης των κινδύνων.

2.1.5 Βήματα της διαχείρισης κινδύνων

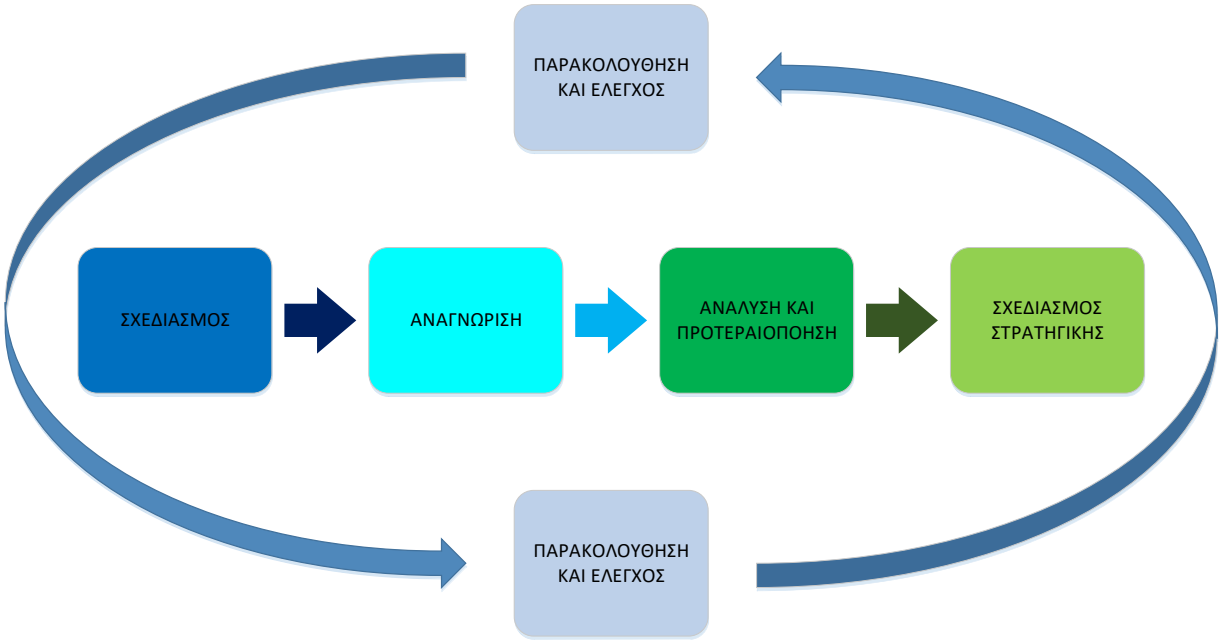
Ακολουθώντας τον οδηγό του Διαχείρισης Έργων (PMI, 2017), καταγράφονται τα βήματα της διαδικασίας διαχείρισης κινδύνων ως εξής:

1) Σχεδιασμός διαχείρισης κινδύνων
2) Αναγνώριση κινδύνων
3) Ποιοτική ανάλυσης κινδύνων
4) Ποσοτική ανάλυση κινδύνων
5) Αντιμετώπιση κινδύνων
6) Παρακολούθηση και έλεγχος κινδύνων

Στο σχήμα 2-2 παρουσιάζονται τα βήματα της διαδικασίας διαχείρισης κινδύνων.

Σχήμα 2-2: Διαδικασία διαχείρισης κινδύνων

Στον παρακάτω πίνακα, περιγράφεται εν συντομία το περιεχόμενο καθενός από τα παραπάνω βήματα.



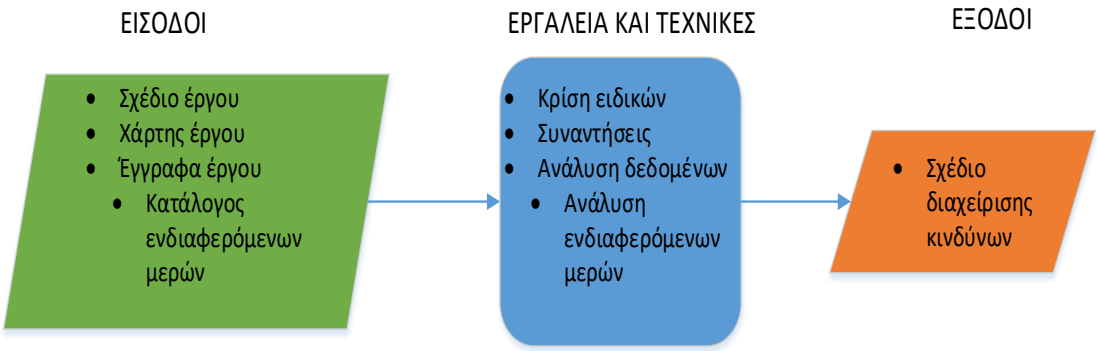
Πίνακας 1-1: Βήματα διαδικασίας διαχείρισης κινδύνων

1) Σχεδιασμός διαχείρισης κινδύνων	Ο σχεδιασμός διαχείρισης κινδύνων ορίζεται ως η συστηματική διαδικασία επιλογής της προσέγγισης, του σχεδιασμού και της εκτέλεσης δραστηριοτήτων διαχείρισης κινδύνου σε όλη τη διάρκεια ενός έργου. Στοχεύει στην μεγιστοποίηση των ευεργετικών αποτελεσμάτων από τις ευκαιρίες, αλλά και την ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων από δυσμενείς κινδύνους.
2) Αναγνώριση κινδύνων	Η αναγνώριση κινδύνων περιλαμβάνει τον καθορισμό των κινδύνων εκείνων που πιθανώς να επηρεάσουν το έργο, καταγράφοντας ταυτόχρονα τα χαρακτηριστικά τους.
3) Ποιοτική ανάλυσης κινδύνων	Η ποιοτική ανάλυση κινδύνων εξετάζει την πιθανότητα και την επίπτωση των αναγνωρισμένων κινδύνων. Αναπτύσσει λίστες προτεραιότητας με τους καταγεγραμμένους κινδύνους ώστε να αναλυθούν περεταίρω. Οι ομάδες έργου εξετάζουν κάθε κίνδυνο για την πιθανότητα εμφάνισής του και την επίπτωση του στους στόχους του έργου. Οι ομάδες, ορισμένες φορές, επιζητούν την βοήθεια ειδικών για να εξετάσουν τους κινδύνους στα αντίστοιχα πεδία.
4) Ποσοτική ανάλυση κινδύνων	Η ποσοτική ανάλυση κινδύνων αποτελεί μια μέθοδο μαθηματικής εκτίμησης της πιθανότητας ένα έργο να ικανοποιήσει τους στόχους του κόστους και της διάρκειας. Η ποσοτική ανάλυση κινδύνων βασίζεται σε ταυτόχρονη εκτίμηση της επίπτωσης όλων των αναγνωρισμένων και ποσοτικοποιημένων κινδύνων.
5) Αντιμετώπιση κινδύνων	Η αντιμετώπιση κινδύνων αποτελεί τη διαδικασία ανάπτυξης επιλογών και καθορισμού ενεργειών ενίσχυσης των ευκαιριών και μείωσης των απειλών στους στόχους του έργου. Αναγνωρίζει και αναθέτει ομάδες που θα αναλάβουν την ευθύνη για την αντιμετώπιση του κάθε κινδύνου. Αυτή η διαδικασία εξασφαλίζει ότι κάθε κίνδυνος που χρήζει αντιμετώπισης έχει έναν "ιδιοκτήτη". Ο διευθυντής και η ομάδα έργου αναγνωρίζουν την καλύτερη στρατηγική για κάθε κίνδυνο, και στη συνέχεια επιλέγουν συγκεκριμένες ενέργειες υλοποίησης της στρατηγικής.
6) Παρακολούθηση και έλεγχος κινδύνων	Η παρακολούθηση και ο έλεγχος κινδύνων αποτελεί μια διαδικασία ελέγχου αναγνωρισμένων κινδύνων, παρακολούθησης υπολειμματικών κινδύνων και εντοπισμού νέων κινδύνων. Σκοπός είναι να σιγουρέψει την εκτέλεση των σχεδίων κινδύνου και να αξιολογήσει την αποτελεσματικότητά τους στην μείωση του κινδύνου. Η παρακολούθηση και ο έλεγχος κινδύνων αποτελεί μια συνεχή διαδικασία σε όλη τη διάρκεια του έργου.

Στη συνέχεια, ακολουθεί μια εκτενέστερη ανάλυση τω βημάτων διαχείρισης κινδύνων.

1) Σχεδιασμός διαχείρισης κινδύνων

Για τα περισσότερα έργα, η φάση αυτή είναι απαραίτητη και αποτελεί το σημείο προγραμματισμού των επόμενων βημάτων αναγνώρισης, ανάλυσης, αντιμετώπισης και ελέγχου των κινδύνων. Αποτελεί το κλειδί για την εφαρμογή κοινώς κατανοητών παραμέτρων (Becker, G. M., 2004). Οι παράμετροι αυτοί κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την περιοχή που επηρεάζουν, όπως το κόστος, ο χρόνος, η αποδοτικότητα. Στη συνέχεια, καθορίζεται η επίδραση και η πιθανότητα εμφάνισης της κάθε παραμέτρου και με βάση αυτά σχεδιάζεται το πλάνο δράσης. Το κύριο όφελος από τη διαδικασία αυτή είναι ότι εξασφαλίζει πως ο βαθμός, ο τύπος και η ορατότητα της διαχείρισης κινδύνων είναι κατάλληλα τόσο για τους κινδύνους όσο και για τη σημαντικότητα του έργου στον οργανισμό και σε άλλα ενδιαφερόμενα μέρη (PMI, 2017). Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται μια φορά ή σε προκαθορισμένα σημεία του έργου. Στο σχήμα 2-3 παρουσιάζεται η διαδικασία σχεδιασμού της διαχείρισης κινδύνων.



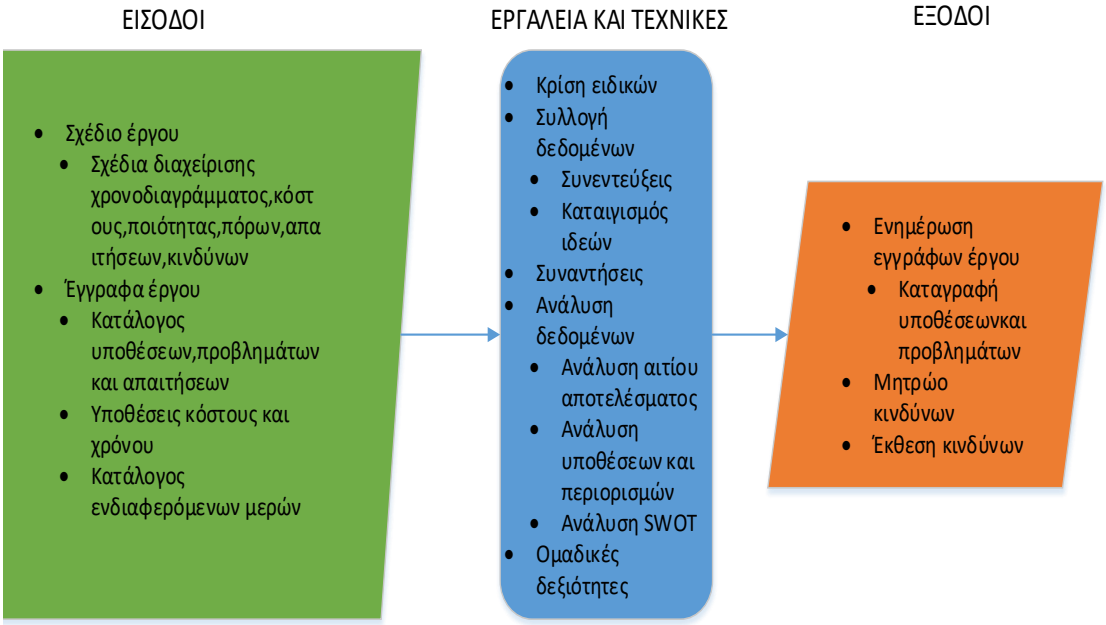
Σχήμα 2-3: Διαδικασία σχεδιασμού διαχείρισης κινδύνων (PMI, 2017)

Η διαδικασία αυτή θα πρέπει να ολοκληρώνεται νωρίς κατά τη διαδικασία σχεδιασμού του έργου (Lukas, J. A. & Clare, R., 2011). Πιθανώς να απαιτείται να επανεξεταστεί η διαδικασία αυτή αργότερα μέσα στον κύκλο ζωής του έργου, για παράδειγμα σε μια κυρίαρχη φάση αλλαγής ή αν το πεδίο εφαρμογής του έργου αλλάζει δραστικά.

2) Αναγνώριση κινδύνων

Η αναγνώριση κινδύνων ορίζεται ως η διαδικασία αναγνώρισης μεμονωμένων κινδύνων (individual risks) σε ένα έργο, καθώς και των πηγών ολικών κινδύνων (overall risks) και η καταγραφή τα χαρακτηριστικά τους (PMI, 2017). Το κύριο όφελος

της διαδικασίας αυτής είναι η καταγραφή των υπαρχόντων κινδύνων. Συλλέγει πληροφορίες για την ομάδα έργου, ώστε αυτή να αντιμετωπίσει κατάλληλα τους αναγνωρισμένους κινδύνους. Το όφελος της διαδικασίας αυτής είναι ιδιαίτερα εμφανές σε μεγάλα και πολύπλοκα έργα, όπου οι κίνδυνοι που εντοπίζονται είναι πολλοί και απαιτείται μεγάλη προσπάθεια για την αναγνώριση και κατηγοριοποίησή τους, καθώς στα συγκεκριμένα έργα η επίδραση των κινδύνων είναι συνήθως πολύ πιο σημαντική και εμφανής (Sanchez-Cazorla, A., Alfalla Luque, R., & Irimia Dieguez, A. I., 2016). Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται καθ'όλη τη διάρκεια του έργου. Παρουσιάζεται στο σχήμα 2-4 η διαδικασία αναγνώρισης κινδύνων, όπως αυτή ορίζεται στον Οδηγό Διοίκησης Έργων (PMBOK).



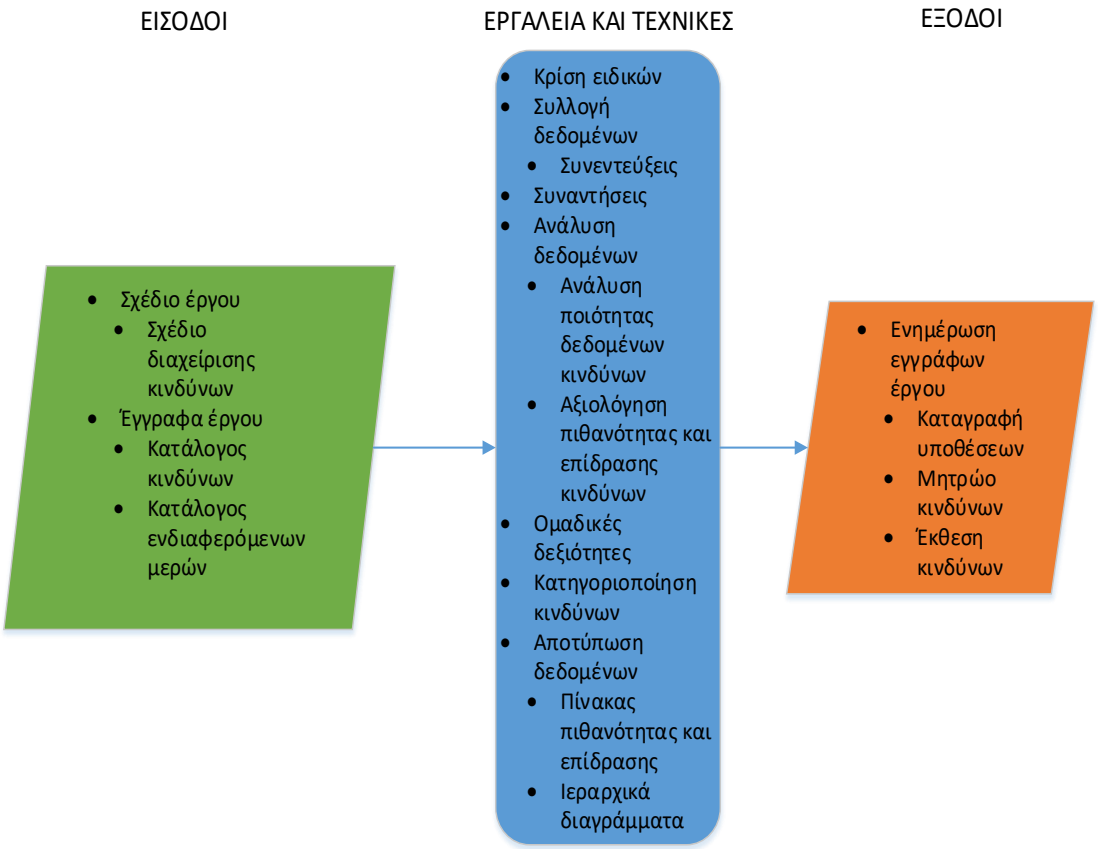
Σχήμα 2-4: Διαδικασία αναγνώρισης κινδύνων (PMI, 2017)

Η διαδικασία αναγνώρισης κινδύνων λαμβάνει υπόψη τόσο μεμονωμένους κινδύνους όσο και τις πηγές ολικών κινδύνων. Για κάθε έναν από αυτούς τους κινδύνους, απαιτείται η εύρεση των πηγών κινδύνων, των επηρεαζόμενων περιοχών και των επιπτώσεων σε αυτές (Piney, C., 2003). Δηλαδή, είναι σημαντικό για κάθε κίνδυνο να γίνεται αντιληπτό πότε εμφανίζεται, για ποιο λόγο και τι επηρεάζει. Οι συμμετέχοντες σε δραστηριότητες αναγνώρισης κινδύνων μπορεί μεταξύ άλλων να είναι οι παρακάτω: ο διαχειριστής έργου, η ομάδα έργου, ο ειδικός επιχειρησιακών κινδύνων, οι πελάτες, τα ενδιαφερόμενα μέρη, οι τελικοί χρήστες (PMI, 2017). Όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη θα πρέπει να ενθαρρύνονται να αναγνωρίζουν επιχειρησιακούς κινδύνους. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να εμπλακούν όλα τα μέλη της ομάδας έργου,

ώστε να μπορέσουν να αναπτύξουν και να διατηρήσουν την αίσθηση ιδιοκτησίας και ευθύνης για τους αναγνωρισμένους κινδύνους και τις συσχετιζόμενες ενέργειες αντιμετώπισης κινδύνων. Συχνά, οι ομάδες έργων αποφεύγουν να εμπλακούν ενεργά στο σύνολό τους στη διαδικασία αναγνώρισης κινδύνων, καθώς αδυνατούν να αποτυπώσουν το επιθυμητό επίπεδο λεπτομέρειας, υπό την έννοια ότι συχνά εξετάζουν λεπτομερώς κινδύνους λιγότερο σημαντικούς, ενώ δεν εξετάζουν σε βάθος τους πιο σημαντικούς κινδύνους που επηρεάζουν και περισσότερο τους στόχους του έργου (Winters, L., 2009). Παράλληλα, εντοπίζονται και άλλοι λόγοι αποθάρρυνσης των ομάδων έργου να ενσωματώσουν τη διαδικασία αναγνώρισης κινδύνων, μεταξύ άλλων η έλλειψη στήριξης από τη διοίκηση, οι περιορισμοί κόστους και χρόνου και οι υπερβολικά πολλές υποθέσεις που απαιτούνται. Η διαδικασία αναγνώρισης κινδύνων είναι μια επαναλαμβανόμενη διαδικασία, καθώς νέοι κίνδυνοι μπορεί να εμφανιστούν όσο το έργο εξελίσσεται μέσα στον κύκλο ζωής του. Η συχνότητα επανάληψης και συμμετοχής σε κάθε κύκλο αναγνώρισης κινδύνων ποικίλει ανάλογα με την περίσταση και αυτό θα πρέπει να καθορίζεται στο σχέδιο διαχείρισης κινδύνων.

3) <u>Ποιοτική ανάλυση κινδύνων</u>

Η διαδικασία ποιοτικής ανάλυσης κινδύνων ορίζεται ως η διαδικασία απόδοσης προτεραιότητας των κινδύνων για περαιτέρω ανάλυση ή δράση, μέσω της αξιολόγησης της πιθανότητας εμφάνισής τους και της επίδρασης, περιγράφοντάς τα χαρακτηριστικά αυτά ως υψηλά, μέτρια, χαμηλά και πολύ χαμηλά (Rossi, P., 2007). Τα δυο αυτά χαρακτηριστικά εξετάζονται για κάθε κίνδυνο ξεχωριστά και τα αποτελέσματα μπορούν να παρασταθούν γραφικά μέσω ενός πίνακα πιθανότητας-επίδρασης (probability-impact matrix), ο οποίος αποτυπώνει τον πολλαπλασιασμό των τιμών των δυο παραπάνω μεταβλητών και μέσω αυτού καθορίζεται εάν ένας κίνδυνος θεωρείται χαμηλού, μέτριου ή υψηλού επιπέδου. Το κύριο όφελος της διαδικασίας αυτής είναι η εστίαση της προσοχής σε κινδύνους υψηλής προτεραιότητας. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται καθ’όλη τη διάρκεια του έργου. Στο σχήμα 2-5 παρουσιάζεται η διαδικασία ποιοτικής ανάλυσης κινδύνων.



Σχήμα 2-5: Διαδικασία ποιοτικής ανάλυσης κινδύνων (PMI, 2017)

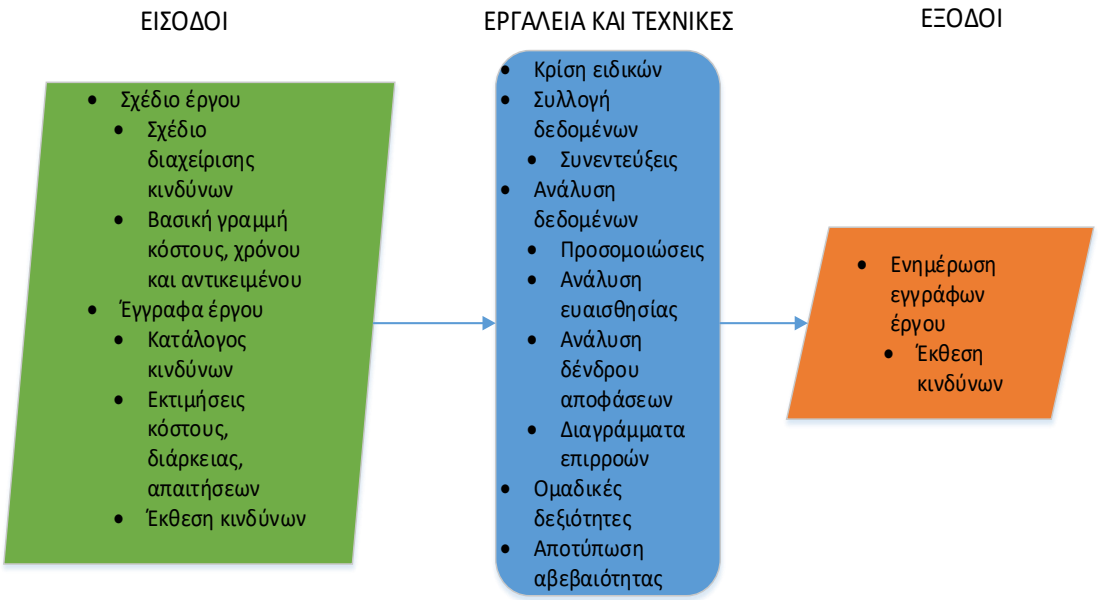
Η ποιοτική ανάλυση κινδύνων αξιολογεί την προτεραιότητα των κινδύνων με βάση την πιθανότητα εμφάνισής τους, την αντίστοιχη επίπτωση στους στόχους του έργου αν ο κίνδυνος εμφανιστεί, αλλά και άλλους παράγοντες. Τέτοιες διαδικασίες αξιολόγησης είναι υποκειμενικές καθώς βασίζονται στην εκτίμηση αυτών από την ομάδα έργου και άλλα ενδιαφερόμενα μέρη. Η εκτίμηση των κινδύνων εισάγει προκατάληψη στην αξιολόγηση των αναγνωρισμένων κινδύνων, συνεπώς θα πρέπει να δίνεται προσοχή στην αναγνώριση της προκατάληψης και να επιδιώκεται η διόρθωσή της. Εκτίμηση της ποιότητας των διαθέσιμων πληροφοριών για τους κινδύνους βοηθά επίσης στην αποσαφήνιση της εκτίμησης της σημασίας του κάθε κινδύνου για το έργο (PMI, 2017).

Η διαδικασία ποιοτικής ανάλυσης οφείλει να καθορίζει τον ιδιοκτήτη κινδύνου για κάθε κίνδυνο, ο οποίος θα αναλάβει την ευθύνη σχεδιασμού μιας κατάλληλης διαδικασίας αντιμετώπισης κινδύνων και θα βεβαιωθεί ότι αυτή θα υλοποιηθεί. Η διαδικασία ποιοτικής ανάλυσης κινδύνων θέτει επίσης τα θεμέλια για την διαδικασία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων, εφόσον η διαδικασία αυτή απαιτηθεί. Φυσικά, η

διαδικασία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων συχνά προτιμάται καθώς είναι πιο λεπτομερής και δίνει πιο ολοκληρωμένα, αριθμητικά αποτελέσματα, όμως πολλές φορές δεν είναι πιθανόν να εφαρμοστεί. Από την άλλη, η ποιοτική ανάλυση κινδύνων μπορεί να εφαρμοστεί σε όλες τις περιπτώσεις έργων και συνήθως είναι λιγότερο χρονοβόρα και κοστοβόρα (Graves, R., 2000) Η διαδικασία ποιοτικής ανάλυσης κινδύνων πραγματοποιείται τακτικά μέσα στον κύκλο ζωής του έργου, όπως ορίζεται στο σχέδιο διαχείρισης κινδύνων.

4) Ποσοτική ανάλυση κινδύνων

Η ποσοτική ανάλυση κινδύνων ορίζεται ως η διαδικασία αριθμητικής ανάλυσης της συνδυασμένης επίδρασης των αναγνωρισμένων κινδύνων. Το κύριο όφελος της διαδικασίας αυτής είναι πως ποσοτικοποιεί την έκθεση του έργου σε κινδύνους και παρέχει παράλληλα επιπρόσθετη ποσοτικοποιημένη πληροφορία για τους κινδύνους ώστε να υποστηρίξει την διαδικασία σχεδιασμού της αντιμετώπισης των κινδύνων. Θεωρείται το πιο δύσκολο σημείο της διαχείρισης κινδύνων, καθώς βασίζεται σε ανεπτυγμένες μεθόδους στατιστικής και μαθηματικής ανάλυσης. Πολλές μέθοδοι ανάλυσης, ειδικά βασισμένες σε εξειδικευμένο λογισμικό, έχουν αναπτυχθεί μέχρι σήμερα (Purnus, A. & Bodea, C. N., 2012). Παρόλο που η χρησιμότητα της διαδικασίας αυτής είναι μεγάλη και η εφαρμογή της πολλές φορές είναι αναγκαία, ειδικά σε μεγάλα και πολύπλοκα έργα, πολλές φορές δε χρησιμοποιείται συχνά επειδή δεν είναι κατανοητή, δεν έχει ενσωματωθεί κατάλληλα στις διαδικασίες διαχείρισης κινδύνων του οργανισμού ή ακόμα και αντιμετωπίζεται σκεπτικά από τη διοίκηση (Galway, L., 2004). Η διαδικασία αυτή δεν απαιτείται για κάθε έργο, όμως εκεί όπου χρησιμοποιείται, πραγματοποιείται καθ’όλη τη διάρκεια του έργου. Στο σχήμα 2-6 παρατηρούνται οι είσοδοι, τα εργαλεία και οι έξοδοι της διαδικασίας ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων σε έργα, σύμφωνα με το Ινστιτούτο Διοίκησης Έργων.



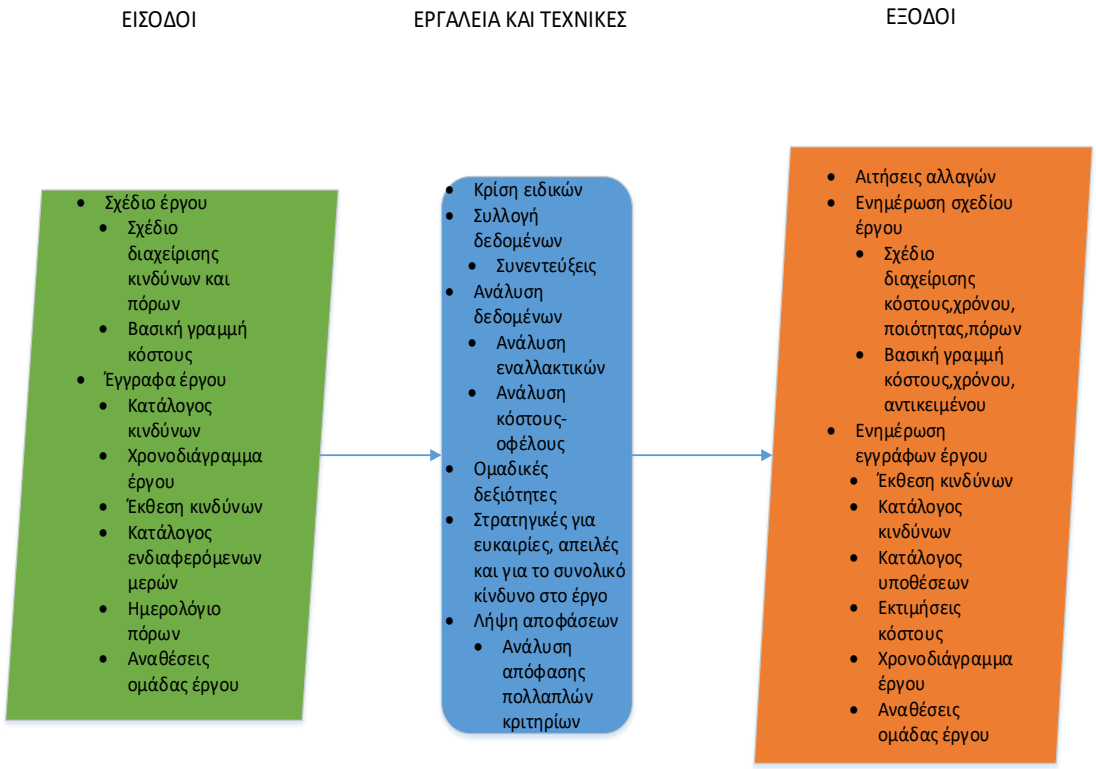
Σχήμα 2-6: Διαδικασία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων (PMI,2017)

Όπως αναφέρθηκε, η διαδικασία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων δεν απαιτείται για όλα τα έργα. Η διεξαγωγή μιας στιβαρής ανάλυσης εξαρτάται από την διαθεσιμότητα υψηλής ποιότητας δεδομένων για τους κινδύνους, καθώς και μια σωστή κατεύθυνση για το αντικείμενο, το κόστος και το χρονοδιάγραμμα του έργου (PMI, 2017). Η διαδικασία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων συνήθως απαιτεί εξειδικευμένο λογισμικό ανάλυσης κινδύνων και εξειδίκευση στην ανάπτυξη και την ερμηνεία μοντέλων κινδύνων. Καταναλώνει επίσης επιπρόσθετο χρόνο και κόστος, ενώ δεν δίνει ακριβή αποτελέσματα σε περιπτώσεις ανεπαρκών ιστορικών δεδομένων (Meyer, W. G., 2015). Η χρήση διαδικασιών ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων σε ένα έργο καθορίζεται στο σχέδιο διαχείρισης κινδύνων. Είναι αναμφίβολα πιο κατάλληλη διαδικασία για μεγάλα και πολύπλοκα έργα, στρατηγικά σημαντικά έργα, έργα τα οποία την απαιτούν στο συμβόλαιο ή έργα στα οποία ένα από τα βασικά ενδιαφερόμενα μέρη το απαιτεί. Η διαδικασία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων χρησιμοποιεί πληροφορίες κινδύνων που έχουν αξιολογηθεί κατά τη διαδικασία ποιοτικής ανάλυσης κινδύνων ως έχοντας σημαντική πιθανότητα να επηρεάσουν τους στόχους του έργου.

Η διαδικασία ποσοτικής ανάλυσης αποτελεί το κεντρικό αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας και για αυτό το λόγο θα αναπτυχθεί αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο.

5) <u>Αντιμετώπιση κινδύνων</u>

Η αντιμετώπισης κινδύνων ορίζεται ως η διαδικασία διαμόρφωσης και επιλογής στρατηγικών και συμφωνίας στις δράσεις αντιμετώπισης κινδύνων σε ένα έργο. Το κύριο όφελος της διαδικασίας αυτής είναι η αναγνώριση κατάλληλων τρόπων αντιμετώπισης των κινδύνων. Κατανέμει, επίσης, πόρους και εισάγει δραστηριότητες στο σχέδιο διαχείρισης κινδύνων όπως απαιτείται (PMI, 2017). Η διαδικασία αντιμετώπισης κινδύνων παρουσιάζεται στο σχήμα 2-7.



Σχήμα 2-7: Διαδικασία αντιμετώπισης κινδύνων (PMI, 2017)

Η αποτελεσματική αντιμετώπιση κινδύνων μπορεί να ελαχιστοποιήσει μεμονωμένες απειλές, να μεγιστοποιήσει μεμονωμένες ευκαιρίες και να μειώσει τη συνολική έκθεση του έργου σε κινδύνους. Ακατάλληλες ενέργειες αντιμετώπισης κινδύνων μπορεί να έχουν αντίστροφο αποτέλεσμα. Μόλις οι κίνδυνοι έχουν αναγνωριστεί, αναλυθεί και δοθεί σειρά προτεραιότητας, θα πρέπει να αναπτύσσονται σχέδια από τον ορισμένο ιδιοκτήτη κινδύνου για την αντιμετώπιση κάθε μεμονωμένου κινδύνου που η ομάδα έργου θεωρεί επαρκώς σημαντικό, είτε γιατί αποτελεί απειλή είτε ευκαιρία. Τα σχέδια αντιμετώπισης κινδύνων που αναπτύσσονται στοχεύουν στην

εξάλειψη των κινδύνων, όταν αυτό είναι εφικτό, ή στην μείωση της πιθανότητας εμφάνισή και της επίδρασης των κινδύνων στους στόχους του έργου (Lavanya, N. & Malarvizhi, T., 2008).

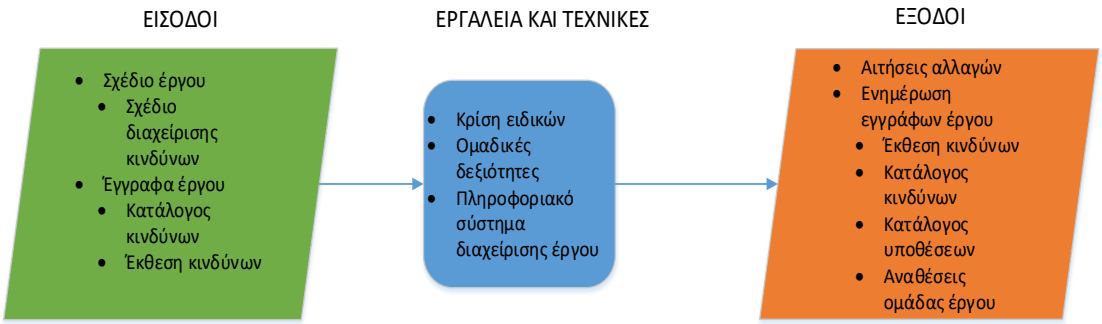
Η διαδικασία αντιμετώπισης κινδύνων θα πρέπει να είναι κατάλληλη ανάλογα με τη σημασία του κινδύνου. Η επιλογή της βέλτιστης διαδικασίας αντιμετώπισης κινδύνων μεταξύ πολλαπλών επιλογών συχνά απαιτείται και διαφοροποιείται για κάθε κίνδυνο (PMI, 2017). Για μεγάλα και πολύπλοκά έργα, είναι ενδεδειγμένη η επιλογή μαθηματικών μοντέλων ανάλυσης των κινδύνων προκειμένου να επιτευχθεί μια πιο ολοκληρωμένη λύση.

6) <u>Υλοποίηση αντιμετώπισης κινδύνων</u>

Η υλοποίηση ενεργειών αντιμετώπισης κινδύνων ορίζεται ως η διαδικασία υλοποίησης συμφωνημένων σχεδίων αντιμετώπισης κινδύνων. Το κύριο όφελος από τη διαδικασία αυτή είναι η εξασφάλιση της εκτέλεσης όλων των συμφωνημένων ενεργειών αντιμετώπισης κινδύνου προκειμένου να αντιμετωπιστεί συνολικά η έκθεση στον κίνδυνο, να ελαχιστοποιηθούν οι απειλές και να μεγιστοποιηθούν οι ευκαιρίες μέσα στο έργο. Στα σχέδια αντιμετώπισης κινδύνων περιλαμβάνονται τέσσερις κύριες στρατηγικές (Hillson, D., 2001) :

- Αποφυγή (Avoid), μέσω της εξάλειψης της αβεβαιότητας
- Μεταβίβαση (Transfer) της ιδιοκτησίας του κινδύνου σε ένα τρίτο μέρος
- Μετριασμός (Mitigate), δηλαδή μείωση της πιθανότητας ή και της κρισιμότητας των κινδύνων κάτω από ένα επιτρεπτό επίπεδο
- Αποδοχή (Accept), μέσω της αναγνώρισης των υπολειπόμενων κινδύνων και το σχεδιασμό ενεργειών ελέγχου και παρακολούθησης

Στο σχήμα 2-8 παρουσιάζεται η προτεινόμενη διαδικασία υλοποίησης των ενεργειών αντιμετώπισης κινδύνων σύμφωνα με τον Οδηγό Διοίκησης Έργων (PMBOK).



Σχήμα 2-8: Διαδικασία υλοποίησης αντιμετώπισης κινδύνων (PMI, 2017)

Απαιτείται η κατάλληλη προσοχή στην υλοποίηση των διαδικασιών αντιμετώπισης κινδύνων. Ένα κοινό πρόβλημα που παρουσιάζεται στη διαχείριση κινδύνων σε έργα είναι ότι οι ομάδες έργου σπαταλούν υπερβάλλουσα προσπάθεια στην αναγνώριση και ανάλυση των κινδύνων, αναπτύσσονται και συμφωνούνται ενέργειες αντιμετώπισης κινδύνων, οι οποίες και καταγράφονται, όμως δε λαμβάνονται στην πραγματικότητα ενέργειες διαχείρισης των κινδύνων (PMI, 2017). Σε περιπτώσεις όπου ο υπεύθυνος κινδύνων δίνει το απαιτούμενο επίπεδο προσοχής στην υλοποίηση των συμφωνημένων ενεργειών αντιμετώπισης κινδύνων, τότε μόνο είναι δυνατόν η συνολική έκθεση του έργου σε κινδύνους, καθώς και οι μεμονωμένες ευκαιρίες και απειλές, μπορούν να διαχειριστούν.

7) <u>Παρακολούθηση και έλεγχος κινδύνων</u>

Μόλις ολοκληρωθεί η αναγνώριση, η ανάλυση και η αντιμετώπιση κινδύνων, ακολουθεί η διαδικασία παρακολούθησης και ελέγχου (Becker, G. M., 2004). Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τον καθορισμό της στιγμής εμφάνισης ενός κινδύνου και την έναρξη υλοποίησης του πλάνου αντιμετώπισης, την παρακολούθηση αλλαγών στο περιβάλλον που οδηγεί σε μεταβολές στην πιθανότητα εμφάνισης και την επίδραση των κινδύνων, αλλά και την καταγραφή όλων των παραπάνω ώστε να βεβαιωθεί η συνεχής βιωσιμότητα της στρατηγικής απόκρισης. Το κύριο όφελος της διαδικασίας αυτής είναι ότι επιτρέπει οι αποφάσεις του έργου να βασίζονται σε τωρινές πληροφορίες σχετικά με την συνολική έκθεση του έργου σε κινδύνους. Η διαδικασία αυτή εκτελείται σε όλο τον κύκλο ζωής του έργου. Στο σχήμα 2-9 παρουσιάζεται η διαδικασία παρακολούθησης και ελέγχου κινδύνων

Σχήμα 2-9: Διαδικασία παρακολούθησης και ελέγχου κινδύνων (PMI,2017)

Προκειμένου να εξασφαλισθεί ότι η ομάδα έργου και τα βασικά ενδιαφερόμενα μέρη είναι ενήμεροι για το τωρινό επίπεδο έκθεσης του έργου σε κινδύνους, οι εργασίες του έργου θα πρέπει συνεχώς να παρακολουθούνται για νέους, μεταβαλλόμενους και ξεπερασμένους κινδύνους και για αλλαγές του συνολικού επιπέδου κινδύνου μέσω της εφαρμογής της διαδικασίας παρακολούθησης και ελέγχου κινδύνων. Κατά τη διαδικασία αυτή, παρακολουθείται η αποτελεσματικότητα των ενεργειών που είχαν υλοποιηθεί για την αντιμετώπιση κινδύνων και να καταγράφονται τα αποτελέσματα (Leopoulos, V. N., Kirytopoulos, K. A. & Malandrakis, C., 2006). Η διαδικασία παρακολούθησης και ελέγχου κινδύνων χρησιμοποιεί πληροφορίες που δημιουργούνται κατά την εκτέλεση του έργου, ώστε να διαπιστωθεί εάν (PMI, 2017):

- Οι υλοποιημένες διαδικασίες αντιμετώπισης κινδύνων είναι αποτελεσματικές
- Το επίπεδο συνολικού κινδύνου του έργου έχει αλλάξει
- Η κατάσταση των αναγνωρισμένων μεμονωμένων κινδύνων έχει αλλάξει
- Νέοι μεμονωμένοι κίνδυνοι έχουν εμφανιστεί
- Η προσέγγιση διαχείρισης κινδύνων είναι ακόμα κατάλληλη
- Οι υποθέσεις του έργου είναι ακόμα έγκυρες
- Οι πολιτικές και οι διαδικασίες διαχείρισης κινδύνων εφαρμόζονται
- Τα έκτακτα αποθεματικά κόστους και χρονοδιαγράμματος απαιτούν τροποποίηση
- Η στρατηγική του έργου παραμένει έγκυρη

2.1.6 Οφέλη διαχείρισης κινδύνου σε έργα

Τα οφέλη που απορρέουν από τη χρήση διαδικασιών διαχείρισης κινδύνων σε έργα δεν ικανοποιούν μόνο το έργο, αλλά και τον ίδιο τον οργανισμό. Σύμφωνα με τον οδηγό ανάλυσης και διαχείρισης κινδύνου σε έργα (The Association for project management, 2000), μερικά παραδείγματα πλεονεκτημάτων που απορρέουν από την ενσωμάτωση διαδικασιών διαχείρισης κινδύνου σε έργα είναι:

- Αυξημένη κατανόηση του έργου, που οδηγεί στη διαμόρφωση πιο ρεαλιστικών σχεδίων, τόσο από άποψη κόστους όσο και χρονοδιαγράμματος
- Αυξημένη κατανόηση των κινδύνων σε ένα έργο και την πιθανή επίπτωσή τους, που έχει ως αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση των κινδύνων για κάποιο από τα ενδιαφερόμενα μέρη και/ή την ορθολογικότερη κατανομή των κινδύνων στα μέρη που μπορούν καλύτερα να τους χειριστούν

- Ανεξάρτητη αποτύπωση των κινδύνων του έργου, η οποία μπορεί να βοηθήσει στην δικαιολόγηση αποφάσεων και επιτρέπει αποτελεσματικότερη και αποδοτικότερη διαχείριση των κινδύνων
- Αναγνώριση των πηγών κινδύνων σε ένα έργο, ποσοτικοποίηση της πιθανότητας εμφάνισής τους (Hulett, D. T., 1995), που επιτρέπει αξιολόγηση των απροόπτων καταστάσεων που κατοπτρίζουν τους κινδύνους και συχνά αποθαρρύνει την αποδοχή οικονομικά επισφαλών έργων
- Συνεισφορά στην οικοδόμηση στατιστικών πληροφοριών από ιστορικά δεδομένα κινδύνων που θα υποβοηθήσει σε καλύτερη μοντελοποίηση σε μελλοντικά έργα
- Διευκόλυνση στην ανάληψη μεγαλύτερων, αλλά ορθολογικότερων κινδύνων, αυξάνοντας τα οφέλη που απορρέουν από την ανάληψη κινδύνων
- Υποβοήθηση στον διαχωρισμό μεταξύ τύχης και σωστής διαχείρισης, κακοτυχίας και κακής διαχείρισης

Η χρήση διαδικασιών διαχείρισης κινδύνων σε έργα ωφελεί τους διευθυντές έργου, οι οποίοι επιθυμούν να βελτιώσουν την ποιότητα της δουλειάς τους. Παράλληλα, ο οργανισμός και η ανώτερη διοίκηση αποκτούν γνώση των κινδύνων που σχετίζονται με συγκεκριμένα έργα. Τέλος, ωφελούνται και οι πελάτες, εσωτερικοί και εξωτερικοί, καθώς αυτοί λαμβάνουν τα επιθυμητά αποτελέσματα στο χρόνο που τα θέλουν και σε κόστος που μπορούν να υποστηρίξουν.

2.2 Ποσοτική ανάλυση κινδύνων

2.2.1 Διεργασία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων

2.2.1.1 Σκοπός και οφέλη της ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων

Η διαδικασία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων παρέχει μια αριθμητική εκτίμηση της συνολικής επίδρασης των κινδύνων στους στόχους του έργου, με βάση τα υπάρχοντα σχέδια και πληροφορίες (Meyer W. G., 2015). Τα αποτελέσματα από αυτού του είδους την ανάλυση μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εκτιμηθεί η πιθανότητα επιτυχίας των στόχων του έργου και να εκτιμηθούν τα αποθέματα εκτάκτων καταστάσεων, συνήθως όσον αφορά το χρόνο και το κόστος που θεωρούνται κατάλληλα για τους κινδύνους και την ανοχή σε κινδύνους των ενδιαφερόμενων μερών.

Η ανάλυση της αβεβαιότητας σε ένα έργο με χρήση μεθόδων ποσοτικής ανάλυσης, όπως η προσομοίωση Monte Carlo, μπορεί να προσφέρει μεγαλύτερο ρεαλισμό στην εκτίμηση του συνολικού κόστους ή της διάρκειας του έργου, κάτι που μια μη πιθανολογική προσέγγιση η οποία υποθέτει ότι η διάρκεια των δραστηριοτήτων ή το κόστος είναι ντετερμινιστικά, δεν μπορεί να προσφέρει. Φυσικά, η ποσοτική ανάλυση κινδύνων δεν είναι πάντα απαιτούμενη ή κατάλληλη για όλα τα έργα. Για παράδειγμα, η διαδικασία ποιοτικής ανάλυσης κινδύνων μπορεί να προσφέρει επαρκείς πληροφορίες για την ανάπτυξη αποτελεσματικών διαδικασιών αντιμετώπισης κινδύνων, ειδικά σε περιπτώσεις μικρών έργων.

Διαδικασίες μερικής ανάλυσης κινδύνων, όπως η ποιοτική ανάλυσης κινδύνων, στοχεύουν στην απόδοση προτεραιότητας στους μεμονωμένους κινδύνους, τους οποίους εξετάζουν έναν-έναν. Δεν μπορούν επομένως να παράξουν μετρήσεις για το συνολικό επίπεδο κινδύνων, όταν οι κίνδυνοι θεωρηθεί πως εμφανίζονται ταυτόχρονα. Η ποσοτική ανάλυση κινδύνων μπορεί να αναγνωρίσει τις αιτίες των κινδύνων, την πιθανότητά να εμφανιστούν και την επίδρασή τους στις δραστηριότητες και το κόστος του έργου, ώστε να επιτευχθούν καλύτερα αποτελέσματα (Hulett D. T. & Avalon A., 2017).

Συγκεκριμένοι κίνδυνοι σε ένα έργο γίνονται συνήθως καλύτερα κατανοητοί και ποσοτικοποιημένοι σε λεπτομερές επίπεδο, όπως σε επίπεδο κόστους και διάρκειας δραστηριότητας. Αντίθετα, οι στόχοι ενός έργου, όπως η επίτευξη του προϋπολογισμού και του χρονοδιαγράμματος του έργου, καθορίζονται σε

υψηλότερο επίπεδο, συνήθως στο επίπεδο του συνολικού έργου. Μια συνολική ανάλυση των κινδύνων ενός έργου, όπως αυτή που εφαρμόζεται στην ποσοτική ανάλυση κινδύνου, εκτιμά την επίπτωση όλων των ποσοτικοποιημένων κινδύνων στους στόχους του έργου.

Συνοπτικά, τα οφέλη της ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων μπορούν να αποτυπωθούν στα παρακάτω:

1) Λαμβάνει υπόψη ένα μεγάλο αριθμό σεναρίων που περιλαμβάνουν πολλαπλούς κινδύνους. Προσφέρει, συνεπώς, μια σε βάθος κατανόηση των λόγων καθυστέρησης της ολοκλήρωσης του έργου. Ένας τόσο μεγάλος αριθμός πιθανών κινδύνων δεν είναι δυνατόν να ελεγχθεί από παραδοσιακές μεθόδους, πόσο μάλλον όταν αυτοί οι κίνδυνοι δρουν ταυτόχρονα. Η ποσοτική ανάλυση κινδύνων ενισχύει, λοιπόν, την πληρότητα της διαδικασίας ανάλυσης.
2) Αυξάνει την πιθανότητα αναγνώρισης πολύπλοκων συσχετίσεων μεταξύ συστημάτων, γεγονότων ή κινδύνων.
3) Προσφέρει κοινή κατανόηση του προβλήματος και διευκολύνει την επικοινωνία μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών.
4) Αποτελεί ολοκληρωμένη προσέγγιση στη διαχείριση κινδύνων, αναγνωρίζοντας την ανάγκη συμβολής από διάφορους κλάδους, όπως η μηχανική και οι κοινωνικές επιστήμες.
5) Εστιάζει στην ποσοτικοποίηση της αβεβαιότητας και διαμορφώνει μια καλύτερη εικόνα για το τι γνωρίζει ή δεν γνωρίζει η κοινότητα των εμπειρογνωμόνων για συγκεκριμένα ζητήματα. Προσφέρει λοιπόν πολύτιμη συμβολή στη λήψη αποφάσεων αναφορικά με την απαιτούμενη έρευνα σε διάφορους κλάδους.
6) Διευκολύνει την διαχείριση κινδύνων μέσω της αναγνώρισης των επικρατούντων κινδύνων, δηλαδή αυτών που είναι πιο πιθανό να επηρεάσουν σημαντικά τους στόχους του έργου. Γίνεται συνεπώς εξοικονόμηση και καλύτερη διαχείριση των πόρων ώστε να δίνεται έμφαση στους πιο κρίσιμους κινδύνους.
7) Η ακρίβεια των δεδομένων αυξάνεται όσο ο οργανισμός αποκτά εμπειρία, και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ποσοτική ανάλυση κινδύνων είναι μια συνεχής και δυναμική διαδικασία (Stoie, E. R., 2011).
8) Επιτρέπει την εφαρμογή ανάλυσης κόστους προκειμένου να επιλεγούν τα κατάλληλα μέτρα αντιμετώπισης των κινδύνων.
9) Η ποσοτική ανάλυση κινδύνων είναι ένας ασφαλής τρόπος να ενισχυθεί η εμπιστοσύνη του πελάτη στον οργανισμό, ώστε αυτός να υποστηρίξει τις

ανάγκες του οργανισμού. Ένα προληπτικό σχέδιο διαχείρισης κινδύνων βοηθά να καθησυχαστούν οι πελάτες πως ο οργανισμός είναι προετοιμασμένος για κάθε πιθανό σενάριο.

2.2.1.2 Προβλήματα και περιορισμοί ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων

Αναμφίβολα, η διαδικασία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων παρουσιάζει ορισμένα προβλήματα και περιορισμούς, ορισμένοι από τους οποίους παρουσιάζονται στη συνέχεια:

1) Η ποσοτική ανάλυση κινδύνων απαιτεί τη χρήση επαρκών και αξιόπιστων ιστορικών δεδομένων προκειμένου να εξάγει ασφαλή και αξιόπιστα συμπεράσματα. Η εισαγωγή μικρού αριθμού δεδομένων ή μη ποιοτικών δεδομένων μπορεί να επιφέρει λανθασμένα αποτελέσματα και μεγάλες αποκλίσεις από την πραγματικότητα που μπορούν να επηρεάσουν καθοριστικά τους στόχους του έργου. Αυτό παρατηρείται συχνά σε περιπτώσεις όπου τα δεδομένα που παρέχονται προκύπτουν από την υποκειμενική άποψη μεμονωμένων εμπλεκόμενων ατόμων, που δεν έχουν δηλαδή επικοινωνηθεί και συμφωνηθεί από όλα τα εμπλεκόμενα μέρη.
2) Η διαδικασία και η μέθοδος υπολογισμού είναι ιδιαίτερα πολύπλοκες. Ως εκ τούτου, συχνά απαιτείται το άτομο που θα διενεργήσει την ποσοτική ανάλυση κινδύνων να διαθέτει κατάλληλη εμπειρία. Η διεξαγωγή διαδικασιών ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων από άπειρα άτομα εισάγει επιπλέον τον κίνδυνο του ανθρώπινου παράγοντα λόγω απειρίας και μπορεί να επιφέρει λανθασμένα αποτελέσματα και συμπεράσματα.
3) Η διαδικασία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων απαιτεί αρκετό χρόνο και κόστος. Η χρήση εργαλείων ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων απαιτούν, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, έμπειρα στελέχη. Ανάλογα με την εμπειρία του υπεύθυνου για τη διεξαγωγή ποσοτικής ανάλυσης, αλλά και την πολυπλοκότητα του έργου, τα εξαγόμενα αποτελέσματα είναι πιθανό να καθυστερήσουν αρκετά. Η ποσοτική ανάλυση κινδύνων θα πρέπει να σχεδιάζεται και να εκτελείται με προσοχή, ώστε να αποφευχθούν σπατάλες σε χρόνο και πόρους.
4) Η διαδικασία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων δεν αναπαριστά κατάλληλα ακραία γεγονότα. Τα ακραία γεγονότα είναι ιδιαίτερα δύσκολο να αποτυπωθούν σωστά, και αυτό δεν οφείλεται σε αστοχία των τεχνικών ανάλυσης κινδύνων. Φυσικά, τα εργαλεία ποσοτικής ανάλυσης μπορούν να

δώσουν μια εκτίμηση για τα ακραία γεγονότα, αλλά αυτή σίγουρα θα αποκλίνει από την πραγματικότητα. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει, λοιπόν, να γίνονται κατανοητά τα όρια των εργαλείων, χωρίς αυτό να οδηγεί στην απαξίωσή τους. Υπερβολική αυτοπεποίθηση και εμπιστοσύνη σε αριθμούς και ποσοτικά εργαλεία, αλλά και στην ικανότητα τους για ακριβή αναπαράσταση ακραίων γεγονότων μπορεί να επιδεχτεί αυστηρή κριτική, καθώς οδηγεί σε εσφαλμένη αίσθηση ασφάλειας.

2.2.1.3 Κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων

Η υιοθέτηση και εκτέλεση μιας ανάλυσης του συνολικού κινδύνου σε ένα έργο μέσω της χρήσης ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων εμφανίζει ορισμένους κρίσιμους παράγοντες επιτυχίας, όπως οι παρακάτω:

- Η διαδικασία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων απαιτεί να έχουν πραγματοποιηθεί προηγουμένως οι διαδικασίες αναγνώρισης και ποιοτικής ανάλυσης κινδύνων. Η αναφορά σε ιεραρχημένη λίστα αναγνωρισμένων κινδύνων εξασφαλίζει ότι η διαδικασία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων θα λάβει υπόψη όλους τους σημαντικούς κινδύνους όταν αναλύει τα αποτελέσματά τους ποσοτικά.
- Κατάλληλο μοντέλο αποτύπωσης του έργου θα πρέπει να χρησιμοποιείται σαν βάση για την ποσοτική ανάλυση κινδύνων. Τα μοντέλα απεικόνισης του έργου που χρησιμοποιούνται συνήθως στην ποσοτική ανάλυση κινδύνων περιλαμβάνουν το χρονοδιάγραμμα του έργου, εκτίμηση του κόστους, δέντρο αποφάσεων και άλλα εργαλεία ολικής απεικόνισης του έργου. Η ποσοτική ανάλυση κινδύνων είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στην πληρότητα και την ορθότητα του μοντέλου του έργου.
- Δέσμευση συλλογής δεδομένων κινδύνων υψηλής ποιότητας. Συχνά ιστορικά δεδομένα υψηλής ποιότητας αναφορικά με κινδύνους δεν είναι διαθέσιμα. Απαιτείται η συλλογή τους μέσω συνεντεύξεων, σεμιναρίων και άλλων μεθόδων με χρήση εμπειρογνωμόνων. Η συλλογή δεδομένων κινδύνων απαιτεί πόρους και χρόνο, καθώς και την υποστήριξη της διοίκησης.
- Αμερόληπτα δεδομένα. Η επιτυχία στη συλλογή δεδομένων ανάλυσης κινδύνων απαιτεί την ικανότητα να αναγνωρίζεται πότε προκύπτει μεροληψία, αλλά και να αντιμετωπίζεται αυτή ή ακόμα και να αναπτύσσονται άλλες πηγές αμερόληπτων δεδομένων. Μεροληψία σε δεδομένα κινδύνων

μπορεί να προκύψει για πολλούς λόγους, οι δύο κυριότεροι όμως θεωρούνται η γνωστική και η κινητήρια προκατάληψη.

- Η διαδικασία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων βασίζεται σε μεθοδολογία που αντλεί το συνολικό κίνδυνο του έργου από μεμονωμένους κινδύνους. Στην ανάλυση κινδύνων του κόστους και του χρονοδιαγράμματος, μια κατάλληλη μέθοδος θεωρείται η προσομοίωση Monte Carlo. Αντίστοιχα, το δέντρο αποφάσεων θεωρείται κατάλληλη μέθοδος λήψης αποφάσεων όταν μελλοντικά δεδομένα δεν είναι βέβαια. Υπολογίζει την πιθανότητα και την επίπτωση όλων των κινδύνων και συνδυάζει την επίδρασή τους για να αντλήσει συνολικά μέτρα αντιμετώπισης. Σε κάθε μία από αυτές τις μεθόδους, οι κίνδυνοι καθορίζονται σε επίπεδο εργασιών και ενσωματώνονται στο μοντέλο του έργου ώστε να υπολογιστεί η επίπτωση στους στόχους του έργου.
- Αλληλεξαρτήσεις μεταξύ κινδύνων και ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στην πιθανότητα οι μεμονωμένοι κίνδυνοι ενός έργου να σχετίζονται μεταξύ τους. Για παράδειγμα, πολλοί κίνδυνοι μπορεί να έχουν την ίδια αιτία και συνεπώς είναι πιθανό να συμβούν ταυτόχρονα. Αυτή η πιθανότητα αντιμετωπίζεται συνήθως μέσω συσχέτισης των κινδύνων που συνδέονται μεταξύ τους, ώστε να εξασφαλισθεί ότι γενικά συμβαίνουν ταυτόχρονα κατά την ανάλυση. Ένας άλλος τρόπος αναπαράστασης των κινδύνων που εμφανίζονται ταυτόχρονα είναι η χρήση μητρώου καταγραφής κινδύνων ή των αιτιών τους και η σύνδεσή του σε πολλαπλά στοιχεία του έργου όπως το χρονοδιάγραμμα δραστηριοτήτων ή στοιχεία κόστους. Όταν ένας συγκεκριμένος κίνδυνος συμβαίνει, τα επηρεαζόμενα στοιχεία βιώνουν την επίδραση αυτού του κινδύνου μαζί.

2.2.2 Εργαλεία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων

Η ποσοτική ανάλυση κινδύνων βασίζεται σε μια πληθώρα τεχνικών, μεθόδων και μοντέλων από διάφορους κλάδους, που βασίζονται σε αριθμητικά αποτελέσματα που εκφράζουν το επίπεδο του κινδύνου. Αυτές οι μέθοδοι είναι συνήθως πιο ακριβείς και μπορούν πολύ πιο εύκολα να αποτυπωθούν μέσα από κατάλληλο λογισμικό.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην ποσοτική ανάλυση κινδύνων εντάσσονται στις παρακάτω πέντε κατηγορίες (www.ceopedia.org, 2018):

- Στατιστικές
- Μαθηματικές
- Υποθετικές/Βασισμένες σε σενάριο
- Γραφικές
- Εμπειρογνωμόνων

Στη συνέχεια, θα αναλυθούν εκτενώς τα κυριότερα εργαλεία που χρησιμοποιούνται στην ποσοτική ανάλυση κινδύνων, όπως αυτά παρουσιάζονται στη βιβλιογραφία και στα πρότυπα διαχείρισης κινδύνων. Τα παρακάτω εργαλεία δεν είναι όλα τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων, ωστόσο είναι τα πιο γνωστά και ευρέως χρησιμοποιούμενα, για αυτό και στην παρούσα διπλωματική επιλέχθηκε να αναλυθούν μόνο αυτά.

2.2.2.1 Ανάλυση ευαισθησίας (Sensitivity analysis)

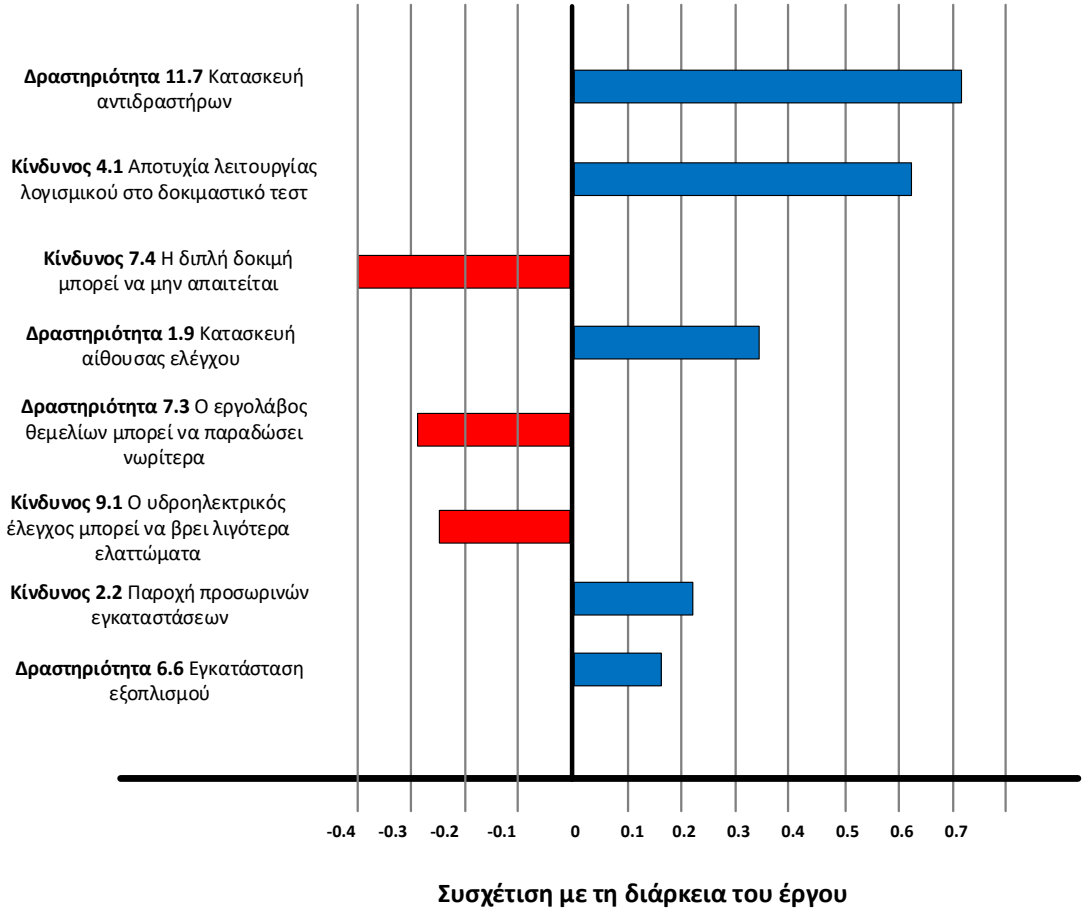
Κοιτώντας κανείς τη μεθοδολογία ανάλυσης ευαισθησίας, η προσοχή εστιάζεται στο γεγονός ότι η μέθοδος αυτή αποτελεί, στην ουσία, μια προσομοίωση. Η μέθοδος αυτή υποστηρίζει την εξεύρεση των παραγόντων κινδύνων που έχουν την μεγαλύτερη επίπτωση στους στόχους ενός έργου. Βοηθά στην κατανόηση της συσχέτισης μεταξύ των μεταβολών στους στόχους του έργου και τις μεταβολές σε διάφορες πηγές αβεβαιότητας. Δηλαδή, εξετάζει το βαθμό στον οποίο η αβεβαιότητα κάθε στοιχείου του έργου επηρεάζει τον επιδιωκόμενο στόχο όταν διατηρούνται όλα τα άλλα στοιχεία αβεβαιότητας στις αρχικές τιμές του (Tworek, P., 2014). Σε μοντέλα τα οποία περιέχουν πολλαπλές μεταβλητές εισόδου, η ανάλυση ευαισθησίας είναι απαραίτητο συστατικό.

Η διαδικασία επανυπολογισμού των αποτελεσμάτων κάτω από εναλλακτικές υποθέσεις για τον καθορισμό μιας μεταβλητής μέσω της ανάλυσης ευαισθησίας μπορεί να είναι χρήσιμη για ένα μεγάλο εύρος σκοπών, όπως (EU Science Hub , 2016):

- Η εξέταση της στιβαρότητας των αποτελεσμάτων ενός μοντέλου ή συστήματος, υπό την επιρροή της αβεβαιότητας.
- Αυξημένη κατανόηση της συσχέτισης μεταξύ μεταβλητών εισόδου και μεταβλητών εξόδου σε ένα μοντέλο ή σύστημα.
- Μείωση της αβεβαιότητας, μέσω της αναγνώρισης των εισόδων στο μοντέλο που προκαλούν σημαντική αβεβαιότητα στις εξόδους. Θα πρέπει λοιπόν η προσοχή να εστιαστεί σε αυτές, προκειμένου να ενισχυθεί η στιβαρότητα.

- Αναζήτηση σφαλμάτων στο μοντέλο, μέσω της αντιμετώπισης απρόβλεπτων συσχετίσεων μεταξύ μεταβλητών εισόδου και εξόδου.
- Απλοποίηση του μοντέλου, μέσω του καθορισμού των εισόδων του μοντέλου οι οποίες δεν έχουν καμία επίδραση στις εξόδους ή μέσω του εντοπισμού και της αφαίρεσης των περιττών στοιχείων της δομής του μοντέλου.
- Ενίσχυση της επικοινωνίας μεταξύ κατασκευαστών μοντέλων και υπεύθυνων λήψης αποφάσεων, κάνοντας, για παράδειγμα, τις συστάσεις πιο αξιόπιστες, κατανοητές, επιτακτικές ή πειστικές.
- Εύρεση περιοχών στις εισόδους για τις οποίες οι έξοδοι του μοντέλου είναι είτε μέγιστες, είτε ελάχιστες είτε ικανοποιούν κάποιο βέλτιστο κριτήριο.
- Σε περιπτώσεις βαθμονόμησης μοντέλων με μεγάλο αριθμό παραμέτρων, μια βασική δοκιμή ευαισθησίας μπορεί να διευκολύνει το στάδιο βαθμονόμησης. Η μη γνώση της ευαισθησίας των παραμέτρων μπορεί να οδηγήσει στη σπατάλη χρόνου σε μη ευαίσθητες μεταβλητές.
- Η αναζήτηση των σημαντικών συνδέσεων μεταξύ παρατηρήσεων, εισόδων του μοντέλου και προβλέψεων, ώστε να αναπτυχθούν καλύτερα μοντέλα.

Μια τυπική αναπαράσταση της ανάλυσης ευαισθησίας είναι το διάγραμμα κυκλώνα (Tornado diagram), το οποίο είναι χρήσιμο για την σύγκριση σχετικής σημαντικότητας και της επίδρασης των μεταβλητών που έχουν το μεγαλύτερο βαθμό αβεβαιότητας σε σχέση με αυτές που είναι πιο σταθερές (PMI, 2017). Το διάγραμμα κυκλώνα παρουσιάζει τον συντελεστή συσχέτισης κάθε στοιχείου του μοντέλου ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων που μπορούν να επηρεάσουν το αποτέλεσμα. Στο διάγραμμα αυτό μπορεί να περιλαμβάνονται μεμονωμένοι κίνδυνοι του έργου, δραστηριότητες του έργου με μεγάλο βαθμό μεταβλητότητας, ή συγκεκριμένες πηγές ασάφειας. Τα στοιχεία διατάσσονται κατά φθίνουσα σειρά με βάση το βαθμό συσχέτισης, δημιουργώντας την τυπική μορφή ενός κυκλώνα. Στον κάθετο άξονα περιέχεται κάθε στοιχείο αβεβαιότητας και στον οριζόντιο άξονα αποτυπώνεται η έκταση ή συσχέτιση της αβεβαιότητας με την υπό εξέταση έξοδο. Ένα ενδεικτικό διάγραμμα κυκλώνα παρουσιάζεται στο σχήμα 2-10.



Σχήμα 2-10: Ενδεικτικό διάγραμμα κυκλώνα (PMI, 2017)

Η ανάλυση ευαισθησίας, ως μέθοδος, περιλαμβάνει τα εξής θετικά στοιχεία:

- Χρησιμοποιείται στην αναγνώριση κινδύνων, εντοπίζοντας περιοχές που απαιτούν μια βαθύτερη ανάλυση (Tworek, P., 2014).
- Είναι κυρίως χρήσιμη στην ανάπτυξη έργων, για τα οποία οι κίνδυνοι δεν έχουν ακόμα αναλυθεί ή δεν υπάρχει εμπειρία από αντίστοιχα έργα στο παρελθόν.
- Τα αποτελέσματά της, όπως η γνώση της επίπτωσης μιας συγκεκριμένης μεταβλητής στους στόχους του έργου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλες μεθόδους ανάλυσης κινδύνων.
- Παρουσιάζει όλες τις καμπύλες ή ράβδους ευαισθησίας σε ένα διάγραμμα, συνεπώς διευκολύνεται η άμεση σύγκριση μεταξύ των διαφόρων μεταβλητών.
- Μπορεί να έχει πολλαπλά αποτελέσματα και μια πιο ρεαλιστική, ίσως πιο πολύπλοκη, διαδικασία λήψης αποφάσεων (Skrtic, M. M. & Horvatincic, K., 2014).

Η ανάλυση ευαισθησίας, βέβαια, έχει και ορισμένα μειονεκτήματα, τα οποία αποτυπώνονται στη συνέχεια:

- Κάνει χρήση απλουστευτικών υποθέσεων, συχνά ασυνεπείς σε σχέση με την πραγματικότητα, όταν εξετάζει αλλαγές σε συγκεκριμένες μεταβλητές. Αυτό το μειονέκτημα μπορεί να εξαλειφθεί μέσω της χρήσης ανάλυσης σεναρίων.
- Οι κίνδυνοι σε έργα εξαρτώνται τόσο από την ευαισθησία ενός κριτηρίου της λήψης αποφάσεων στις αλλαγές μεταβλητών εισόδου και στο εύρος των πιθανών τιμών των μεταβλητών αυτών, το οποίο αντανακλάται στην κατανομή πιθανότητάς τους. Η ανάλυση ευαισθησίας λαμβάνει υπόψη μόνο τον πρώτο παράγοντα, συνεπώς είναι ελλιπής. Το μειονέκτημα αυτό είναι δυνατόν να αντιμετωπιστεί με τη χρήση ανάλυσης μέσω προσομοίωσης (Tworek, P., 2014).
- Η ανάλυση ευαισθησίας σχεδόν πάντα πραγματοποιείται μέσω της εκτέλεσης ενός μοντέλου πολλές φορές. Αυτό αποτελεί πρόβλημα όταν η κάθε εκτέλεση απαιτεί σημαντικό χρόνο, το οποίο δεν είναι σπάνιο σε πολύπλοκα έργα. Αυτό το πρόβλημα εντοπίζεται και όταν το μοντέλο έχει μεγάλο αριθμό μεταβλητών εισόδου, δημιουργώντας έτσι ένα πολυδιάστατο μοντέλο προς ανάλυση.
- Πολλές μέθοδοι ανάλυσης ευαισθησίας υποθέτουν ανεξαρτησία μεταξύ των μεταβλητών εισόδου, παρά το γεγονός ότι συχνά ισχύει το αντίθετο. Το ίδιο ισχύει και σε περιπτώσεις μεθόδων που χρησιμοποιούν υποθέσεις γραμμικότητας, αλλά και στην περίπτωση όπου υποτίθεται ανεξαρτησία των μεταβλητών εξόδων.

2.2.2.2 Δένδρο αποφάσεων (Decision tree analysis)

Το δένδρο αποφάσεων είναι ένα εργαλείο λήψης αποφάσεων και ανάλυσης των πιθανών συνεπειών τους. Κάθε κλαδί του δένδρου αποτυπώνει και ένα πιθανό ενδεχόμενο. Συνεπώς, η μέθοδος χρησιμοποιεί μεγάλο αριθμό εναλλακτικών αποφάσεων, λαμβάνοντας υπόψη και την πιθανότητα πραγματοποίησης του κάθε σεναρίου. Έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι απλά και οδηγούν στην επιλογή μιας εναλλακτικής μεταξύ πολλών.

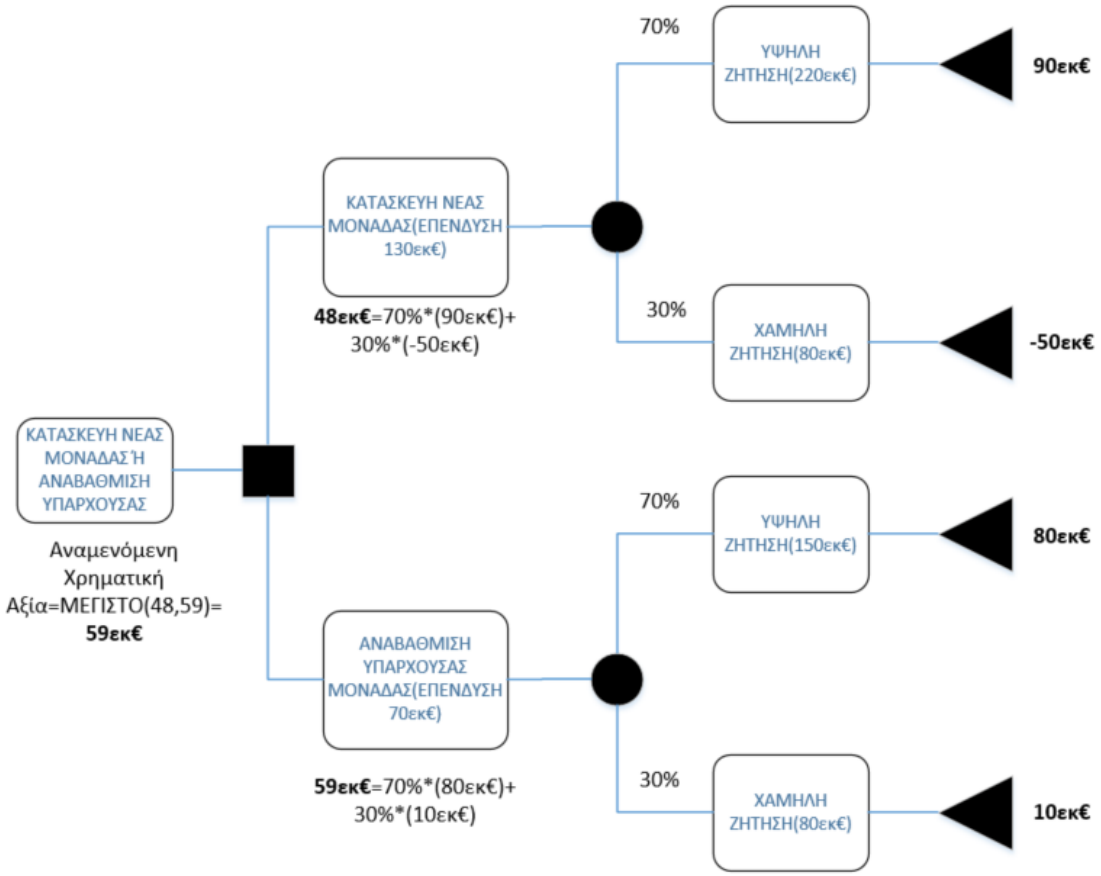
Η διαμόρφωση του δέντρου αποτελείται από τα εξής τέσσερα στοιχεία (Tworek, P., 2014):

- Σημεία απόφασης, δηλαδή στιγμές κατά τις οποίες ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων πρέπει να επιλέξει μεταξύ πολλαπλών εναλλακτικών περαιτέρω πορείας δράσης. Από κάθε σημείο απόφασης ακολουθείται συγκεκριμένη πορεία δράσης που οδηγεί σε συγκεκριμένα γεγονότα.
- Σημεία αποτελεσμάτων, δηλαδή σημεία στα οποία αποτυπώνεται κάθε πιθανό ενδεχόμενο που προκύπτει από την επιλεγμένη πορεία δράσης.
- Πιθανά αποτελέσματα κάθε πορείας δράσης.
- Πιθανότητες πραγματοποίησης μελλοντικών γεγονότων τα οποία έχουν επίπτωση στα αποτελέσματα.

Τα δένδρα ανάλυσης αποφάσεων χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τη μέθοδο αναμενόμενης χρηματικής αξίας, ώστε να υπολογισθούν αριθμητικά οι εναλλακτικές. Τα βήματα που ακολουθούνται κατά τη μέθοδο αυτή είναι τα παρακάτω (Hulett, D. T., 2006):

- Αναγνώριση των σημείων απόφασης και αποτελεσμάτων
- Κατασκευή του δένδρου αποφάσεων
- Εκτίμηση των αριθμητικών τιμών κάθε εναλλακτικής απόφασης
- Υπολογισμός της τιμής κάθε μονοπατιού
- Εκτίμηση της πιθανότητας
- Επίλυσης του δέντρου

Στο σχήμα 2-11 παρουσιάζεται ενδεικτικά ένα παράδειγμα δένδρου αποφάσεων σε συνδυασμό με τη μέθοδο αναμενόμενης χρηματικής αξίας.



Σχήμα 2-11: Δένδρο λήψης αποφάσεων (PMI, 2017)

Η επιτυχής εφαρμογή των δένδρων αποφάσεων προϋποθέτει την προσεκτική δόμηση του δένδρου. Δηλαδή, όλες οι εναλλακτικές αποφάσεις θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Επιπλέον, απαιτείται πρόσβαση σε δεδομένα υψηλής ποιότητας σχετικά με την πιθανότητα, το κόστος και την αμοιβή της κάθε απόφασης και γεγονότος μέσω της χρήσης ιστορικών δεδομένων και της κρίσης εμπειρογνωμόνων. Απαιτείται η διαθεσιμότητα και η κατανόηση του απαιτούμενου εξειδικευμένου λογισμικού για τη μοντελοποίηση και επίλυση του δένδρου αποφάσεων (PMI, 2017).

Το δένδρο αποφάσεων, σαν μέθοδος, περιλαμβάνει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Είναι μια μέθοδος απλή στην σύλληψη και κατανόηση.
- Έχει αξία ακόμα και με λίγα απτά δεδομένα. Σημαντικές πληροφορίες μπορούν να προκύψουν με βάση εμπειρογνώμονες που περιγράφουν την κατάσταση, δηλαδή τις εναλλακτικές λύσεις, τις πιθανότητες και το κόστος, τις προτιμήσεις τους και τα αποτελέσματα.
- Επιτρέπει την προσθήκη νέων πιθανών σεναρίων.
- Βοηθά στην κατανόηση, της χειρότερης, καλύτερης και αναμενόμενης τιμής (σε συνδυασμό με τη μέθοδο αναμενόμενης τιμής) για διαφορετικά σενάρια.

- Συνδυάζεται εύκολα με άλλες μεθόδους λήψης αποφάσεων.
- Προκαλεί τον οργανισμό να δομήσει τα κόστη και οφέλη των αποφάσεων όταν τα αποτελέσματα είναι καθορισμένα εν μέρει από κινδύνους και την αβεβαιότητα (Tworek, P., 2014).
- Η επίλυση του δένδρου αποφάσεων υποβοηθά την επιλογή αποφάσεων που προσφέρουν την μεγαλύτερη αναμενόμενη χρηματική αξία ή αναμενόμενη χρησιμότητα στον οργανισμό.

Φυσικά, η μέθοδος αυτή περιέχει και ορισμένα μειονεκτήματα. Αυτά είναι τα εξής:

- Είναι ασταθή, δηλαδή μια μικρή αλλαγή στα δεδομένα μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλη αλλαγή της δομής του βέλτιστου δένδρου.
- Είναι συχνά σχετικά ανακριβής. Αυτό το μειονέκτημα μπορεί να αντιμετωπιστεί μερικώς με την αντικατάσταση του δένδρου αποφάσεων σε δάσος αποφάσεων, το οποίο όμως δεν είναι εύκολο να ερμηνευθεί.
- Ο υπολογισμός μπορεί να γίνει πολύ πολύπλοκος, ειδικά στην περίπτωση που πολλές μεταβλητές είναι αβέβαιες ή αν πολλά αποτελέσματα είναι συνδεδεμένα.
- Η πιθανότητα πραγματοποίησης μπορεί να είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθεί στην περίπτωση που υπάρχει έλλειψη ιστορικών δεδομένων (Skrtic, M. M. & Horvatincic, K., 2014).
- Η ανάλυση μέσω του δένδρου αποφάσεων σε περιπτώσεις πολύπλοκων καταστάσεων απαιτεί εξειδικευμένο λογισμικό.
- Είναι συχνά δύσκολη η διαμόρφωση της δομής του δένδρου αποφάσεων.
- Ο οργανισμός μπορεί να μην λαμβάνει αποφάσεις με βάση ένα γραμμικό μοντέλο αναμενόμενης τιμής αλλά ένα μη γραμμικό μοντέλο χρησιμότητας, το οποίο είναι δύσκολο να καθοριστεί.
- Μπορεί να υπάρξει μερική αντίσταση στη χρήση τεχνικών προσεγγίσεων στη λήψη αποφάσεων.

2.2.2.3 Αναμενόμενη χρηματική αξία(Expected monetary value)

Η αναμενόμενη χρηματική αξία είναι μια μέθοδος απλού υπολογισμού της αξίας μιας μεταβλητής, όπως ο σταθμισμένος μέσος ή το αναμενόμενο κόστος ή όφελος όταν το αποτέλεσμα είναι αβέβαιο. Αναγνωρίζονται και λαμβάνονται υπόψη όλες οι λογικές εναλλακτικές, εκτιμούνται οι πιθανότητες εμφάνισης και οι τιμές τους. Οι

ευκαιρίες συμβολίζονται με θετική χρηματική αξία, ενώ οι απειλές με αρνητική χρηματική αξία. Η μέθοδος αναμενόμενης χρηματικής αξίας λαμβάνει υπόψη όλα τα πιθανά ενδεχόμενα και τις πιθανότητές τους για κάθε εναλλακτική στρατηγική, ή στην περίπτωση της διαχείρισης κινδύνων, την επίδραση του κάθε κινδύνου αποτυπωμένη σε χρηματική αξία (Stefanovic, M. & Stefanovic, I. L., 2005), όπως αποτυπώνεται στον πίνακα 2.

Πίνακας 1-2: Παράδειγμα υπολογισμού αναμενόμενης χρηματικής αξίας

Παράδειγμα εφαρμογής μεθόδου Αναμενόμενης Χρηματικής Αξίας			
Αβέβαιο αποτέλεσμα	Επίδραση(χιλ.€)	Πιθανότητα(%)	Συνεισφορά στην Αναμενόμενη χρηματική Αξία
Κίνδυνος 1	800	10	80
Κίνδυνος 2	-350	15	-52.5
Κίνδυνος 3	310	40	124
Κίνδυνος 4	-275	20	-55
Κίνδυνος 5	-170	25	-42.5
Συνολική Αναμενόμενη Χρηματική Αξία			**54**

Η μέθοδος αυτή αποτελεί συνηθισμένη πρακτική στη διαχείριση κινδύνων και χρησιμοποιείται σε μεσαία, μεγάλα και πολύπλοκα έργα. Παρότι επιφανειακά μπορεί να μοιάζει πολύπλοκη μέθοδος, στην πραγματικότητα είναι ιδιαίτερα απλή και περιλαμβάνει πολύ ελαφρές μαθηματικές πράξεις. Η αξία της μεθόδου αυτής γίνεται περισσότερο κατανοητή όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τη μέθοδο του δένδρου αποφάσεων. Η μέθοδος αναμενόμενης χρηματικής αξίας βοηθά τους διαχειριστές του έργου με δύο τρόπους. Πρώτον, βοηθά στην εκτίμηση του απαιτούμενου ποσού που χρειάζεται για τη διαχείριση όλων των αναγνωρισμένων κινδύνων. Δεύτερον, βοηθά στην επιλογή των ενεργειών που απαιτούνται για τη διαχείριση των κινδύνων, επιλέγοντας τις επιλογές αυτές που έχουν τη μικρότερη αξία. Κρίσιμος παράγοντας επιτυχίας είναι η πρόσβαση σε ιστορικά δεδομένα ή τη γνώμη εμπειρογνωμόνων σχετικά με την τιμή της πιθανότητας και της επίπτωσης των διαφόρων επιλογών. Επιπλέον, απαιτείται κατανόηση της διαφοράς μεταξύ της αναμενόμενης χρηματικής αξίας και των αποτελεσμάτων εργαλείων προσομοίωσης, όπως η προσομοίωσης Monte Carlo.

Η μέθοδος της αναμενόμενης χρηματικής αξίας παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα (PMI, 2017):

- Επιτρέπει τον υπολογισμό της σταθμισμένης ή αναμενόμενης μέσης τιμής ενός γεγονότος που περιλαμβάνει αβέβαια αποτελέσματα.
- Λειτουργεί πολύ καλά όταν συνδυάζεται με τη μέθοδο του δένδρου αποφάσεων.
- Η μέθοδος της αναμενόμενης χρηματικής αξίας ενσωματώνει τόσο την πιθανότητα όσο και την επίπτωση των αβέβαιων γεγονότων.
- Είναι μια απλή υπολογιστική μέθοδος που δεν απαιτεί εξειδικευμένο λογισμικό

Η μέθοδος αυτή, όμως, εμφανίζει και ορισμένα μειονεκτήματα:

- Ο υπολογισμός της πιθανότητας των εμφανιζόμενων επικίνδυνων γεγονότων και της επίδρασής τους είναι συχνά δύσκολο να πραγματοποιηθεί.
- Η μέθοδος αναμενόμενης χρηματικής αξίας παρέχει μόνο την αναμενόμενη τιμή αβέβαιων γεγονότων. Όμως, οι αποφάσεις σχετικά με τους κινδύνους συχνά απαιτούν περισσότερες πληροφορίες από αυτές που μπορεί να παρέχει η μέθοδος αυτή.
- Η μέθοδος της αναμενόμενης χρηματικής αξίας χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου η χρήση προσομοίωσης Monte Carlo θα ήταν πιο κατάλληλη και παρέχει περισσότερες πληροφορίες για τους κινδύνους.

2.2.2.4 Προσομοίωση Monte Carlo(Monte Carlo simulation)

Η προσομοίωση Monte Carlo είναι μια λεπτομερείς, υπολογιστική μαθηματική μέθοδος προσομοίωσης των δραστηριοτήτων ενός έργου που χρησιμοποιείται στην ποσοτικοποίηση κινδύνων κατά τη διοίκηση έργων για τον καθορισμό της τιμής και της πιθανότητας εμφάνισης διαφόρων αποτελεσμάτων στους στόχους του έργου, όπως το χρονοδιάγραμμα ή το συνολικό κόστος του έργου (Kandaswamy S., 2001). Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει τον καθορισμό των αναγνωρισμένων κινδύνων μέσω της πραγματοποίησης μεγάλου αριθμού προσομοιώσεων για την αναγνώριση της μεταβλητότητας μιας διαδικασίας και τον καθορισμό των αποτελεσμάτων μέσα από διαφορετικά κάθε φορά σενάρια. Πραγματοποιείται μια τυχαία επιλογή δείγματος με εύρη καθορισμένα από διάφορες μεταβλητές εισόδου που περιέχουν το στοιχείο του

κινδύνου. Οι μεταβλητές εισόδου που χρησιμοποιούνται στηρίζονται σε ένα καθορισμένο μαθηματικό μοντέλο, το οποίο συνήθως αποτυπώνει τις κατανομές πιθανότητας της κάθε δραστηριότητας του έργου. Κατά κύριο λόγο, οι μεταβλητές εισόδου αποτυπώνουν χρονικά στοιχεία, όπως η διάρκεια κάθε δραστηριότητας εντός του έργου, ή στοιχεία κόστους, όπως το κόστος κάθε δραστηριότητας. Η μέθοδος αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη κατά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων, καθώς υποστηρίζει την κατανόηση πολλαπλών πιθανών σεναρίων και την επίπτωση που έχουν οι αναγνωρισμένοι κίνδυνοι στους στόχους του έργου.

Η μέθοδος αυτή έχει εφαρμογή σε ένα μεγάλο εύρος επιστημονικών πεδίων. Ενδεικτικά, χρησιμοποιείται στη φυσική και τη χημεία για την εξέταση θερμικής και αεροδυναμικής συμπεριφοράς διαφόρων υλικών, ακόμα και στην ανάλυση της εξέλιξης του γαλαξία ή την πρόγνωση του καιρού. Χρησιμοποιείται ευρέως στο χώρο της μηχανικής για την ανάλυση της ευαισθησίας ή την ποσοτική ανάλυση πιθανοτήτων στο σχεδιασμό διαδικασιών. Για παράδειγμα, χρησιμοποιείται στην μηχανική της αξιοπιστίας (reliability engineering) για την ανάλυση της συμπεριφοράς των στοιχείων ενός συστήματος υπό καθεστώς αβεβαιότητας. Χρησιμοποιείται ακόμα σε ενεργειακές εφαρμογές, όπως στην πρόβλεψη της απόδοσης ενός αιολικού πάρκου, δίνοντας διαφορετικά επίπεδα αβεβαιότητας. Επιπλέον, η μέθοδος προσομοίωσης Monte Carlo έχει εφαρμογή σε πολλά προβλήματα της εφαρμοσμένης στατιστικής, της τεχνητής νοημοσύνης, των χρηματοοικονομικών, ακόμα και σε νομικά προβλήματα.

Στη συνέχεια, κρίνεται σκόπιμο να αναλυθούν τα βήματα που ακολουθούνται κατά την εφαρμογή της προσομοίωσης Monte Carlo (Wyrozebski, P. & Wyrozebska, A., 2013).

1. <u>Καθορισμός του αντικειμένου του προβλήματος και του σκοπού της ανάλυσης.</u>
2. <u>Αναγνώριση των κυρίαρχων μεταβλητών κινδύνου του έργου.</u>

   Ως μεταβλητή κινδύνων ορίζεται μια παράμετρος η οποία είναι κρίσιμη για την επιτυχία του έργου, συνεπώς ακόμα και μια μικρή αλλαγή στη συμπεριφορά της μπορεί να έχει αρνητική επίδραση στο έργο. Οι μεταβλητές κινδύνων ενός έργου συνήθως απομονώνονται μέσω της εφαρμογής ανάλυσης ευαισθησίας ή ανάλυσης αβεβαιότητας. Η ανάλυση ευαισθησίας χρησιμοποιείται για την αναγνώριση των κρίσιμων μεταβλητών. Απαιτείται όμως και η εφαρμογή ανάλυσης αβεβαιότητας, μέσω της οποίας θα κατανοηθεί ποσοτικά ποιες μεταβλητές έχουν μεγάλη επίδραση στο έργο.
3. <u>Αναγνώριση των ορίων των μεταβλητών του έργου.</u>

Το βήμα αυτό περιλαμβάνει τον καθορισμό της μέγιστης και ελάχιστης τιμής για κάθε αναγνωρισμένη μεταβλητή κινδύνου. Το βήμα αυτό διευκολύνεται σε περίπτωση ύπαρξης ιστορικών δεδομένων. Σε αντίθετη περίπτωση, συνίσταται η στήριξη στην κριτική εμπειρογνωμόνων για να καθοριστούν οι πιο πιθανές τιμές.

4. Καθορισμός των πιθανοτήτων για τις καθορισμένες μεταβλητές.

   Σε αυτό το βήμα, γίνεται ο καθαρισμός της κατανομής πιθανότητας για κάθε μεταβλητή, μέσω της αξιολόγησης πολλαπλών κατανομών, όπως η κανονική, η ομοιόμορφη, η τριγωνική και η βήτα.

5. Καθιέρωση των σχέσεων για τις σχετιζόμενες μεταβλητές.

   Στο βήμα αυτό, πραγματοποιείται ο καθορισμός των συσχετίσεων μεταξύ των μεταβλητών κινδύνου. Η συσχέτιση σημαίνει πως σε περίπτωση αλλαγής σε μια μεταβλητή, πραγματοποιείται ταυτόχρονη αλλαγή και στην άλλη. Στην προσομοίωση Monte Carlo, οι μεταβλητές εισόδου επιλέγονται τυχαία για να πραγματοποιηθούν οι επαναλήψεις της προσομοίωσης. Σε περίπτωση που κάποιες μεταβλητές εισόδου παραβιάζουν κάποια συσχέτιση, η έξοδος θα είναι πιθανώς διαφορετική από το αναμενόμενο. Είναι απαραίτητο, λοιπόν, να καθορισθούν οι συσχετίσεις και να εφαρμοσθούν περιορισμοί ώστε να εξασφαλισθεί ότι η τυχαία επιλογή μεταβλητών εισόδου δεν παραβιάζει τις καθορισμένες συσχετίσεις.

6. Μοντελοποίηση του αναλυόμενου προβλήματος

   Σε αυτό το βήμα πραγματοποιείται η μοντελοποίηση του προβλήματος προς επίλυση μέσω της χρήσης λογισμικού προσομοίωσης. Εισάγονται τα διαθέσιμα δεδομένα, των ορίων των μεταβλητών, των πιθανοτήτων τους αλλά και των συσχετίσεων μεταξύ τους, τα στοιχεία δηλαδή που καθορίστηκαν στα βήματα 2-5.

7. Πραγματοποίηση της προσομοίωσης.

   Το βήμα αυτό περιλαμβάνει την πραγματοποίηση της προσομοίωσης. Συνηθίζονται 1000 επαναλήψεις, συνίσταται όμως η επιλογή 10000 επαναλήψεων για να υπάρξει ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα.

8. Στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης.

   Κάθε επανάληψη της προσομοίωσης αντικατοπτρίζει την πιθανότητα εμφάνισης ενός κινδύνου. Σχεδιάζεται το διάγραμμα κατανομής αθροιστικής πιθανότητας που χρησιμοποιείται στην ερμηνεία της πιθανότητας και ελέγχεται αν αυτή είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη μιας συγκεκριμένης τιμής.

Το διάγραμμα κατανομής αθροιστικής πιθανότητας χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση του συνολικού κινδύνου στο έργο.

Φυσικά, τα αποτελέσματα της προσομοίωσης θα πρέπει να αναλύονται συνολικά από την ομάδα έργου και να συνδυάζονται με άλλες μεθόδους διαχείρισης κινδύνων ώστε να προκύψει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για το μέλλον του έργου. Σε περίπτωση μη συνδυασμού πολλών μεθόδων, είναι πιθανή η δημιουργία αδικαιολόγητης εμπιστοσύνης στην πρόβλεψη και να οδηγήσει σε δυσμενή αποτελέσματα για το έργο (Sturiale, A., Chicca, L. & Gerosa, S., 2017). Η μέθοδος αυτή, προκειμένου να είναι επιτυχημένη, θα πρέπει να δημιουργήσει ένα καλό μοντέλο του έργου, το οποίο θα περιλαμβάνει τουλάχιστον εκτιμήσεις κόστους και χρόνου. Ιδιαίτερα κρίσιμος παράγοντας επιτυχίας θεωρείται η πρόσβαση σε ποιοτικά δεδομένα για τους κινδύνους, συμπεριλαμβανομένης της επίδρασης των κινδύνων στους στόχους του έργου. Τέλος, απαιτείται η χρήση των κατάλληλων εργαλείων προσομοίωσης.

Η προσομοίωση Monte Carlo παρουσιάζει ως μέθοδος ορισμένα πλεονεκτήματα:

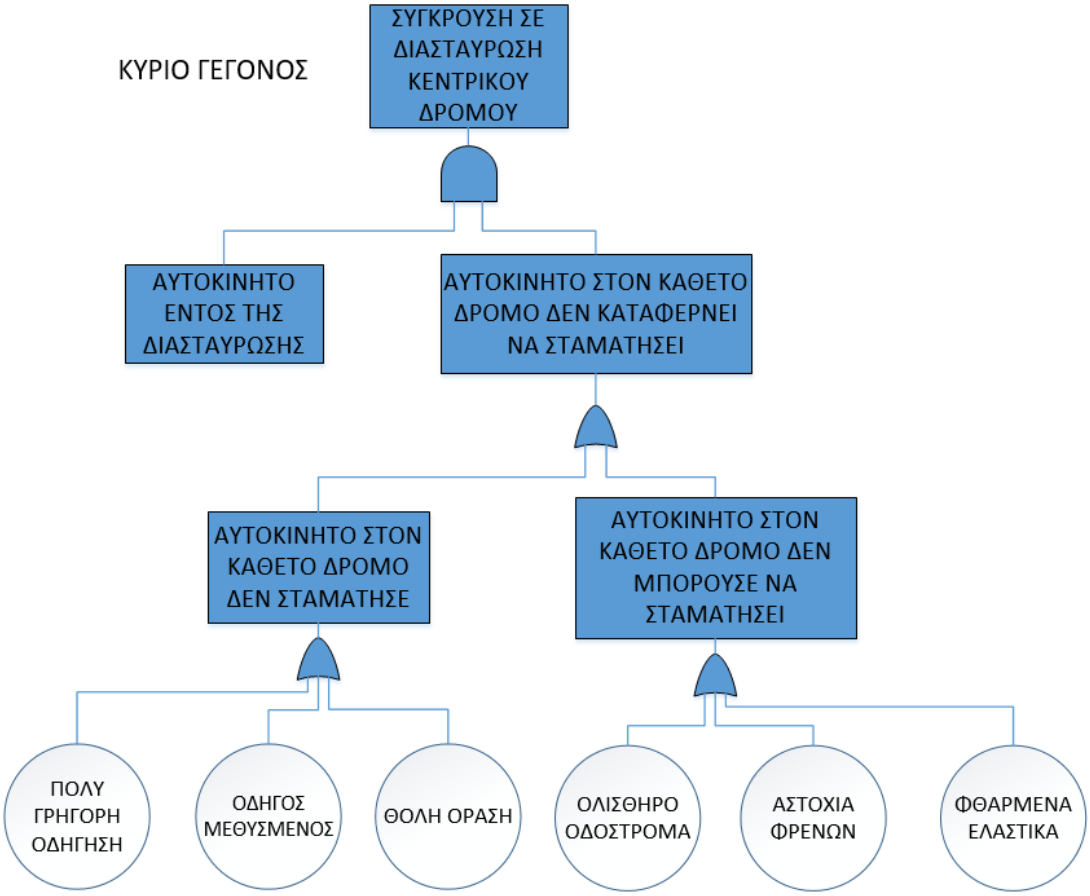
- Χρησιμοποιείται κυρίαρχα στην ανάλυση κινδύνων για το χρονοδιάγραμμα και το κόστος του έργου σε στρατηγικές αποφάσεις.
- Επιτρέπει την ταυτόχρονη εναλλαγή όλων των καθορισμένων κινδύνων.
- Υπολογίζει ποσοτικές εκτιμήσεις του συνολικού κινδύνου στο έργο, αποτυπώνει την πραγματικότητα πως πολλοί κίνδυνοι μπορεί να εμφανιστούν ταυτόχρονα στο έργο.
- Παρέχει απαντήσεις στις εξής ερωτήσεις 1) πόσο πιθανό είναι το βασικό σχέδιο να είναι πετυχημένο, 2) πόσα αποθέματα έκτακτης ανάγκης σε χρόνο και κόστος χρειάζονται για να επιυευχθεί το επιθυμητό επίπεδο εμπιστοσύνης και 3) ποιες δραστηριότητες είναι σημαντικές για τον καθορισμό του συνολικού κινδύνου στο έργο (Skrtic, M. M. & Horvatincic, K., 2014).
- Είναι μια στοχαστική μέθοδος, εύκολο να υπολογιστεί με πολλαπλές εισόδους (Tworek, P., 2014)
- Επιτρέπει την χρήση κατανομών πιθανότητας αντί της εκτίμησης ενός σημείου.
- Παρέχει πιο αντιπροσωπευτικές εκτιμήσεις των κινδύνων, υπό την προϋπόθεση ότι οι αρχικές υποθέσεις είναι λογικές.
- Είναι αρκετά γρήγορη σε μοντέρνους υπολογιστές.
- Βοηθά στην επίτευξη της υποστήριξης από την διοίκηση, όσον αφορά τη διαχείριση κινδύνων.

Η μέθοδος αυτή, όμως, περιλαμβάνει και ορισμένα μειονεκτήματα:

- Το χρονοδιάγραμμα δεν είναι εύκολο να σχεδιαστεί και συχνά δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εργαλεία προσομοίωσης χωρίς σημαντική στήριξη ειδικών για την αφαίρεση σφαλμάτων (Skrtic, M. M. & Horvatincic, K., 2014).
- Η ποιότητα των δεδομένων εξαρτάται σημαντικά από την κρίση των ειδικών και την προσπάθεια και εμπειρία του αναλυτή κινδύνων.
- Η προσομοίωση, μερικές φορές, δεν υποστηρίζεται από τη διοίκηση, καθώς θεωρείται εκλεπτυσμένη και αχρείαστη μέθοδος σε σχέση με τα παραδοσιακά εργαλεία διαχείρισης έργων.
- Η προσομοίωση Monte Carlo απαιτεί εξειδικευμένο λογισμικό που πρέπει να αποκτηθεί και να γίνει εκπαίδευση σε αυτό.
- Σε περίπτωση που τα δεδομένα που εισέρχονται δεν περιλαμβάνουν και ευκαιρίες και απειλές, θα παράγει μη ρεαλιστικά αποτελέσματα.
- Στην περίπτωση επιλογής κατανομών, αυτές διαμορφώνονται αποκλειστικά με βάση την προηγούμενη εμπειρία.

2.2.2.5 Δένδρο σφαλμάτων (Fault tree analysis)

Το δένδρο σφαλμάτων αντικατοπτρίζει την ανάλυση ενός μοντέλου, δομημένο με σκοπό την αναγνώριση των διαφόρων στοιχείων που μπορούν να προκαλέσουν αστοχία του συστήματος από μόνα τους ή σε συνδυασμό με άλλα στοιχεία. Μπορεί να προσαρμοστεί ώστε να αναγνωρίζει κινδύνους, μέσω της ανάλυσης της επίπτωσής τους. Ένα άλλο αποτέλεσμα που μπορεί να δώσει η μέθοδος αυτή είναι η πιθανότητα αστοχίας (ή αξιοπιστίας) όλου του συστήματος, φανερώνοντας ουσιαστικά το επίπεδο ποιότητας του συστήματος ή προϊόντος (Ruijters, E. & Stoelinga, M., 2014). Αν το επίπεδο αξιοπιστίας δεν είναι αποδεκτό, το δένδρο σφαλμάτων μπορεί να καταδείξει τα σημεία του συστήματος που επιδέχονται βελτίωση στην αξιοπιστία τους. Ένα παράδειγμα δένδρου σφαλμάτων αποτυπώνεται στο σχήμα 2-12.



Σχήμα 2-12: Δένδρο σφαλμάτων (PMI, 2017)

Το δένδρο σφαλμάτων βασίζεται στην ανάλυση ενός κύριου γεγονότος, το οποίο θεωρείται μεγάλης σημασίας για το έργο. Το γεγονός αυτό πρέπει να θεωρηθεί ως αστοχία και να επιδιωχθεί η αποφυγή του. Παράδειγμα τέτοιου γεγονότος μπορεί να είναι η καθυστέρηση παράδοσης ενός έργου, αν ο χρόνος αποτελεί περιορισμό. Για κάθε δένδρο σφαλμάτων μπορεί να υπάρχει μόνο ένα κύριο γεγονός, για αυτό και προτείνεται ο σχεδιασμός πολλών δένδρων για τα διάφορα γεγονότα, αν το έργο είναι μεγάλο και πολύπλοκο ή αν υπάρχουν πολλά κύρια γεγονότα που θεωρούνται μεγάλης σημασίας. Μόλις οριστεί το κύριο γεγονός, πρέπει να αναγνωριστούν οι κύριοι αιτιώδεις παράγοντες. Είναι σημαντικό το τελευταίο επίπεδο γεγονότων να ορίζονται ως μεμονωμένες ενέργειες, όπου περεταίρω ανάλυση θεωρείται αχρείαστη για τη συνολική ανάλυση του δένδρου σφαλμάτων. Τέλος, υπολογίζεται η πιθανότητα εμφάνισης του κύριου γεγονότος με χρήση άλγεβρας Boolean ώστε να εξεταστεί η αξιοπιστία του δένδρου σφαλμάτων.

Τα βήματα της ανάλυσης δένδρων σφαλμάτων συνοψίζονται στα εξής:

1) Καθορισμός της ανεπιθύμητης κατάστασης προς μελέτη.

   Ο καθορισμός αυτός μπορεί να είναι αρκετά δύσκολος να γίνει, παρόλο που κάποια γεγονότα μπορεί να είναι εύκολο να παρατηρηθούν. Ένας μηχανικός με ευρεία γνώση του σχεδιασμού του συστήματος είναι το κατάλληλο πρόσωπο για τον καθορισμό των ανεπιθύμητων καταστάσεων. Κάθε ανεπιθύμητο γεγονός αντιστοιχεί σε ένα και μόνο δένδρο σφαλμάτων.

2) Κατανόηση του συστήματος.

   Σε αυτό το βήμα μελετώνται και αναλύονται όλες οι αιτίες με πιθανότητα να επηρεάσουν την ανεπιθύμητη κατάσταση. Συνήθως ο ακριβής καθορισμός των πιθανοτήτων δεν πραγματοποιείται γιατί απαιτεί πολύ χρόνο και κόστος. Κατά το σχεδιασμό, λοιπόν, του συστήματος, οι υπεύθυνοι θα πρέπει να είναι προσεκτικοί ώστε να μην παραλείψουν κάποια αιτία. Για τα επιλεγμένα γεγονότα, όλες οι αιτίες αριθμούνται και κατατάσσονται με βάση τη σειρά εμφάνισής τους.

3) Κατασκευή του δένδρου σφαλμάτων.

   Η κατασκευή του δένδρου σφαλμάτων βασίζεται στη χρήση λογικών πυλών ΚΑΙ/Ή (AND/OR) που καθορίζουν τα κύρια χαρακτηριστικά του δένδρου σφαλμάτων.

4) Αξιολόγηση του δένδρου σφαλμάτων.

   Σε αυτό το βήμα αξιολογείται και αναλύεται κάθε πιθανή βελτίωση. Ουσιαστικά, σε αυτό το βήμα γίνεται η αναγνώριση όλων των πιθανών κινδύνων που επηρεάζουν το σύστημα κατά τρόπο άμεσο ή έμμεσο.

5) Έλεγχος των αναγνωρισμένων κινδύνων.

   Το βήμα αυτό είναι πολύ συγκεκριμένο και διαφοροποιείται σημαντικά από το ένα σύστημα στο άλλο. Η κεντρική λογική, όμως, παραμένει η ίδια, δηλαδή στοχεύει στην πραγματοποίηση όλων των πιθανών μεθόδων μείωσης της πιθανότητας εμφάνισης κινδύνων.

Έχει εφαρμογή κυρίως στους τομείς της μηχανικής της ασφάλειας (safety engineering) και της μηχανικής της αξιοπιστίας (reliability engineering). Χρησιμοποιείται στις αεροδιαστημικές, πυρηνικές, χημικές, φαρμακευτικές και άλλες βιομηχανίες υψηλού κινδύνου. Χρησιμοποιείται ακόμα και στη μηχανική του λογισμικού (software engineering) για σκοπούς εντοπισμού σφαλμάτων.

Χρήση της μεθόδου αυτής μπορεί να γίνει για τους εξής παρακάτω λόγους:

- Κατανόηση της λογικής που οδηγεί στην ανεπιθύμητη κατάσταση
- Παρακολούθηση και έλεγχος της απόδοσης του συστήματος
- Κατάλληλη διαχείριση των πόρων

- Υποστήριξη στο σχεδιασμό ενός συστήματος
- Αναγνώριση και διόρθωση των αιτιών της ανεπιθύμητης κατάστασης

Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Γραφική αναπαράσταση των κινδύνων που μπορεί να συνεισφέρουν στην αστοχία του συστήματος.
- Η συστηματική προσέγγιση της μεθόδου υποχρεώνει τον αναλυτή να κατανοήσει σε βάθος το σύστημα.
- Πολλαπλά δένδρα σφαλμάτων μπορούν να σχεδιαστούν για διαφορετικά κύρια γεγονότα.
- Είναι αρκετά ευέλικτη ώστε να ενσωματώσει διαφορετικούς αιτιολογικούς παράγοντες, όπως η ανθρώπινη συμπεριφορά και φυσικά φαινόμενα.
- Προσφέρει λογική ανάλυση των κινδύνων και των αλληλεξαρτήσεών τους. Μέσω της χρήσης λογικών πυλών, είναι δυνατή η αναγνώριση και κατανόηση των σχέσεων μεταξύ διαφόρων γεγονότων και του έργου.
- Η επέκταση του δένδρου με χρήση λογικών πυλών ΚΑΙ/Ή(AND/OR) βοηθά στην εύρεση επιπρόσθετων γεγονότων που οδηγούν σε αστοχία, που υπό άλλες συνθήκες ίσως να μην ανακαλύπτονταν λόγω αβεβαιότητας.
- Η επιλογή του κύριου γεγονότος επιτρέπει την ανάλυση διαφορετικών προοπτικών ενός έργου. Παρότι ο χρόνος και το κόστος είναι τα πιο εύκολα να μετρηθούν όσον αφορά την αστοχία, κάθε άλλος παράγοντας με καθορισμένους στόχους ή κριτήρια επιτυχίας μπορεί να μοντελοποιηθεί με αυτή τη μέθοδο.
- Το δένδρο σφαλμάτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μεγάλα και πολύπλοκα έργα και μπορούν εύκολα να αναλυθούν μέσω της χρήσης εξειδικευμένου λογισμικού.
- Εστιάζει σε μεμονωμένα στοιχεία της διαδικασίας και εξάγει συγκεκριμένα σημεία αστοχίας.

Η μέθοδος αυτή, βέβαια, περιλαμβάνει και ορισμένα μειονεκτήματα:

- Οι πιθανότητες για βέβαια γεγονότα είναι πολλές φορές άγνωστες λόγω έλλειψης δεδομένων. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ανακριβή αποτελέσματα της πιθανότητας του κύριου γεγονότος. Ο ανθρώπινος παράγοντας είναι δύσκολο να μετρηθεί και να ποσοτικοποιηθεί μέσα σε αυτό το εργαλείο.
- Δεν είναι πάντα πιθανό να είναι γνωστοί όλοι οι αιτιολογικοί παράγοντες για ένα κύριο γεγονός.

- Το δένδρο σφαλμάτων είναι ένα στατικό μοντέλο, συνεπώς ο χρόνος δεν περιλαμβάνεται, κάτι που για πολλά έργα είναι κρίσιμο.
- Παρότι το δένδρο σφαλμάτων είναι ένα ευέλικτο εργαλείο, περιλαμβάνει μόνο δυο καταστάσεις (επιτυχία/αποτυχία), επομένως μπορεί να μην είναι αρκετά ευέλικτο για ορισμένα έργα.
- Είναι δύσκολη η ενσωμάτωση υποθετικών παραγόντων.
- Είναι δύσκολο να αποτυπωθούν οι αστοχίες βαθμού. Αυτό σημαίνει ότι μια αύξηση του χρόνου κάποιου γεγονότος δεν σημαίνει απαραίτητα και καθυστέρηση του έργου, ή αύξηση του κόστους του έργου δεν υποδεικνύει απαραίτητα υπέρβαση του προϋπολογισμού του έργου (Cristea, G. & Constantinescu, D. M., 2017).
- Πολλές φορές η εφαρμογή του δένδρου σφαλμάτων είναι χρονοβόρα και κοστοβόρα.
- Απαιτεί συχνά έναν επαγγελματία στον τομέα της αξιοπιστίας με βαθιά γνώση της διαδικασίας.

2.2.2.6 Λειτουργία αστοχίας και ανάλυση αποτελέσματος (Failure mode and effect analysis)

Η λειτουργία αστοχίας και ανάλυση αποτελέσματος (FMEA) αποτελεί μια από τις πρώτες δομημένες τεχνικές ανάλυσης αστοχιών. Περιλαμβάνει την αξιολόγηση όσο το δυνατόν περισσότερων συστατικών και υποσυστημάτων προκειμένου να αναγνωρισθούν λειτουργίες αστοχίας, οι αιτίες και τα αποτελέσματά τους. Η μέθοδος αυτή μπορεί να είναι ποιοτική ή ποσοτική, μέσω του συνδυασμού μοντέλων αστοχίας και στατιστικών μοντέλων. Το εργαλείο αυτό μπορεί να επεκταθεί, ώστε να περιλαμβάνει και το στοιχείο της κρισιμότητας (FMECA).

Χρησιμοποιείται εκτενώς στους κλάδους της μηχανικής ασφάλειας (safety engineering), μηχανικής αξιοπιστίας (reliability engineering) και μηχανικής ποιότητας (quality engineering). Η επιτυχής εφαρμογή της μεθόδου αυτής βοηθά στην αναγνώριση πιθανών λειτουργιών αστοχίας με βάση την εμπειρία από παρόμοια προϊόντα και διαδικασίες. Χρησιμοποιείται ευρέως στην κατασκευαστική βιομηχανία, σε διάφορα στάδια του κύκλου ζωής του προϊόντος.

Η λειτουργία αστοχίας και ανάλυσης αποτελέσματος αποτελεί ένα σχεδιαστικό εργαλείο συστηματικής ανάλυσης αστοχιών κάποιων συστατικών του μοντέλου και η

αναγνώριση των αποτελεσμάτων στη λειτουργία του συστήματος. Η επιτυχής χρήση της μεθόδου αυτής απαιτεί ο αναλυτής να συμπεριλάβει όλες τις σημαντικές λειτουργίες αστοχίας για κάθε στοιχείο που συνεισφέρει. Το εργαλείο αυτό έχει εφαρμογή σε επίπεδο συστήματος, υποσυστήματος, συνδεσμολογίας ή υποσυνδεσμολογίας ή ακόμα και σε επίπεδο εξαρτήματος. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η εφαρμογή της μεθόδου αυτής για την αναγνώριση του επιπέδου αστοχίας σε επίπεδο συστήματος, καταδεικνύοντας το επίπεδο ποιότητάς του (PMI, 2017). Η χρησιμότητα του εργαλείου αυτού εξαρτάται από την αποτελεσματικότητα και επικαιρότητα με την οποία γίνεται η αναγνώριση των σχεδιαστικών προβλημάτων. Η αξία του θα είναι μηδαμινή στην περίπτωση όπου το εξάρτημα έχει κατασκευαστεί.

Παρόλο που η λειτουργία αστοχίας και ανάλυσης αποτελέσματος αναγνωρίζει όλες τις λειτουργίες αστοχίας, το κύριο όφελός της είναι η έγκαιρη αναγνώριση όλων των κρίσιμων υποσυστημάτων τα οποία μπορούν να αντιμετωπιστούν επιτυχώς ή να ελαχιστοποιηθεί η επίδρασή τους μέσω σχεδιαστικών αλλαγών σε αρχικό στάδιο. Βασικοί κανόνες που θα πρέπει να ακολουθούνται κατά τη χρήση του εργαλείου αυτού είναι να υπάρχει μόνο μια λειτουργία αστοχίας τη φορά. Επιπλέον, όλες οι μεταβλητές εισόδου πρέπει να αναλύονται στις ονομαστικές τους τιμές. Τέλος, όλα τα αναλώσιμα πρέπει να υπάρχουν σε επαρκείς ποσότητες.

Ένα παράδειγμα πίνακα που αποτυπώνει τη μέθοδο αυτή εμφανίζεται στους πίνακες 3 και 4 .

Πίνακας 1-3: Φύλλο διαδικασίας λειτουργίας αστοχίας και ανάλυσης αποτελέσματος για την παρούσα κατάσταση (Process FMEA, 2015)

Διαδικασία Λειτουργίας Αστοχίας και Ανάλυσης Αποτελεσμάτων(FMEA)								
Ανάλυση Διαδικασίας Προεγχειρητικής Επαλήθευσης								
Βήμα Διαδικασίας	Λειτουργία Αστοχίας	Πιθανά αποτελέσματα της αστοχίας	Σοβαρότητα	Πιθανές αιτίες της αστοχίας	Εμφάνιση	Τρέχοντες έλεγχοι	Εντοπισμός	Αριθμός προτεραιότητας κινδύνου
Επαλήθευση της αναγνώρισης ασθενών	Λανθασμένη αναγνώριση ασθενών	Πραγματοποίηση εγχείρισης στο λάθος ασθενή	5	Κάρτα υγείας και κάρτα νοσοκομείου ασθενή μη διαθέσιμες ώστε να βεβαιωθεί η σωστή αναγνώριση του ασθενή	3	Νοσοκομειακή πολιτική, Αναγνώριση ασθενών	1	15
			5	Εμπόδιο επικοινωνίας λόγω περιορισμένης επάρκειας αγγλικής γλώσσας	4	Αξιολόγηση ασθενή μέσω συνέντευξης και παρατήρησης	1	20
			5	Ανεπαρκής χρήση των συμβατικών αναγνωριστικών ασθενών	4	Νοσοκομειακή πολιτική, Αναγνώριση ασθενών	4	80
			5	Άρνηση ασθενή να φορέσει αναγνωριστική κορδέλα	4	Νοσοκομειακή πολιτική, Αναγνώριση ασθενών	3	60
			5	Διαφορά στα στοιχεία ασθενή δεν έχει επιλυθεί		Νοσοκομειακή πολιτική, Επιβεβαίωση των σωστών ασθενών, διαδικασιών και	4	80
			5	Σχετικές νοσοκομειακές πολιτικές και διαδικασίες μη ισχύουσες	3	Διαδικασία διαπίστευσης	3	45
Συνολικός αριθμός Προτεραιότητας κινδύνων								**300**

Πίνακας 1-4: Φύλλο διαδικασίας λειτουργίας αστοχίας και ανάλυσης αποτελέσματος: διορθωτικές ενέργειες και νέα κατάσταση (Process FMEA, 2015)

	Διαδικασία Λειτουργίας Αστοχίας και Ανάλυσης Αποτελεσμάτων(FMEA)					
	Ενέργειες				Αποτελέσματα	
Πιθανές αιτίες της αστοχίας	Αντίδραση	Αποτρεπτικές και διορθωτικές ενέργειες	Σοβαρότητα	Εμφάνιση	Εντοπισμός	Αριθμός προτεραιότητας κινδύνου
Κάρτα υγείας και κάρτα νοσοκομείου ασθενή μη διαθέσιμες ώστε να βεβαιωθεί η σωστή αναγνώριση του ασθενή	Μετριασμός	Αίτηση εναλλακτικών φορμών αναγνώρισης όπως πιστοποιητικό γέννησης, δίπλωμα οδήγησης και διαβατήριο	5	2	1	10
Εμπόδιο επικοινωνίας λόγω περιορισμένης επάρκειας αγγλικής γλώσσας	Μετριασμός	Διευθέτηση της χρήσης εκπαιδευμένων επαγγελματιών διερμηνέων για επικοινωνία πρόσωπο με πρόσωπο ή δια τηλεφώνου	5	2	1	10
Ανεπαρκής χρήση των συμβατικών αναγνωριστικών ασθενών	Μετριασμός	Χρήση τουλάχιστον δυο συμβατικών αναγνωριστικών ασθενών όπως το όνομα,ημερομηνία γέννησης,ιατρικός αριθμός εγγραφής,διεύθυνση, αριθμός κάρτας υγείας. Επιβεβαίωση από ασθενή.	5	2	2	20
Άρνηση ασθενή να φορέσει αναγνωριστική κορδέλα	Μετριασμός	Επεξήγηση της σημασίας της αναγνωριστικής κορδέλας για την ασφάλεια του ασθενή.Παροχή διαφορετικών ειδών κορδέλας γα την μείωση δυσφορίας ασθενών	5	3	3	45
Διαφορά στα στοιχεία ασθενή δεν έχει επιλυθεί	Μετριασμός	Ανάπτυξη διαδικασίας επίλυσης διαφορών στα στοιχεία ασθενών. Μη πραγματοποίηση της εγχείρησης μέχρι την πλήρη επίλυση των διαφορών.	5	2	2	20
Σχετικές νοσοκομειακές πολιτικές και διαδικασίες μη ισχύουσες	Μετριασμός	Ανάπτυξη διαδικασιών διακυβέρνησης και εποπτείας για να υποστηριχθεί συνεχής πρόσβαση σε ακριβείς και ενημερωμενες νοσοκομειακές πολιτικές,διαδικασίες και κατευθυντήριες γραμμές για τις κλινικές πρακτικές	5	2	1	10
	Συνολικός αριθμός προτεραιότητας κινδύνων μετά από τις ενέργειες					**115**

Η μέθοδος αυτή θα πρέπει να ανανεώνεται:

- Όταν ξεκινά ένας νέος κύκλος, δηλαδή ένα νέο προϊόν ή μια νέα διαδικασία.
- Όταν γίνονται αλλαγές στις συνθήκες λειτουργίας.
- Όταν γίνονται αλλαγές στο σχέδιο.
- Όταν εφαρμόζονται νέοι κανονισμοί.
- Όταν η ανατροφοδότηση των πελατών καταδεικνύει ένα πρόβλημα.

Η χρήση της μεθόδου αυτής εντοπίζεται στην ανάπτυξη απαιτήσεων συστημάτων που ελαχιστοποιούν την πιθανότητα αστοχίας και την ανάπτυξη σχεδίων ώστε να εξαλειφθούν οι αστοχίες ή να μειωθούν οι κίνδυνοι σε ανεκτό επίπεδο. Επίσης, χρησιμοποιείται στο σχεδιασμό και στην αξιολόγηση διαγνωστικών συστημάτων και τέλος βοηθά στις σχεδιαστικές επιλογές.

Η μέθοδος αυτή, όπως και η μέθοδος του δένδρου σφαλμάτων είναι αρκετά χρονοβόρες και για αυτό το λόγο δεν χρησιμοποιούνται συχνά. Σαν αποτέλεσμα, είναι πιθανό να μην αναγνωριστούν όλες οι λειτουργίες αστοχίας. Η λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι ο συνδυασμός των δυο μεθόδων (Cristea, G. & Constantinescu, D. M., 2017). Προτείνονται δύο εναλλακτικές: α) η χρήση των δένδρων σφαλμάτων και της λειτουργίας αστοχίας και ανάλυσης αποτελέσματος ξεχωριστά και β) μια μικτή προσέγγιση. Όσον αφορά την πρώτη επιλογή, υπάρχει η διαφωνία ότι η επιλογή της μπορεί να διευρύνει τον αριθμό των λειτουργιών αστοχίας εξαιτίας των διαφορετικών σημείων αφετηρίας των δύο μεθόδων. Από κάτω προς τα πάνω για την μέθοδο λειτουργίας αστοχίας και ανάλυσης αποτελέσματος, ενώ από πάνω προς τα κάτω στην μέθοδο δένδρου σφαλμάτων. Η εφαρμογή και των δυο μεθόδων θα απαιτούσε πάρα πολύ χρόνο και μπορεί να οδηγήσει σε αποπροσανατολισμό από τα πιο κρίσιμα σημεία του συστήματος. Αναφορικά με τη δεύτερη επιλογή, προτείνεται η μικτή προσέγγιση στην οποία η μέθοδος λειτουργίας αστοχίας και ανάλυσης αποτελέσματος καθοδηγείται από το δένδρο σφαλμάτων. Σε αυτή τη προσέγγιση, η ανάλυση ξεκινά με τον ορισμό του γεγονότος αστοχίας συστήματος και συνεχίζει με την δόμηση του δένδρου σφαλμάτων για ένα συγκεκριμένο σύστημα. Τέλος, κάθε βασικό γεγονός αναλύεται περαιτέρω με τη μέθοδο λειτουργίας αστοχίας και ανάλυσης αποτελέσματος για να αναγνωριστούν οι λειτουργίες αστοχίας κάθε συστατικού.

Η μέθοδος αυτή εμφανίζει κάποια πλεονεκτήματα που αποτυπώνονται παρακάτω:

- Αποτελεί καταλυτικό παράγοντα για την ομαδική δουλειά και την ανταλλαγή ιδεών μεταξύ των διαφόρων λειτουργιών.

- Συλλέγει πληροφορίες για την μείωση μελλοντικών αστοχιών, καταγράφει τις τεχνικές γνώσεις.
- Ενισχύει την έγκαιρη αναγνώριση και εξάλειψη πιθανών λειτουργιών αστοχίας.
- Δίνει έμφαση στην αποτροπή προβλημάτων.
- Ενισχύει την εικόνα και την ανταγωνιστικότητα του οργανισμού.
- Ενισχύει την παραγωγική αποδοτικότητα, την ποιότητα, την αξιοπιστία και την ασφάλεια του προϊόντος ή της διαδικασίας.
- Βοηθά στην επιλογή εναλλακτικών με υψηλότερη αξιοπιστία και ασφάλεια
- Μεγιστοποιεί το κέρδος.
- Βοηθά στην αύξηση της ικανοποίησης των πελατών.
- Βοηθά στον καθορισμό του βέλτιστου σχεδίου του συστήματος.
- Βοηθά στην αναγνώριση διαγνωστικών διαδικασιών.
- Βοηθά στην ανάλυση νέων παραγωγικών διαδικασιών.
- Βοηθά στην αναγνώριση και την αποτροπή λαθών.
- Υποστηρίζει τον καθορισμό διορθωτικών ενεργειών.
- Ελαχιστοποιεί τις καθυστερημένες αλλαγές και το συσχετιζόμενο κόστος.
- Μειώνει την επίδραση στο περιθώριο κέρδους της επιχείρησης.
- Μειώνει το χρόνο και το κόστος της ανάπτυξης του συστήματος.
- Μειώνει την πιθανότητα επανάληψης της ίδιας αστοχίας στο μέλλον και την πιθανότητα για εγγυητικά προβλήματα.

Παρόλο που η μέθοδος αυτή αναγνωρίζει σημαντικούς κινδύνους σε ένα σύστημα, τα αποτελέσματά της μπορεί να μην είναι κατανοητά και η προσέγγιση αυτή έχει περιορισμούς. Μέθοδοι διαχείρισης κινδύνων όπως αυτή παρουσιάζουν περιορισμένη εγκυρότητα όταν χρησιμοποιούνται μεμονωμένα. Οι προκλήσεις γύρω από το εύρος και τα επιχειρησιακά όρια φαίνεται να αποτελούν σημαντικό παράγοντα σε αυτή την έλλειψη εγκυρότητας.

Η μέθοδος αυτή μπορεί να αναγνωρίσει μόνο κύριες λειτουργίες αστοχίας σε ένα σύστημα, για αυτό και απαιτεί τη συνεργασία της με μεθόδους όπως το δένδρο σφαλμάτων. Από μόνη της δεν έχει την ικανότητα να ανακαλύψει πολύπλοκες λειτουργίες αστοχίας που περιλαμβάνουν πολλαπλές αστοχίες σε ένα σύστημα. Επιπροσθέτως, ο πολλαπλασιασμός της σοβαρότητας (severity), της εμφάνισης (occurrence) και του εντοπισμού (detection) μπορεί να οδηγήσει σε εναλλαγή της κατάταξης , δηλαδή κάποια λιγότερο σημαντική λειτουργία αστοχίας να καταταχθεί πιο ψηλά από μια πιο σοβαρή λειτουργία αστοχίας. Ο λόγος είναι πως αυτή η μέθοδος

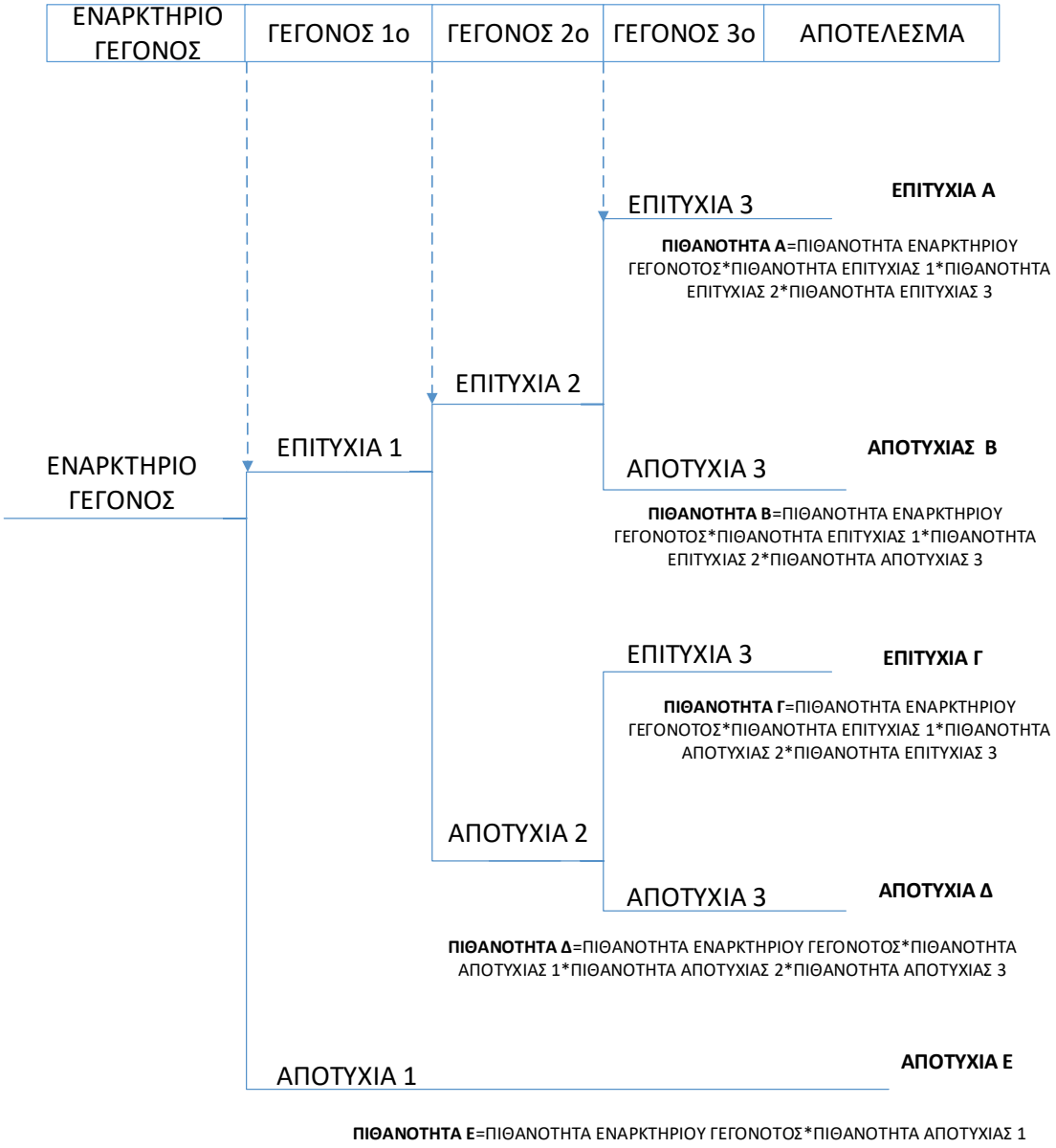
επισημαίνει πως μια λειτουργία αστοχίας κατατάσσεται πιο ψηλά ή πιο χαμηλά, αλλά όχι κατά πόσο. Τέλος, τα φύλλα λειτουργίας αστοχίας και ανάλυσης αποτελέσματος (FMEA worksheets) είναι δύσκολο να παραχθούν, είναι δυσανάγνωστα και δυσνόητα, καθώς και δύσκολα στην συντήρησή τους.

2.2.2.7 Δένδρο γεγονότων (Event tree analysis)

Το δένδρο γεγονότων είναι μια λογική τεχνική μοντελοποίησης, τόσο για επιτυχίες όσο και για αποτυχίες, που αναζητεί ενέργειες αντίδρασης μέσα από την εξέταση ενός γεγονότος εκκίνησης και διαμορφώνει το μονοπάτι αξιολόγησης των πιθανοτήτων των αποτελεσμάτων και είναι ένας κατάλληλος τρόπος ανάλυσης των αιτιών μιας καταστροφής (Hong, E. S. et al., 2009). Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται για την ανάλυση των αποτελεσμάτων λειτουργικών συστημάτων ή αστοχίας ενός συστήματος, με δεδομένο ότι ένα συγκεκριμένο γεγονός έχει πραγματοποιηθεί. Το δένδρο γεγονότων αποτελεί ένα δυνατό εργαλείο που αναγνωρίζει όλες τις επιπτώσεις σε ένα σύστημα, οι οποίες έχουν πιθανότητα να συμβούν μετά από ένα γεγονός εκκίνησης. Έχει εφαρμογή σε ένα μεγάλο εύρος συστημάτων, όπως πυρηνικοί σταθμοί, αεροδιαστημική και χημικά εργοστάσια. Η χρησιμότητά της είναι πιο κατανοητή όταν εφαρμόζεται στα πρώτα στάδια σχεδιασμού του συστήματος, παρά στην διόρθωση λαθών, αφού αυτά συμβούν.

Το δένδρο γεγονότων μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εργαλείο διαχείρισης κινδύνων, προκειμένου να υποστηριχθεί η αποτροπή αρνητικών αποτελεσμάτων, με χρήση λογικής Boolean. Ξεκινά με ένα γεγονός εκκίνησης το οποίο αλλάζει την κατάσταση του συστήματος. Κάθε γεγονός εκκίνησης δημιουργεί αντίδραση, οδηγεί σε ένα άλλο γεγονός και αυτό σε ένα επόμενο. Δημιουργείται έτσι ένα συνεχές μονοπάτι όπου η πιθανότητα πραγματοποίησης κάθε ενδιάμεσου γεγονότος υπολογίζεται με την ίδια λογική όπως και στα δένδρα σφαλμάτων. Υπολογίζεται η πιθανότητα επιτυχίας και η πιθανότητα αποτυχίας. Το μονοπάτι αυτό καταλήγει σε μια τελική κατάσταση. Τα ενδιάμεσα γεγονότα συνήθως διαχωρίζονται σε δυαδικές καταστάσεις επιτυχίας ή αποτυχίας, μπορούν όμως να χωριστούν και σε περισσότερες καταστάσεις, αρκεί να είναι αμοιβαία αποκλεισμένα, δηλαδή η εμφάνιση του ενός γεγονότος να αποκλείει την εμφάνιση των υπολοίπων.

Μία ενδεικτική αναπαράσταση του δένδρου γεγονότων αποτυπώνεται στο σχήμα 2-13.



Σχήμα 2-13:Δομή δένδρου γεγονότων

Συνοπτικά, τα βήματα της διαδικασίας ανάλυσης του δένδρου σφαλμάτων είναι τα παρακάτω:

1) Καθορισμός του συστήματος
2) Αναγνώριση των κινδύνων εντός του σχεδιασμού του συστήματος
3) Αναγνώριση των γεγονότων εκκίνησης
4) Αναγνώριση των ενδιάμεσων γεγονότων
5) Κατασκευή του δένδρου γεγονότων
6) Καθορισμός των πιθανοτήτων αποτυχίας
7) Αναγνώριση των κινδύνων κάθε μονοπατιού
8) Αξιολόγηση των κινδύνων κάθε μονοπατιού

9) Καθορισμός διορθωτικών ενεργειών
10) Καταγραφή της παραπάνω διαδικασίας

Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει ορισμένα πλεονεκτήματα, τα οποία αποτυπώνονται στη συνέχεια:

- Επιτρέπει την αξιολόγηση πολλαπλών, συνυπαρχουσών αποτυχιών
- Λειτουργεί ταυτόχρονα σε περιπτώσεις επιτυχιών και αστοχιών
- Δεν απαιτεί την πρόβλεψη των τελικών γεγονότων.
- Περιοχές μοναδικής αστοχίας, ευπάθειας του συστήματος, και χαμηλών αντισταθμίσεων απόδοσης μπορούν να αναγνωριστούν και να χρησιμοποιηθούν σωστά οι πόροι.
- Τα μονοπάτια σε ένα σύστημα που οδηγούν σε αστοχία μπορούν να αναγνωριστούν και να ανιχνευθούν οι περιπτώσεις αναποτελεσματικών αντιμέτρων.
- Οι εργασίες μπορούν να μηχανογραφηθούν.
- Μπορεί να πραγματοποιηθεί σε διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας.
- Προσφέρει οπτική απεικόνιση σχέσεων αιτίου-αποτελέσματος.
- Είναι αρκετά εύκολη στην εκμάθηση και εκτέλεση.
- Μοντελοποιεί πολύπλοκα συστήματα με κατανοητό τρόπο.
- Ακολουθεί τα μονοπάτια σφαλμάτων μεταξύ των ορίων του συστήματος.
- Συνδυάζει υλικό, λογισμικό, περιβάλλον και ανθρώπινη αλληλεπίδραση.
- Επιτρέπει την εκτίμηση πιθανοτήτων.

Φυσικά, η μέθοδος αυτή περιέχει και ορισμένα μειονεκτήματα:

- Ασχολείται με μόνο ένα γεγονός εκκίνησης τη φορά.
- Η εναρκτήρια πρόκληση πρέπει να αναγνωριστεί μόνο από τον αναλυτή.
- Τα μονοπάτια πρέπει να αναγνωρίζονται μόνο από τον αναλυτή.
- Το επίπεδο απώλειας για το κάθε μονοπάτι δεν μπορεί να διακριθεί χωρίς περαιτέρω ανάλυση.
- Οι πιθανότητες επιτυχίας και αποτυχίας δεν είναι εύκολο να υπολογισθούν.
- Μπορεί να παραλείψει λεπτές διαφορές συστημάτων.
- Μερικές επιτυχίες και αποτυχίες δεν είναι ευδιάκριτες.
- Απαιτεί αναλυτή με πρακτική εκπαίδευση και εμπειρία.

2.2.2.8 Κρίση εμπειρογνωμόνων και ιστορικές πληροφορίες (Expert judgment and historical data)

Η ύπαρξη δεδομένων σχετικά με κινδύνους οι οποίοι εμφανίστηκαν σε προγενέστερες καταστάσεις μπορούν να προσφέρουν πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τους κινδύνους ενός παρόντος έργου. Η ύπαρξη συνεπώς μιας βάσης δεδομένων για την διαχείριση μελλοντικά των πληροφοριών για τους κινδύνους σε διάφορα έργα μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμη σε περιπτώσεις αβεβαιότητας. Φυσικά σε αυτό θα πρέπει να συμβάλλουν οι διάφορες ομάδες έργου, συμπεριλαμβανομένων των διευθυντών έργου. Στην κατηγορία των εργαλείων ανάλυσης ιστορικών δεδομένων εντάσσονται η αναλογική και η παραμετρική εκτίμηση.

Η αναλογική εκτίμηση είναι μια τεχνική εκτίμησης της διάρκειας ή του κόστους μιας δραστηριότητας με βάση ιστορικά δεδομένα από παρόμοιες δραστηριότητες ή έργα, όπως η διάρκεια, ο προϋπολογισμός, το μέγεθος και η πολυπλοκότητα, προκειμένου να καθορίσει τις αντίστοιχες μεταβλητές του παρόντος έργου. Η αναλογική εκτίμηση της διάρκειας χρησιμοποιείται συχνά για την εκτίμηση της διάρκειας ενός έργου σε περιπτώσεις όπου το μέγεθος των λεπτομερών πληροφοριών είναι περιορισμένο. Η αναλογική εκτίμηση είναι συνήθως λιγότερο κοστοβόρα και χρονοβόρα από άλλες μεθόδους, όμως είναι και λιγότερο ακριβής. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί για τις δραστηριότητες ενός έργου ή για ολόκληρο το έργο. Είναι πιο αξιόπιστη όταν τα ιστορικά δεδομένα είναι πραγματικά και όχι μόνο εξ όψεως ποιοτικά και όταν τα μέλη της ομάδας έργου έχουν την απαιτούμενη εμπειρία (PMI, 2017).

Η παραμετρική εκτίμηση χρησιμοποιεί έναν αλγόριθμο για να υπολογίσει το κόστος ή τη διάρκεια μιας δραστηριότητας ή ενός έργου με βάση ιστορικά δεδομένα. Εξετάζει τη στατιστική συσχέτιση μεταξύ των ιστορικών δεδομένων και άλλων μεταβλητών, προκειμένου να εκτιμήσει τον προϋπολογισμό, τη διάρκεια και το κόστος μιας δραστηριότητας. Η τεχνική αυτή μπορεί να παράγει υψηλής ακρίβειας αποτελέσματα ανάλογα με την πολυπλοκότητα του μοντέλου και τα δεδομένα που εισάγονται. Και η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί για τις δραστηριότητες ενός έργου ή για ολόκληρο το έργο (PMI, 2017).

Ένα σημαντικό εργαλείο στη διαχείριση κινδύνων είναι η κρίση εμπειρογνωμόνων (expert judgment). Αυτή ορίζεται ως η τεχνική όπου παρέχεται κρίση με βάση συγκεκριμένα κριτήρια ή εξειδίκευση που έχει αποκτηθεί σε μια συγκεκριμένη γνωστική περιοχή ή βιομηχανία. Αποτελεί πολύτιμη πηγή πληροφοριών και είναι ιδιαίτερα

χρήσιμη στη λήψη αποφάσεων στην ποσοτική ανάλυση κινδύνων (Rosqvist, T. & Tuominen, R., 1999)

Η χρήση της μεθόδου αυτής μπορεί να περιλαμβάνει την κρίση από πολλούς ειδικούς. Με τον τρόπο αυτό, αντιμετωπίζεται κάθε ερώτηση με μεγαλύτερη ποικιλία προσεγγίσεων και συχνά προσφέρει καλύτερη αναπαράσταση της αβεβαιότητας. Από την άλλη, αυτό δημιουργεί το πρόβλημα ότι δίνονται πολλαπλές λύσεις, ενώ απαιτείται μια τελική. Κατά την επιλογή αξιολόγησης του μοντέλου κινδύνων μέσω μεμονωμένης κρίσης από κάθε ειδικό, υπάρχουν πολλαπλά σημεία του μοντέλου όπου οι ειδικοί έχουν δώσει τις διαφορετικές γνώμες τους. Αυτό οδηγεί σε ένα μεγάλο αριθμό ξεχωριστών αξιολογήσεων και, εν τέλει, σε ένα πολύ μεγάλο μοντέλο, δύσκολα διαχειρίσιμο. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να επιλυθεί αν επιλεχθεί συσσωμάτωση των διαφόρων κρίσεων σε μια πιθανότητα ή κατανομή. Η εξειδίκευση αυτή μπορεί να παρέχεται από τις εξής πηγές:

- Μονάδες εντός του οργανισμού
- Σύμβουλοι
- Ενδιαφερόμενα μέρη
- Επαγγελματικές και τεχνικές ενώσεις
- Βιομηχανικές ομάδες
- Εμπειρογνώμονες(Subject matter experts)
- Γραφείο διαχείρισης κινδύνων(Project management office)
- Προμηθευτές

Η χρήση της κρίσης εμπειρογνωμόνων είναι πιο πιθανόν να χρησιμοποιηθεί όταν (Benini, A. et al., 2017):

- Δεδομένα (π.χ. από έρευνα) είναι ελαττωματικά
- Το επίπεδο αβεβαιότητας είναι υψηλό
- Οι εμπειρογνώμονες είναι καλύτεροι, γρηγορότεροι ή πιο φθηνοί από άλλες πιθανές λύσεις
- Νέες πληροφορίες απαιτούν συνεχή ενημέρωση των παραδοχών και αποφάσεων
- Απαιτείται επιπρόσθετη επικύρωση
- Τα διαθέσιμα δεδομένα, παρόλο που είναι επαρκή, δεν επιτρέπουν την εκτίμηση ορισμένων παραμέτρων

Οι ερωτήσεις που τίθενται συνήθως στους ειδικούς αφορούν την εμφάνιση μελλοντικών γεγονότων, την τιμή μιας μεταβλητής και την καταλληλόλητα του χρησιμοποιούμενου μοντέλου (Hora, S. C., 2009). Φυσικά, δεν είναι όλες οι ερωτήσεις της ίδιας σημασίας στη ποσοτικοποίηση κινδύνων. Θα υπάρχουν πάντα κάποιες κρίσιμες ερωτήσεις που απαιτούν την κρίση εμπειρογνωμόνων, ενώ άλλες μικρότερης σημασίας μπορούν να απαντηθούν με πιο απλά εργαλεία όπως η ανάλυση ευαισθησίας. Επιπλέον, είναι σημαντικό να υπάρχει επαρκής πληροφορία στην οποία θα βασιστούν οι εμπειρογνώμονες προκειμένου να βγάλουν ένα πόρισμα. Αν τα δεδομένα που διατίθενται για κρίση είναι ελλιπή ή ατελή, οι ειδικοί θα παρουσιάσουν μεγαλύτερη αβεβαιότητα στην κρίση τους.

Η διαδικασία που ακολουθείται σε αυτή τη μέθοδο είναι η εξής:

1) Οριοθέτηση του προβλήματος
2) Σχεδιασμός της απόκτησης γνώμης των ειδικών
3) Επιλογή των κατάλληλων ειδικών
4) Ενημέρωση/εκπαίδευση των ειδικών ώστε να συνδράμουν αποδοτικά
5) Απόκτηση της κρίσης των ειδικών
6) Ανάλυση και συνδυασμός της πληροφορίας για τη δημιουργία της κρίσης εμπειρογνωμόνων (expert judgment)
7) Καταγραφή και κοινοποίηση των αποτελεσμάτων

Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα, όπως :

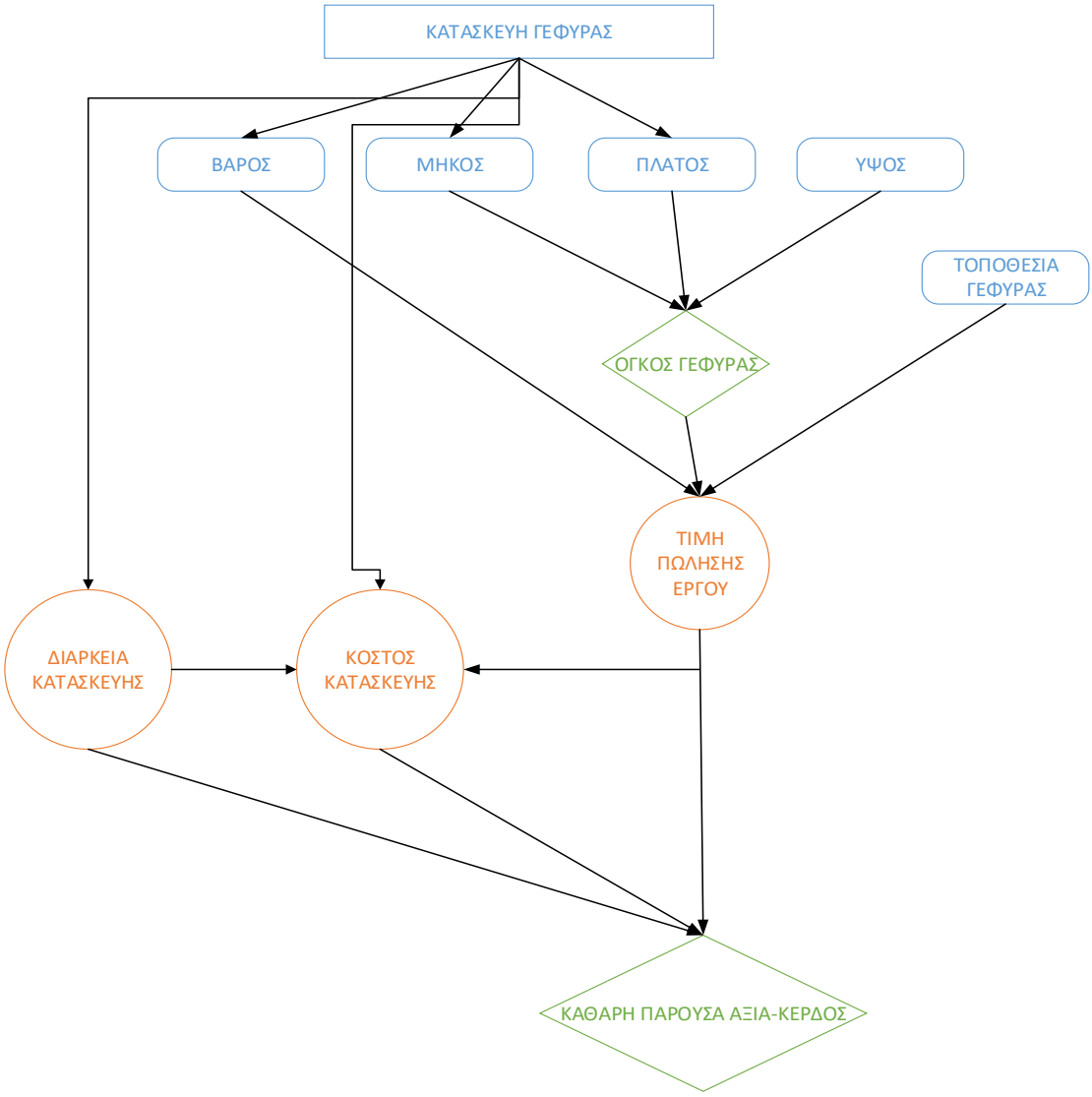
- Αξιοποιεί την προηγούμενη εμπειρία.
- Αποτρέπει την επανάληψη των ίδιων λαθών ή την παράλειψη των ίδιων ευκαιριών.
- Ενισχύει τα περιουσιακά στοιχεία της οργανωτικής διαδικασίας.

Η μέθοδος αυτή, όμως, παρουσιάζει και ορισμένα μειονεκτήματα:

- Η εφαρμογή της περιορίζεται στους κινδύνους οι οποίοι έχουν προηγουμένως επαναληφθεί.
- Η διαθέσιμη πληροφορία είναι συχνά ατελής, καθώς οι λεπτομέρειες για παρελθοντικούς κινδύνους μπορεί να μην περιλαμβάνουν στοιχεία για την επιτυχή ανάλυσή τους. Λανθασμένες στρατηγικές σπάνια καταγράφονται.
- Η επιλογή των ειδικών θα πρέπει να περιλαμβάνει όλες της επιστημονικές περιοχές προκειμένου να αναλυθεί ικανοποιητικά το πρόβλημα.
- Υπάρχει πάντα η πιθανότητα προκατάληψης, καθώς οι γνώμες των ειδικών περιέχουν το στοιχείο της υποκειμενικότητας.

2.2.2.9 Διαγράμματα επιρροών (Influence diagrams)

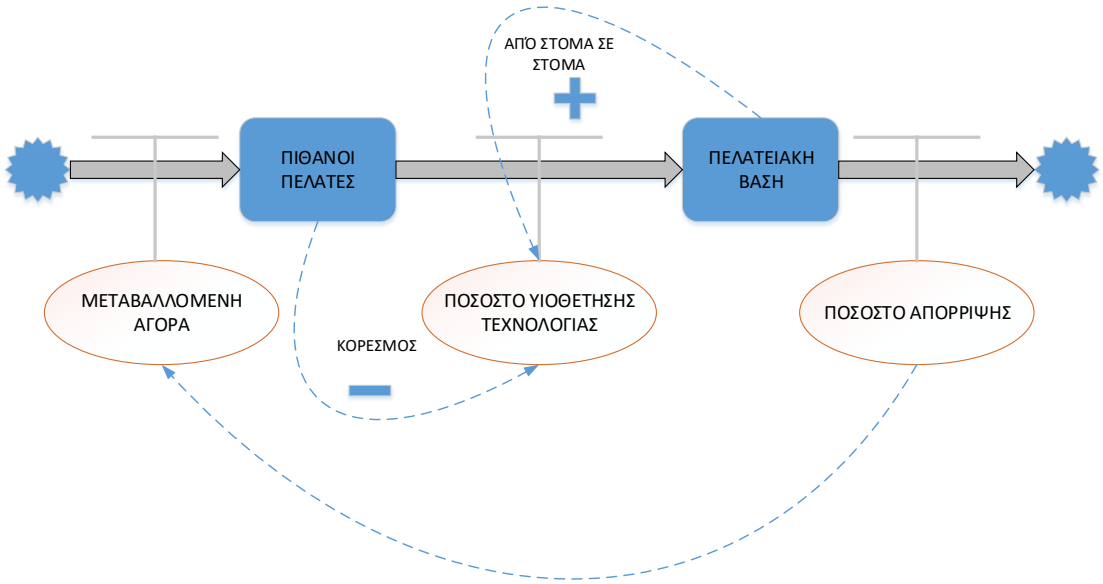
Ένα διάγραμμα επιρροών είναι μια διαγραμματική απεικόνιση της κατάστασης ενός έργου, αποτυπώνοντας τις κύριες οντότητες, τα σημεία απόφασης, την αβεβαιότητα και τα αποτελέσματα, επισημαίνοντας και τη συσχέτιση μεταξύ τους. Το εργαλείο αυτό μπορεί να αναγνωρίσει τους κινδύνους όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλα εργαλεία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων, όπως η ανάλυση ευαισθησίας ή η προσομοίωση Monte Carlo. Η αξία του είναι πιο κατανοητή στις περιπτώσεις αντιμετώπισης εξωτερικών κινδύνων που προσδιορίζονται δύσκολα όσον αφορά το στοιχείο του κόστους (Diekmann, J. E. et al., 1996). Αυτοί οι εξωτερικοί κίνδυνοι δεν είναι συνήθως άμεσα ποσοτικοποιήσιμοι και περιγράφονται καλύτερα με τη χρήση πιθανών προϋποθέσεων. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτυπώνεται στο σχήμα 2-14.



Σχήμα 2-14: Διάγραμμα επιρροών

Για την επιτυχή λειτουργία του εργαλείου αυτού, απαιτείται η αναγνώριση όλων των κύριων περιοχών κινδύνων που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Τα διαγράμματα επιρροών είναι ιδιαίτερα χρήσιμα όταν αντιμετωπίζονται κίνδυνοι που δεν είναι δυνατόν να προσδιορισθούν εύκολα όσον αφορά στην εκτίμηση του κόστους. Αυτοί οι κίνδυνοι συνήθως δεν είναι άμεσα ποσοτικοποιήσιμοι και περιγράφονται καλύτερα μέσω πιθανοτήτων. Παρέχουν σαφή τρόπο γραφικής απεικόνισης των σχέσεων μεταξύ κινδύνων και κόστους.

Μια ιδιαίτερη εφαρμογή των διαγραμμάτων επιρροών για την ποσοτική ανάλυση κινδύνων αποτελούν τα διαγράμματα δυναμικής συστημάτων. Τα διαγράμματα αυτά αποτυπώνουν τις οντότητες και τη ροή πληροφοριών εντός ενός έργου. Η ανάλυση του μοντέλου αυτού μπορούν να αναγνωρίσουν τους κινδύνους και την επίδρασή τους στους στόχους του έργου, όπως το χρονοδιάγραμμα και το κόστος. Η μέθοδος αυτή συχνά επιτρέπει την καλύτερη αναγνώριση των εξωτερικών παραγόντων που επηρεάζουν τους στόχους του έργου, παράγοντες στους οποίους το έργο είναι πιο ευαίσθητο, προκειμένου να κατασκευαστεί το κατάλληλο μοντέλο αντιμετώπισής τους (Gray, M. & Shahidi, A., 2011). Η ανάλυση των αλλαγών εντός του μοντέλου μπορούν να καταδείξουν την ευαισθησία του συστήματος σε συγκεκριμένες αλλαγές και κινδύνους. Ένα παράδειγμα διαγράμματος δυναμικής συστημάτων αποτυπώνεται στο σχήμα 2-15.



Σχήμα 2-15: Διάγραμμα δυναμικής συστημάτων (PMI, 2017)

Η δυναμική συστημάτων έχει ευρεία εφαρμογή σε πληθυσμιακά, οικολογικά και οικονομικά συστήματα. Μπορεί να λειτουργήσει ως εργαλείο για την ανάλυση και σύγκριση υποθέσεων για τον τρόπο που λειτουργεί ένα σύστημα. Προσφέρει ποιοτικά στοιχεία για τις επιπτώσεις μιας απόφασης, ενώ αναγνωρίζει αρχέτυπες συμπεριφορές σε ένα δυσλειτουργικό σύστημα.

Η πραγματική αξία των διαγραμμάτων αυτών φανερώνεται όταν γίνεται χρήση τους σε εξειδικευμένο λογισμικό προσομοίωσης.

Τα βήματα που γίνονται σε μια προσομοίωση είναι τα εξής (PMI, 2017):

1) Καθορισμός των ορίων του προβλήματος
2) Αναγνώριση των πιο σημαντικών ροών που προκαλούν αλλαγές
3) Αναγνώριση των πηγών πληροφοριών που επηρεάζουν τις ροές
4) Αναγνώριση των κύριων κύκλων ανατροφοδότησης
5) Σχεδιασμός του βασικού διαγράμματος
6) Καταγραφή των εξισώσεων καθορισμού των ροών
7) Εκτίμηση των παραμέτρων και της αρχικής κατάστασης μέσω στατιστικών και άλλων μεθόδων
8) Προσομοίωση του μοντέλου και ανάλυση των αποτελεσμάτων

Η δυναμική συστημάτων απαιτεί κατανόηση της ανατροφοδότησης που προκύπτει μέσα από τη μέθοδο αυτή. Χρειάζεται ικανότητα στην εφαρμογή εργαλείων και κατανόηση των αποτελεσμάτων τους. Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται θα πρέπει να είναι ποιοτικά, ενώ τα δεδομένα που εισάγονται σε αυτά θα πρέπει να είναι ακριβή.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου των διαγραμμάτων επιρροών, συμπεριλαμβανομένων και των διαγραμμάτων δυναμικής συστημάτων, αποτυπώνονται στη συνέχεια:

- Αποτυπώνει τους βασικούς παράγοντες κινδύνων, αλλά και τις διάφορες εσωτερικές συσχετίσεις μεταξύ των στοιχείων του έργου.
- Μπορεί να δημιουργήσει αντι-διαισθητικές πληροφορίες που δεν είναι διαθέσιμες μέσω άλλων εργαλείων.
- Παράγουν τη συνολική επίδραση των κινδύνων στους στόχους του έργου.

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι τα παρακάτω:

- Απαιτεί πειθαρχημένη σκέψη.
- Εστιάζει στις επιπτώσεις, όμως δεν είναι εύκολο να λάβει υπόψη την έννοια της πιθανότητας.

- Δεν είναι πάντα εύκολο να οριστεί η κατάλληλη δομή των διαγραμμάτων και απαιτείται συνήθως εξειδικευμένο λογισμικό για την κατασκευή της δομής των διαγραμμάτων

2.2.2.10 Τεχνική αξιολόγησης και αναθεώρησης προγράμματος (Program evaluation and review technique)

Η τεχνική αξιολόγησης και αναθεώρησης προγράμματος (PERT) είναι μια μέθοδος προγραμματισμού που αρχικά διαμορφώθηκε για να σχεδιάζει ένα κατασκευαστικό έργο μέσω της χρήσης ενός δικτύου συγγενικών δραστηριοτήτων, συντονίζοντας τα βέλτιστα κριτήρια κόστους και χρόνου. Η μέθοδος αυτή υπογραμμίζει τη σχέση μεταξύ της χρονικής διάρκειας κάθε δραστηριότητας, του κόστους που συνδέεται με κάθε φάση και του προκύπτοντος χρόνου και κόστους για την αναμενόμενη ολοκλήρωση του συνολικού έργου. Η τεχνική αξιολόγησης και αναθεώρησης προγράμματος εστιάζει στην έννοια του χρόνου και επιτρέπει ευέλικτο προγραμματισμό λόγω διακυμάνσεων του χρόνου που απαιτεί η ολοκλήρωση ενός συγκεκριμένου τμήματος του έργου. Ένα τυπικό δίκτυο PERT περιλαμβάνει δραστηριότητες και γεγονότα. Ένα γεγονός ορίζεται ως η ολοκλήρωση ενός στοιχείου του προγράμματος σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Μια δραστηριότητα ορίζεται ως ο χρόνος αλλά και οι πόροι που απαιτούνται για τη μετάβαση από ένα γεγονός σε ένα άλλο. Επομένως, όταν τα γεγονότα και οι δραστηριότητες είναι καθορισμένα με σαφήνεια, η πρόοδος του έργου μπορεί να παρακολουθηθεί με ευκολία. Η μέθοδος PERT απαιτεί την επιτυχή ολοκλήρωση κάθε προηγούμενου γεγονότος πριν από την εκκίνηση και επιτυχή ολοκλήρωση κάθε επόμενου γεγονότος, και εν τέλει, του έργου.

Ένα βασικό στοιχείο της μεθόδου αυτής είναι ότι απαιτούνται τρεις εκτιμήσεις λόγω του στοιχείου της αβεβαιότητας. Οι τρεις εκτιμήσεις αυτές ορίζονται ως αισιόδοξη, πιο πιθανή και απαισιόδοξη και εφαρμόζονται για κάθε δραστηριότητα του έργου. Γενικότερα, η αισιόδοξη εκτίμηση είναι ο ελάχιστος χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση της δραστηριότητας, θεωρώντας πως όλα θα πάνε καλά. Το αντίστροφο ισχύει για την απαισιόδοξη εκτίμηση, ενώ η πιο πιθανή εκτίμηση αποτυπώνει πιο ρεαλιστικά την πραγματικότητα. Με την εφαρμογή διαφορετικών στατιστικών κατανομών για τον καθορισμό των τριών παραπάνω παραμέτρων, είναι δυνατή η καταγραφή διαφορετικών αποτελεσμάτων (Skrtic, M. M. & Horvatincic, K., 2014). Το δίκτυο PERT περιλαμβάνει δύο ακόμα στοιχεία, την κρίσιμη διαδρομή και τον ελεύθερο χρόνο (slack time). Η κρίσιμη διαδρομή είναι ένας συνδυασμός γεγονότων και

δραστηριοτήτων που θα απαιτήσουν τον μεγαλύτερο εκτιμώμενο χρόνο ολοκλήρωσης. Ο ελεύθερος χρόνος ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ του συνολικού αναμενόμενου χρόνου ολοκλήρωσης μιας δραστηριότητας και του πραγματικού χρόνου ολοκλήρωσής της.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι αποτύπωσης της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης στη μέθοδο PERT, καθώς ο κάθε ένας στηρίζεται σε διαφορετική κατανομή. Οι πιο γνωστές κατανομές που επιλέγονται είναι η τριγωνική και η βήτα και ορίζουν τις παρακάτω μεταβλητές:

- Για την τριγωνική κατανομή

  Η μέση τιμή ορίζεται ως

$$Μέση\ τιμή = \frac{Αισιόδοξη\ τιμή + Πιο\ πιθανή\ τιμή + Απαισιόδοξη\ τιμή}{3}$$

  Και η τυπική απόκλιση ως

$$Τυπική\ απόκλιση = \frac{Απαιισιόδοξη\ τιμή - Αισιόδοξη\ τιμή}{3}$$

- Για την κατανομή βήτα

  Η μέση τιμή ορίζεται ως

$$Μέση\ τιμή = \frac{Αισιόδοξη\ τιμή + 4 * Πιο\ πιθανή\ τιμή + Απαισιόδοξη\ τιμή}{6}$$

  Και η τυπική απόκλιση ως

$$Τυπική\ απόκλιση = \frac{Απαιισιόδοξη\ τιμή - Αισιόδοξη\ τιμή}{6}$$

Η τεχνική PERT είναι η πιο αντιπροσωπευτική περίπτωση διαχείρισης κινδύνων ενός έργου που αφορά τη διάρκειά του. Η αξία της γίνεται πιο αντιληπτή, στην περίπτωση όπου τα αποτελέσματα της συγκρίνονται με τα αποτελέσματα που προκύπτουν μέσω της μεθόδου κρίσιμης διαδρομής (Κηρυττόπουλος, Κ. Α., 2006). Το δίκτυο PERT λαμβάνει υπόψη όλες τις πιθανές μεταβλητές, ποσοτικοποιώντας έτσι τον προγραμματισμό του έργου. Η μέθοδος PERT έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, σίγουρα όμως η εφαρμογή της με το χρόνο δεν έχει μειωθεί. Ο σχεδιασμός ενός μεγάλου δικτύου αποκαλύπτει πιθανές προβληματικές περιοχές και αλληλεξαρτώμενα γεγονότα που δεν είναι και τόσο προφανή στις συμβατικές μεθόδους ανάπτυξης έργων.

Η μέθοδος PERT εμφανίζει ορισμένα πλεονεκτήματα, τα οποία και αποτυπώνονται στη συνέχεια:

- Καθορίζει και κάνει εμφανείς τις εξαρτήσεις μεταξύ των διαφόρων δραστηριοτήτων.
- Διευκολύνει την αναγνώριση της κρίσιμης διαδρομής, αλλά και των χρόνων νωρίτερης (early start) και αργότερης εκκίνησης (late start) και του ελεύθερου χρόνου (slack time).
- Παρέχει την δυνατότητα για μείωση της διάρκειας του έργου λόγω καλύτερης κατανόησης των εξαρτήσεων, οδηγώντας σε βελτιωμένη αλληλοεπικάλυψη δραστηριοτήτων όπου είναι εφικτό.
- Υποστηρίζει την οργάνωση και παρουσίαση διαγραμματικά του μεγάλου όγκου δεδομένων ενός έργου, ώστε να διευκολυνθεί η λήψη αποφάσεων.
- Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη όταν δεν υπάρχουν ιστορικά δεδομένα.
- Αποκαλύπτει την κρίσιμη διαδρομή σε ένα έργο.
- Μειώνει την αβεβαιότητα σε ένα έργο.
- Δίνει καλές εκτιμήσεις του χρόνου ολοκλήρωσης ενός έργου.
- Βοηθά τη διοίκηση στη βελτιστοποίηση των πόρων.

Η μέθοδος αυτή, όμως, εμφανίζει και τα παρακάτω μειονεκτήματα:

- Μπορεί να υπάρχουν δυνητικά πάρα πολλές δραστηριότητες και εξαρτήσεις, καθιστώντας τη μοντελοποίηση τους πολύπλοκη και δύσκολη.
- Η τεχνική PERT δεν είναι εύκολο να επεκταθεί σε μικρότερα έργα.
- Το δίκτυο PERT συχνά είναι πολύ μεγάλο και δυσανάγνωστο.
- Απαιτεί υποκειμενική ανάλυση των δραστηριοτήτων, συνεπώς η ακρίβεια των εκτιμήσεων βασίζεται σημαντικά στην ακρίβεια της ανάλυσης αυτής.
- Η διαχείριση της κρίσιμης διαδρομής δεν είναι πάντα εύκολη, καθώς η κρίσιμη διαδρομή μπορεί να αλλάξει κατά τη διάρκεια ολοκλήρωσης του έργου.
- Η μέθοδος αυτή υποθέτει πως όλοι οι πόροι είναι διαθέσιμοι κατά την εξέλιξη του έργου.
- Η ενημέρωση, τροποποίηση και συντήρηση του δικτύου PERT είναι χρονοβόρα και κοστοβόρα διαδικασία

2.2.2.11 Διαδικασία ιεραρχικής ανάλυσης (Analytical hierarchy process)

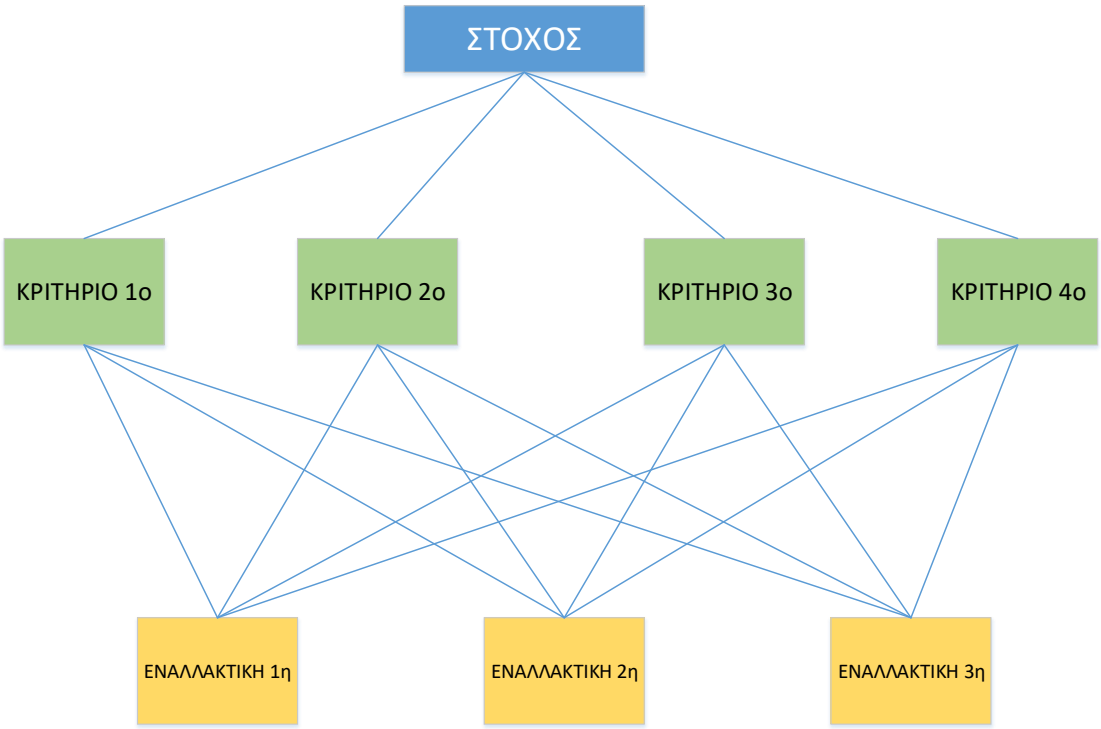
Η διαδικασία ιεραρχικής ανάλυσης είναι μια δομημένη τεχνική οργάνωσης και ανάλυσης πολύπλοκων αποφάσεων. Έχει ιδιαίτερη εφαρμογή στην ομαδική λήψη

αποφάσεων και χρησιμοποιείται σε ένα μεγάλο εύρος καταστάσεων λήψης αποφάσεων, όπως στη βιομηχανία, τον κλάδο υγείας και την εκπαίδευση. Η μέθοδος αυτή δεν καθορίζει μια βέλτιστη λύση, αντίθετα υποστηρίζει την εύρεση της βέλτιστης λύσης που ταιριάζει στους εκάστοτε κάθε φορά στόχους. Παρέχει ένα κατανοητό και λογικό πλαίσιο για τη δόμηση ενός προβλήματος απόφασης, για την αναπαράσταση και ποσοτικοποίηση στοιχείων, τη σύνδεση των στοιχείων αυτών με τους γενικούς στόχους και την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων. Η αξία, συνεπώς, της μεθόδου αυτής δε διακρίνεται στα μαθηματικά αποτελέσματα που προσφέρει, αλλά στο συστηματικό περιβάλλον σκέψης που παρέχει (A. Mustafa, Mohammad & F. Al-Bahar, Jamal. 1991).

Η διαδικασία ιεραρχικής ανάλυσης περιλαμβάνει ορισμένα βήματα κατά την εφαρμογή της, τα οποία και περιγράφονται στη συνέχεια:

1) Καθορισμός του προβλήματος.
2) Αποδόμηση του προβλήματος σε μια ιεραρχία με πιο κατανοητά υπο-προβλήματα, κάθε ένα από τα οποία μπορεί να αναλυθεί μεμονωμένα. Τα στοιχεία της ιεραρχίας σχετίζονται με κάθε πτυχή της απόφασης.
3) Μόλις διαμορφωθεί η ιεραρχία, οι υπεύθυνοι για τη λήψη αποφάσεων αξιολογούν συστηματικά τα διάφορα στοιχεία, συγκρίνοντας τα μεταξύ τους ανά δυο, με σεβασμό πάντα στην επίδρασή τους στο στοιχείο του ανώτερου επιπέδου. Σε αυτό το βήμα απαιτούνται συμπαγή δεδομένα για τη σημασία και σημαντικότητα των στοιχείων.
4) Η διαδικασία ιεραρχικής ανάλυσης μετατρέπει τις εκτιμήσεις αυτές σε αριθμητικές τιμές που μπορούν να επεξεργασθούν και να συγκριθούν σε ολόκληρο το εύρος του προβλήματος. Για κάθε στοιχείο της ιεραρχίας προκύπτει αριθμητικό βάρος, επιτρέποντας τη σύγκριση μεταξύ διαφορετικών και συχνά μη αντισταθμίσιμων στοιχείων με ένα ορθολογικό και συνεπή τρόπο. Η δυνατότητα αυτή διακρίνει τη διαδικασία ιεραρχικής ανάλυσης από άλλες τεχνικές λήψης αποφάσεων.
5) Στο τελευταίο βήμα γίνεται ο υπολογισμός των πιθανότητας που αναφέρθηκαν παραπάνω για κάθε εναλλακτική επιλογή. Η αριθμητική πιθανότητα αντικατοπτρίζει την ικανότητα της κάθε εναλλακτικής να ικανοποιήσει το στόχο της απόφασης.

Ένα ενδεικτικό διάγραμμα της διαδικασίας ιεραρχικής ανάλυσης παρουσιάζεται στο σχήμα 2-16.



Σχήμα 2-16: Διάγραμμα διαδικασίας ιεραρχικής ανάλυσης

(Vargas, R.V., 2010)

Η μέθοδος αυτή έχει εφαρμογή στη διαχείριση κινδύνων σε τρία επίπεδα αποφάσεων: απόφαση μεταξύ διαφορετικών εναλλακτικών, απόδοση προτεραιότητας σε εναλλακτικές επιλογές και κατανομή των πόρων (Sum, R. M. 2013).

1) <u>Επιλογή μιας εναλλακτικής μεταξύ πολλών επιλογών.</u>

   Γενικά στη λήψη αποφάσεων στη διαχείριση κινδύνων δεν αφορά στην επιλογή διαφορετικών εναλλακτικών διαχείρισης, είναι όμως μια πιθανότητα. Για παράδειγμα, μια εταιρεία που σκοπεύει να χρησιμοποιήσει το ISO 31000 σαν πλαίσιο διαχείρισης κινδύνων. Το πρόβλημα υιοθέτησης του συγκεκριμένου πλαισίου είναι ένα πρόβλημα αποφάσεων λόγω των συγκρουόμενων παραγόντων που επηρεάζουν την τελική απόφαση. Ενδεικτικοί παράγοντες είναι οι πόροι για την υιοθέτησή του, τη δυσκολία δέσμευσης και στήριξης της διοίκησης και των υπαλλήλων στο νέο πλαίσιο.

2) Απόδοση προτεραιότητας σε εναλλακτικές επιλογές.

Μια σημαντική εφαρμογή της διαδικασίας ιεραρχικής ανάλυσης είναι η ιεράρχηση των κινδύνων που αποτρέπουν έναν οργανισμό από την επίτευξη των στόχων του έργου.

3) Κατανομή των πόρων.

Η κατανομή πόρων στη διαχείριση κινδύνων αφορά την κατανομή των δαπανών στη διαχείριση κινδύνων που αποτρέπουν την επιτυχή ολοκλήρωση των στόχων του οργανισμού ή συγκεκριμένα ενός έργου. Οι οργανισμοί συνήθως διαμορφώνουν την ιεραρχία με βάση την πιθανότητα και την επίδραση των κινδύνων. Όμως, η διαδικασία ιεραρχικής ανάλυσης βασίζεται και σε άλλα κριτήρια, όπως για παράδειγμα το κόστος και το όφελος.

Η διαδικασία ιεραρχικής ανάλυσης παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα, όπως αποτυπώνονται και στη συνέχεια (Tüysüz, F., Kahraman, C., 2006):

- Σχετική ευκολία στη χρήση της σύγκρισης ανά δύο
- Διαχείριση πολλαπλών κριτηρίων
- Συνέπεια στην αξιολόγηση
- Παράλληλη διαχείριση ποιοτικών και ποσοτικών δεδομένων
- Χρησιμοποιείται εύκολα σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους ποσοτικής ανάλυσης, όπως το δέντρο αποφάσεων

Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει, όμως και τα παρακάτω μειονεκτήματα:

- Λειτουργεί κυρίως υποστηρικτικά σε άλλες μεθόδους
- Υποκειμενική αξιολόγηση ανάλογα με τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων
- Υπάρχει διχογνωμία μεταξύ των υπεύθυνων λήψης αποφάσεων όσον αφορά το επίπεδο κατανόησης της διαδικασίας ιεραρχικής ανάλυσης

2.2.3 Σύγκριση εργαλείων ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων

Στον πίνακα 5 που ακολουθεί, παρουσιάζονται συνοπτικά τα οφέλη και τα προβλήματα των εργαλείων ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων που παρουσιάστηκαν παραπάνω.

Πίνακας 1-5: Σύγκριση εργαλείων ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων

ΟΝΟΜΑ	ΟΦΕΛΗ	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ/ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ
Ανάλυση Ευαισθησίας	• Χρήσιμη σε έργα όπου οι κίνδυνοι δεν έχουν αναλυθεί ή δεν υπάρχει εμπειρία σε αντίστοιχα έργα στο παρελθόν • Συνεργάζεται με άλλες μεθόδους • Παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για λήψη αποφάσεων • Παρέχει εύκολη σύγκριση μεταξύ των μεταβλητών	• Χρησιμοποιεί απλουστευτικές υποθέσεις • Δε λαμβάνει υπόψη τις κατανομές πιθανότητας των μεταβλητών εισόδου • Απαιτεί πολύ χρόνο για την εκτέλεση προσομοίωσης ενός μοντέλου πολλές φορές • Υποθέτει ανεξαρτησία μεταξύ των μεταβλητών εισόδου
Δένδρα αποφάσεων	• Απλή στη σύλληψη και κατανόηση • Λειτουργεί και με λίγα απτά δεδομένα • Επιτρέπει τη προσθήκη νέων σεναρίων • Συνδυάζεται με άλλες μεθόδους • Υποβοηθά στη λήψη αποφάσεων με βάση αναμενόμενη χρηματική αξία ή χρησιμότητα στον οργανισμό	• Μια μικρή αλλαγή στα δεδομένα οδηγεί σε μεγάλες αλλαγές στη δομή του δέντρου • Ανακριβής • Πολύπλοκη με πολλές μεταβλητές, Απαιτεί εξειδικευμένο λογισμικό • Δυσκολία ποσοτικοποίησης χωρίς ιστορικά δεδομένα
Αναμενόμενη χρηματική αξία	• Υπολογίζει αναμενόμενη μέση τιμή για γεγονότα με αβέβαια αποτελέσματα • Ενσωματώνει πιθανότητα και επίπτωση αβέβαιων γεγονότων • Απλή, δεν απαιτεί εξειδικευμένο λογισμικό	• Υπολογισμός πιθανότητας και επίπτωσης συχνά δύσκολος • Παρέχει μόνο αναμενόμενη τιμή, η λήψη αποφάσεων απαιτεί περισσότερες πληροφορίες
Προσομοίωση Monte Carlo	• Επιτρέπει ταυτόχρονη εναλλαγή όλων των καθορισμένων κινδύνων • Δίνει ποσοτική εκτίμηση των κίνδυνων του έργου • Στοχαστική μέθοδος, επιτρέπει πολλές εισόδους • Χρήση κατανομών πιθανότητας • Γρήγορη σε μοντέρνους υπολογιστές	• Απαιτεί ποιοτικά ιστορικά δεδομένα • Απαιτεί δεδομένα για ευκαιρίες και απειλές • Οι κατανομές διαμορφώνονται με βάση προηγούμενη εμπειρία • Απαιτεί εξειδικευμένο λογισμικό
Δένδρα Σφαλμάτων	• Γραφική αναπαράσταση κινδύνων • Πολλαπλά δένδρα σφαλμάτων για πολλαπλά γεγονότα • Ευέλικτη, ενσωματώνει πολλούς αιτιολογικούς παράγοντες • Λογική ανάλυση κινδύνων και αλληλεξαρτήσεών τους • Μοντελοποίηση πολλών στόχων, πέρα από το κόστος και το χρόνο	• Οι πιθανότητες συχνά άγνωστες • Δυσκολία ποσοτικοποίησης ανθρώπινου παράγοντα • Στατικό μοντέλο • Περιλαμβάνει μόνο δυο καταστάσεις (επιτυχία/αποτυχία) • Χρονοβόρο και κοστοβόρο εργαλείο
Λειτουργία αστοχίας και ανάλυσης αποτελεσμάτων	• Συλλογή πληροφοριών για μείωση μελλοντικών αστοχιών • Ενίσχυση έγκαιρης αναγνώρισης και εξάλειψης πιθανών λειτουργιών αστοχίας • Ενίσχυση παραγωγικής αποδοτικότητας • Βοηθά στην αύξηση ικανοποίησης πελατών • Ελαχιστοποιεί καθυστερημένες αλλαγές • Μειώνει το χρόνο και κόστος ανάπτυξης του συστήματος • Μειώνει την πιθανότητα επανάληψης της ίδιας αστοχίας	• Περιορισμένη εγκυρότητα όταν χρησιμοποιείται μεμονωμένα • Αναγνωρίζει μόνο κύριες λειτουργίες αστοχίας • Η ιεράρχηση που πραγματοποιείται καθαρά μαθηματική, μπορεί μια σημαντική λειτουργία αστοχίας να καταταχθεί πιο χαμηλά από μια λιγότερο σημαντική • Τα φύλλα ανάλυσης είναι δύσκολο να παραχθούν, δυσανάγνωστα και δύσκολα στη συντήρηση

ΟΝΟΜΑ	ΟΦΕΛΗ	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ/ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ
Δένδρα γεγονότων	• Επιτρέπει την αξιολόγηση πολλών συνυπαρχουσών αποτυχιών • Λειτουργεί ταυτόχρονα για περιπτώσεις επιτυχιών και αποτυχιών • Εύκολη αναγνώριση μονοπατιών που οδηγούν σε αστοχία • Εύκολη στη χρήση και εκμάθηση • Οπτική απεικόνιση αιτίου-αποτελέσματος	• Ασχολείται με ένα γεγονός εκκίνησης τη φορά • Μερικές επιτυχίες και αποτυχίες δεν είναι ευδιάκριτες • Πιθανότητες επιτυχίας και αποτυχίας δύσκολο να υπολογιστούν • Απαιτεί πρακτική εκπαίδευση και εμπειρία
Κρίση εμπειρογνωμόνων και ιστορικά δεδομένα	• Αξιοποίηση προηγούμενης εμπειρίας • Αποτροπή επανάληψης ίδιων λαθών	• Περιορισμός στους κινδύνους που έχουν ήδη εμφανισθεί • Διαθέσιμη πληροφορία συχνά ατελής • Απαιτεί ειδικούς από πολλούς επιστημονικούς κλάδους • Εμπεριέχει στοιχείο υποκειμενικότητας
Διαγράμματα επιρροών	• Αποτύπωση βασικών παραγόντων κινδύνων και εσωτερικών συσχετίσεων μεταξύ των στοιχείων του έργου • Παράγει συνολική επίδραση κινδύνων στους στόχους του έργου	• Εστιάζει στις επιπτώσεις, δε λαμβάνει εύκολα υπόψη την πιθανότητα • Δυσκολία δόμησης διαγραμμάτων, απαιτείται εξειδικευμένο λογισμικό
Τεχνική αξιολόγησης και αναθεώρησης προγράμματος	• Καθορίζει και καταδεικνύει εξαρτήσεις μεταξύ δραστηριοτήτων • Διευκολύνει αναγνώριση κρίσιμης διαδρομής • Μειώνει την αβεβαιότητα • Δίνει καλές εκτιμήσεις αν υπάρχουν ιστορικά δεδομένα	• Σε περίπτωση πολλών δραστηριοτήτων, οδηγεί πολυπλοκότητα στη μοντελοποίηση • Το δίκτυο PERT συχνά μεγάλο και δυσανάγνωστο
Διαδικασία ιεραρχικής ανάλυσης	• Σύγκριση ανα δυο, ευκολία στη χρήση • Διαχείριση πολλαπλών κριτηρίων • Παράλληλη διαχείριση ποιοτικών και ποσοτικών δεδομένων	• Κυρίως υποστηρικτική για άλλες μεθόδους • Υποκειμενική αξιολόγηση ανάλογα με τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων

Ο παραπάνω πίνακας αποτελεί μια σύνοψη των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων του κάθε εργαλείου ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων που μελετήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία. Στη συνέχεια πραγματοποιείται μια σύντομη ανάλυση των στοιχείων του πίνακα για την κάθε μέθοδο:

1. Η **ανάλυση ευαισθησίας** αποτελεί χρήσιμο εργαλείο κατά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων, προσφέροντας τη δυνατότητα άμεσης σύγκρισης μεταξύ των μεταβλητών. Η αξία της εντοπίζεται σε περιπτώσεις έργων όπου υπάρχει έλλειψη ιστορικών δεδομένων. Η μέθοδος αυτή όμως συχνά στερείται αξιοπιστίας, καθώς κάνει χρήση πολλών υπεραπλουστεύσεων, υποθέτοντας για παράδειγμα ανεξαρτησία μεταξύ των μεταβλητών ενώ δεν λαμβάνει υπόψη τη στατιστική συμπεριφορά τους. Συνεπώς, η ανάλυση ευαισθησίας αποτελεί αξιόλογο εργαλείο ανάλυσης σε περιπτώσεις απλών έργων, όπου δεν απαιτείται η χρήση πολλών υποθέσεων.
2. Τα **δένδρα αποφάσεων** αποτελούν μια απλή μέθοδο γραφικής απεικόνισης που χρησιμοποιείται στη λήψη αποφάσεων. Εφαρμόζεται ακόμα και με την ύπαρξη λίγων δεδομένων, όμως σε περιπτώσεις πλήρους απουσίας ιστορικών δεδομένων, είναι ανακριβής. Ταυτόχρονα, δεν λειτουργεί καλά για την απεικόνιση πολύπλοκων μοντέλων. Η αξία της

γίνεται εμφανής όταν συνδυάζεται με τη μέθοδο της αναμενόμενης χρηματικής αξίας, στην οποία βασίζεται για να ποσοτικοποιήσει τα εναλλακτικά σενάρια.

3. Η μέθοδος της **αναμενόμενης χρηματικής αξίας** αποτελεί ένα ιδιαίτερα απλό εργαλείο ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων, το οποίο δεν απαιτεί εξειδικευμένο λογισμικό. Το εργαλείο αυτό ποσοτικοποιεί την πιθανότητα εμφάνισης και την επίδραση των κινδύνων, παρέχοντας την αναμενόμενη τιμή τους. Το παραπάνω γεγονός, όμως, αποτελεί ανάχωμα στην χρήση της σε μεγάλα και πολύπλοκα έργα, καθώς η αναμενόμενη τιμή μεμονωμένα δε συνεισφέρει σημαντικά στη λήψη αποφάσεων. Τέλος, η αναμενόμενη χρηματική αξία συνήθως δεν αξιοποιείται μόνη της, αλλά εφαρμόζεται σε συνδυασμό με τη μέθοδο των δένδρων αποφάσεων.
4. Η **προσομοίωση Monte Carlo** αποτελεί ίσως την πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδο ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων σε έργα. Παρέχει ποσοτική εκτίμηση των κινδύνων, επιτρέποντας την είσοδο πολλαπλών μεταβλητών και αξιοποιώντας τη στατιστική τους συμπεριφορά, όπως αυτή αποτυπώνεται στην κατανομή πιθανότητας. Αποτελεί γρήγορο και ευέλικτο εργαλείο, υπό την προϋπόθεση ότι εφαρμόζεται μέσω εξειδικευμένου λογισμικού σε μοντέρνους υπολογιστές. Το μεγάλο πρόβλημα της μεθόδου αυτής είναι πως δεν λειτουργεί δίχως την ύπαρξη επαρκών ιστορικών δεδομένων.
5. Τα **δένδρα σφαλμάτων** αποτελούν μια ευέλικτη μέθοδο γραφικής απεικόνισης κινδύνων. Επιτρέπουν τη μοντελοποίηση πολλών γεγονότων, ενσωματώνοντας πολλές αιτίες και εξετάζοντας τις αλληλεξαρτήσεις μεταξύ τους. Παρόλα αυτά, το συγκεκριμένο εργαλείο είναι αρκετά χρονοβόρο και κοστοβόρο. Περιορίζεται στην μοντελοποίηση δυο μόνο καταστάσεων (επιτυχία/αποτυχία), ενώ δύσκολα περιλαμβάνει όλους τους αιτιολογικούς παράγοντες.
6. Η **λειτουργία αστοχίας και ανάλυσης αποτελεσμάτων** χρησιμοποιείται ιδιαίτερα κατά την παρακολούθηση της απόδοσης ενός συστήματος. Συνεισφέρει στον έγκαιρο εντοπισμό αστοχιών, την αντιμετώπισή τους και τη μείωση της πιθανότητας επανεμφάνισής τους, εστιάζει όμως στις κύριες λειτουργίες αστοχίας. Ταυτόχρονα, η ιεράρχηση που διαμορφώνει είναι αμιγώς ποσοτική, τοποθετώντας συχνά λιγότερο σημαντικές αστοχίες πιο ψηλά από πιο σοβαρές. Τέλος, τα φύλλα ανάλυσης απαιτούν αρκετό χρόνο για να κατασκευαστούν, ενώ είναι συχνά δυσανάγνωστα.
7. Τα **δένδρα γεγονότων** αποτελούν μια μέθοδο εύκολη στην κατανόηση και χρήση. Παρέχει οπτικοποίηση των σχέσεων αιτίου αποτελέσματος και επιτρέπει την ταυτόχρονη αξιολόγηση επιτυχιών και αποτυχιών. Παρόλα αυτά, επιτρέπει τη μοντελοποίση ενός μόνο γεγονότος εκκίνησης κάθε φορά. Ο υπολογισμός των πιθανοτήτων επιτυχίας και αποτυχίας είναι συχνά δύσκολος, ενώ η χρήση της μεθόδου αυτής απαιτεί πρακτική εμπειρία.
8. Η ποσοτική ανάλυση κινδύνων μέσω **κρίσης εμπειρογνωμόνων και χρήσης ιστορικών δεδομένων** αποτελεί κοινή πρακτική στο χώρο της διοίκησης έργων. Αποτελεί μια μέθοδο που βασίζεται στην προηγούμενη εμπειρία, είτε αυτή προκύπτει από ιστορικά δεδομένα έργων του οργανισμού είτε από την κρίση εμπειρογνωμόνων. Συνεισφέρει σημαντικά

στην ελαχιστοποίηση της επανάληψης των ίδιων λαθών. Η μέθοδος αυτή συχνά αποτελεί στόχο κριτικής, καθώς θεωρείται εμπεριέχει μεγάλο βαθμό υποκειμενικότητας. Η επιτυχία της βασίζεται σε ποιοτικά και αξιόπιστα δεδομένα, ενώ απαιτεί τη συμμετοχή εμπειρογνωμόνων από μεγάλο εύρος επιστημονικών κλάδων, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί το στοιχείο της μεροληψίας (bias).

9. Τα **διαγράμματα επιρροών** αποτελούν μια οπτική απεικόνιση της κατάστασης ενός έργου, περιλαμβάνοντας τους παράγοντες κινδύνου και τις εσωτερικές συσχετίσεις των στοιχείων του έργου. Το μειονέκτημα της μεθόδου αυτής έγκειται στο γεγονός ότι δεν περιλαμβάνει την αποτύπωση πιθανοτήτων. Ταυτόχρονα, ο σχεδιασμός των διαγραμμάτων επιρροών απαιτεί εξειδικευμένο λογισμικό.
10. Η **μέθοδος τεχνικής αξιολόγησης** και αναθεώρησης προγράμματος (PERT) αποτελεί ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο εργαλείο στην ποσοτική ανάλυση κινδύνων. Συμβάλλει στην αναγνώριση των συσχετίσεων μεταξύ των δραστηριοτήτων και τον εντοπισμό της κρίσιμης διαδρομής, ενώ παρέχει αξιόπιστα αποτελέσματα σε περιπτώσεις ύπαρξης ιστορικών δεδομένων. Η μέθοδος αυτή δεν ενδείκνυται για μεγάλα και πολύπλοκα έργα, καθώς η μοντελοποίησή τους είναι αρκετά πολύπλοκη και το δίκτυο PERT γίνεται δυσανάγνωστο.
11. Η **διαδικασία ιεραρχικής ανάλυσης** είναι μια απλή μέθοδος που επιτρέπει την ταυτόχρονη διαχείριση πολλαπλών κριτηρίων, αξιοποιώντας ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα. Η μέθοδος αυτή, όμως, εμπεριέχει σε μεγάλο βαθμό το στοιχείο της υποκειμενικότητας, καθώς το μοντέλο που διαμορφώνεται βασίζεται καθαρά στην οπτική του υπεύθυνου λήψης αποφάσεων. Για το λόγο αυτό, συνήθως λειτουργεί υποστηρικτικά για άλλες μεθόδους ποσοτικής ανάλυσης.

3 Μέθοδος Έρευνας

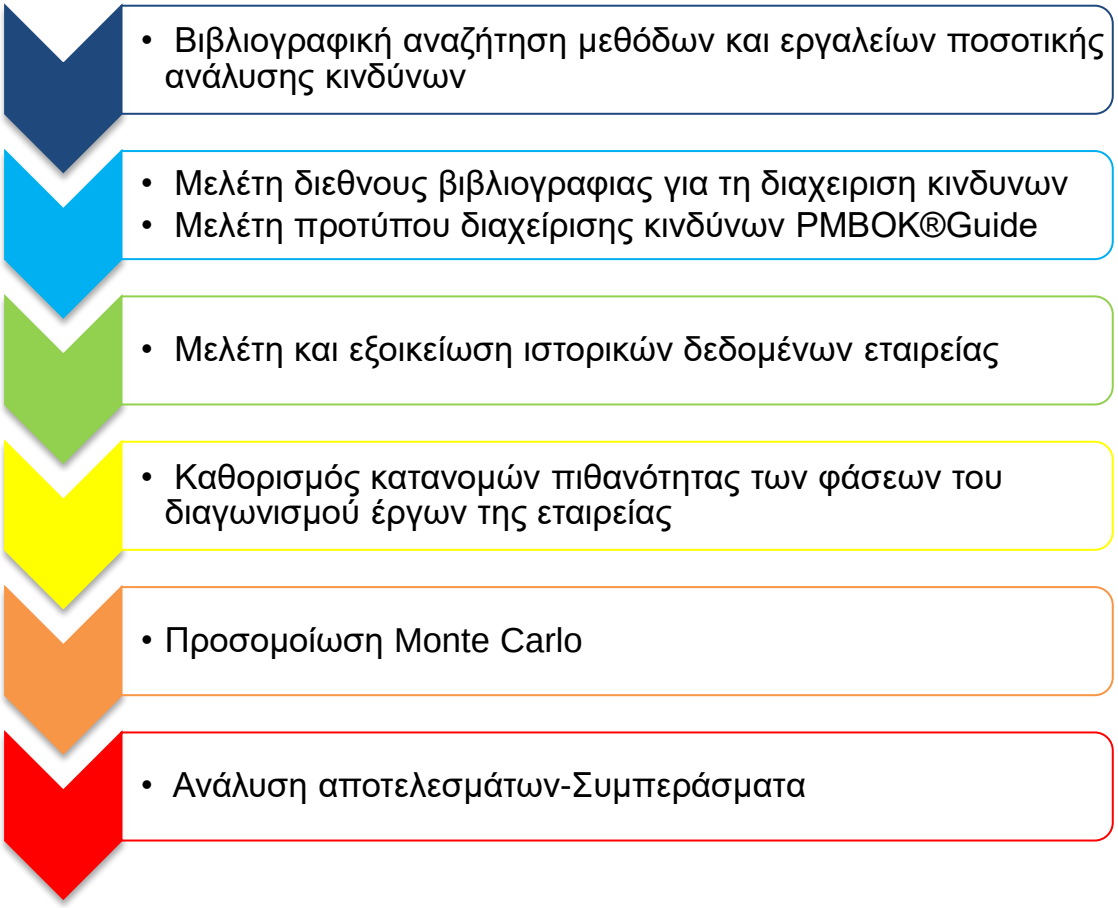
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η μέθοδος έρευνας που ακολουθήθηκε κατά την υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής, με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία και με σκοπό την σωστή εφαρμογή μεθόδων ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων ώστε να αντιμετωπισθούν επιτυχημένα οι καθυστερήσεις λόγω ενστάσεων κατά τη διαγωνιστική διαδικασία σε έργα ενδιαφέροντος ΔΕΔΔΗΕ

Ως πρώτο βήμα πραγματοποιήθηκε αναζήτηση στη διεθνή βιβλιογραφία, επικεντρώνοντας στα σημαντικότερα πρότυπα, πληροφορίες σχετικά με τη διαχείριση κινδύνων σε έργα. Κύριος στόχος ήταν η εύρεση πληροφοριών για τα εργαλεία και τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται κατά τη διαδικασία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων σε έργα. Σημαντική πηγή άντλησης πληροφοριών αποτέλεσαν επιστημονικά άρθρα της διεθνούς βιβλιογραφίας με θέμα την ποσοτική ανάλυση κινδύνων, αλλά και ο Οδηγός Διοίκησης Έργων του Ινστιτούτου Διοίκησης Έργων (Project Management Body of Knowledge 6th edition, PM, 2017). Η αναζήτηση αυτή είχε ως στόχο να γίνει μια πρώτη γνωριμία με το κεντρικό θέμα ενασχόλησης της παρούσας διπλωματικής και να υπάρξει μια βασική επαφή με τα χρησιμοποιούμενα εργαλεία και τεχνικές ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων σε έργα.

Το επόμενο βήμα της παρούσας διπλωματικής ήταν η εξοικείωση με τα ιστορικά δεδομένα που αφορούν τη διάρκεια της κάθε φάσης του διαγωνισμού στα έργα ενδιαφέροντος ΔΕΔΔΗΕ για ένα μεγάλο αριθμό έργων της εταιρείας. Αναζητήθηκαν εργαλεία ποσοτικής ανάλυσης των δεδομένων αυτών προκειμένου να στηθεί το κατάλληλο μοντέλο. Στην παρούσα διπλωματική χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Full Monte, της εταιρείας Barbecana. Μέσα από το εργαλείο αυτό, διαμορφώθηκε το μοντέλο ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων. Επιλέχθηκαν οι κατανομές της κάθε φάσης. Λόγω των περιορισμένων διαθέσιμων επιλογών σε πιθανολογικές κατανομές, για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής επιλέχθηκε η κατανομή LogNormal, η οποία και προσομοιάζει κατά το δυνατόν πιο κοντά τη συμπεριφορά των ιστορικών δεδομένων. Μετά την επιλογή της κατανομής για την κάθε φάση της διαγωνιστικής διαδικασίας, πραγματοποιήθηκε προσομοίωση Monte Carlo.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε ανάλυση των εξαγόμενων αποτελεσμάτων από την προσομοίωση Monte Carlo. Χρησιμοποιήθηκε ανάλυση ευαισθησίας με βάση διαγράμματα κυκλώνα (tornado diagrams). Συζητήθηκε η συσχέτιση των αποτελεσμάτων με τα πρότυπα που είχαν διαμορφωθεί από την εταιρεία με σκοπό την προσαρμογή των πρότυπων καθορισμένων διαρκειών στα πραγματικά δεδομένα, όπως αυτά αποτυπώνονται μέσα από την ανάλυση.

Στη συνέχεια ακολουθεί ένα διάγραμμα ροής(flowchart) όπου αποτυπώνονται τα παραπάνω βήματα.



Σχήμα 3-1:Διάγραμμα ροής της μεθόδου έρευνας της διπλωματικής

4 Παρουσίαση λογισμικού Full Monte

4.1 Περιγραφή λογισμικού

Το πρόγραμμα Full Monte™ της εταιρείας Barbecana είναι ένα σύγχρονο εργαλείο ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων το οποίο αποτελεί σημαντικό βοήθημα λήψης αποφάσεων σε ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών. Το εργαλείο αυτό βασίζεται στην επιλογή πιθανολογικών κατανομών για την κάθε δραστηριότητα που περιλαμβάνεται σε ένα έργο και στη συνέχεια την εφαρμογή προσομοίωσης Monte Carlo, ώστε να αποτυπωθεί και να κατανοηθεί η αβεβαιότητα που περιλαμβάνεται σε ένα έργο. Μέσα από την προσομοίωση ενός μεγάλου εύρους εναλλακτικών σεναρίων, τα οποία στο σύνολό τους προσπαθούν να καλύψουν όλο το εύρος αβεβαιότητας σε ένα έργο, δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να αξιολογήσει όλα τα πιθανά σενάρια και να εντοπιστούν τα κρίσιμα σημεία του προβλήματος.

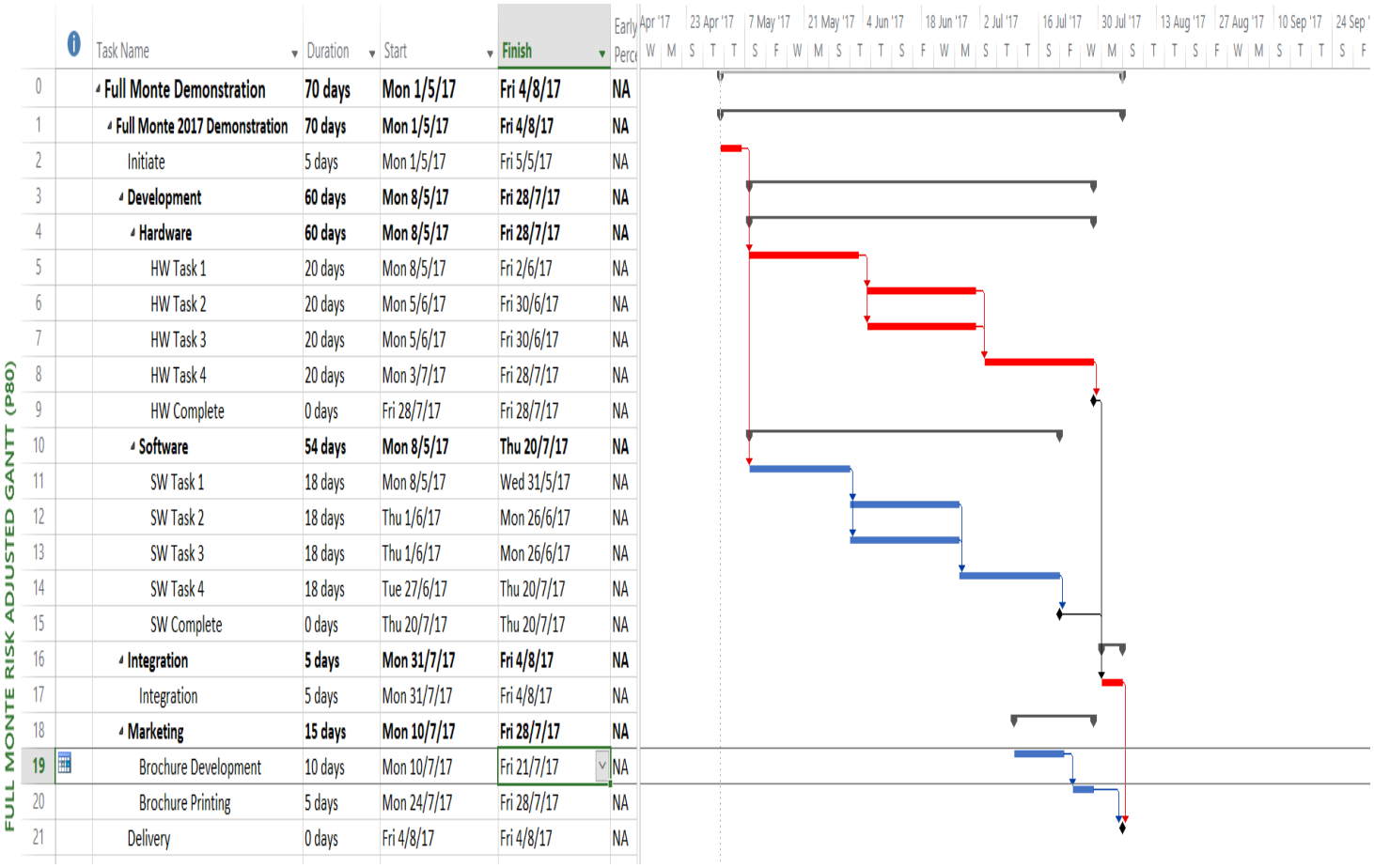
Η διαδικασία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων μέσω της χρήσης του λογισμικού Full Monte™ περιλαμβάνει τα επόμενα στάδια:

1. Εισαγωγή του έργου υπό εξέταση
2. Επιλογή στατιστικών κατανομών πιθανότητας
3. Εκτέλεση προσομοίωσης Monte Carlo
4. Ανάλυση αποτελεσμάτων

Στη συνέχεια, αναλύονται τα παραπάνω βήματα και παρουσιάζονται συνοπτικά οι δυνατότητες που διαθέτει το πρόγραμμα Full Monte™.

4.2 Εισαγωγή έργου υπό εξέταση

Το πρώτο βήμα στην ποσοτική ανάλυση κινδύνων είναι η εισαγωγή ενός έργου ή μοντέλου απεικόνισης του πραγματικού προβλήματος. Αυτό γίνεται μέσω του λογισμικού Microsoft Project, το οποίο αποτυπώνει τις δραστηριότητες του υπό εξέταση έργου. Στη συνέχεια, αποτυπώνεται ενδεικτικά στο σχήμα 4-1 ένα παράδειγμα μοντέλου προς εισαγωγή από το Microsoft Project.



Σχήμα 4-1: Παράδειγμα έργου προς εισαγωγή από το Microsoft Project (Barbecana, 2017)

Είναι σαφές ότι η σωστή μοντελοποίηση κατά τη διαμόρφωση του έργου στο πρόγραμμα Microsoft Project είναι απαραίτητη προκειμένου να επιτευχθεί η κατά το δυνατόν καλύτερη αποτύπωση της πραγματικότητας. Σε περιπτώσεις όπου η αλληλουχία και αλληλεξάρτηση των δραστηριοτήτων του έργου δεν είναι σωστά μοντελοποιημένες, είναι βέβαιο ότι τα αποτελέσματα που θα προκύψουν μετά το πέρας της προσομοίωσης θα είναι και αυτά λανθασμένα.

4.3 Επιλογή στατιστικών κατανομών πιθανότητας

Κατά την εισαγωγή των δεδομένων στο λογισμικό, υπάρχουν ορισμένες μεταβλητές οι οποίες έχουν καθορισμένη τιμή, ενώ άλλες δέχονται τιμές μέσα από ένα εύρος τιμών το οποίο δημιουργεί την αβεβαιότητα στο έργο. Στην περίπτωση όπου οι μεταβλητές διαθέτουν ένα εύρος πιθανών τιμών, είναι σημαντικό να καθοριστεί για την κάθε μια η στατιστική κατανομή της, η οποία και μοντελοποιεί την συμπεριφορά της στο εκάστοτε εύρος τιμών. Καθορίζει δηλαδή την πιθανότητα η μεταβλητή να λάβει την κάθε τιμή εντός του καθορισμένου εύρους.

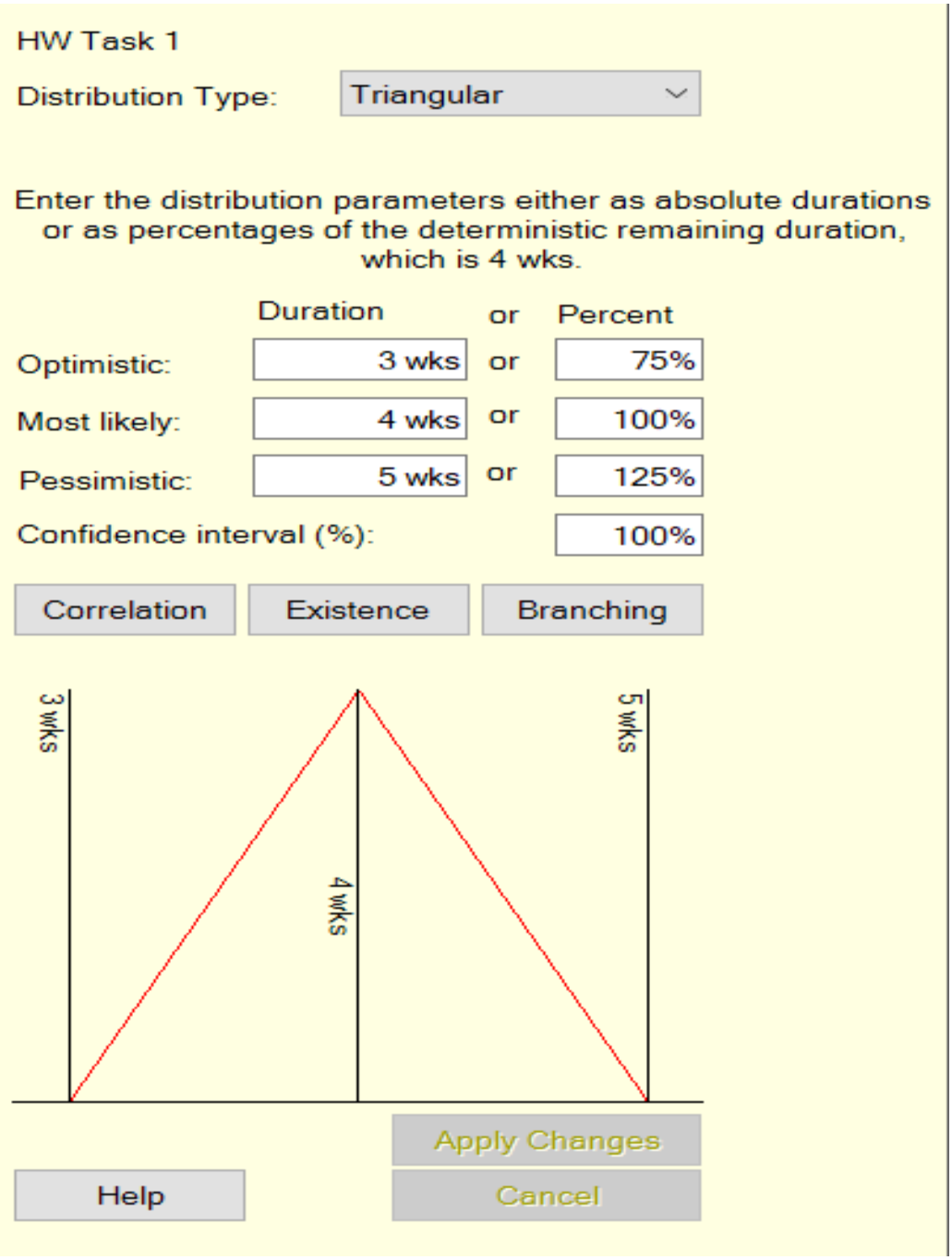
Για το σκοπό αυτό, το πρόγραμμα Full Monte™ υποστηρίζει τις παρακάτω κατανομές:

1. Beta
2. Lognormal
3. Normal
4. Triangular
5. Uniform

Φυσικά, η επιλογή της στατιστικής κατανομής δεν αρκεί, αλλά απαιτείται και ο καθορισμός των παραμέτρων της κατανομής ώστε η μοντελοποίηση να είναι ολοκληρωμένη. Το πρόγραμμα Full Monte™ επιλέγει να διαχειριστεί τις παραμέτρους της κάθε κατανομής μέσω του καθορισμού τριών εκτιμήσεων της διάρκειας ή του κόστους μιας δραστηριότητας, ακλουθώντας τη λογική της τεχνικής PERT. Ο χρήστης απαιτείται να κάνει τουλάχιστον δυο εκ των τριών εκτιμήσεων, δηλαδή της απαισιόδοξης, της πιο πιθανής και της αισιόδοξης τιμής. Ενδεικτικά στα σχήματα 4-2 και 4-3 αποτυπώνεται το παράθυρο επιλογής της στατιστικής κατανομής.

ID	Click to sort. Task Name	Remaining Duration	Early Finish Histogram	Duration Distribution Type	Duration Optimistic	Duration Most Likely	Duration Pessimistic	Duration Confidence Interval (%)
0	Full Monte Demonstration	14 wks	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
1	Full Monte 2017 Demons	14 wks	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
21	Delivery	0	NA	Triangular				
3	Development	12 wks	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
4	Hardware	12 wks	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
9	HW Complete	0	NA	Triangular				
5	HW Task 1	4 wks	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
6	HW Task 2	4 wks	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
7	HW Task 3	4 wks	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
8	HW Task 4	4 wks	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
10	Software	54 days	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
15	SW Complete	0	NA	Triangular				
11	SW Task 1	18 days	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
12	SW Task 2	18 days	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
13	SW Task 3	18 days	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
14	SW Task 4	18 days	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
2	Initiate	1 wk	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
16	Integration	1 wk	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
17	Integration	1 wk	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
18	Marketing	3 wks	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
19	Brochure Developmer	2 wks	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
20	Brochure Printing	1 wk	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%

Σχήμα 4-2: Αποτύπωση του προς εξέταση έργου στο Full Monte (Barbecana, 2017)

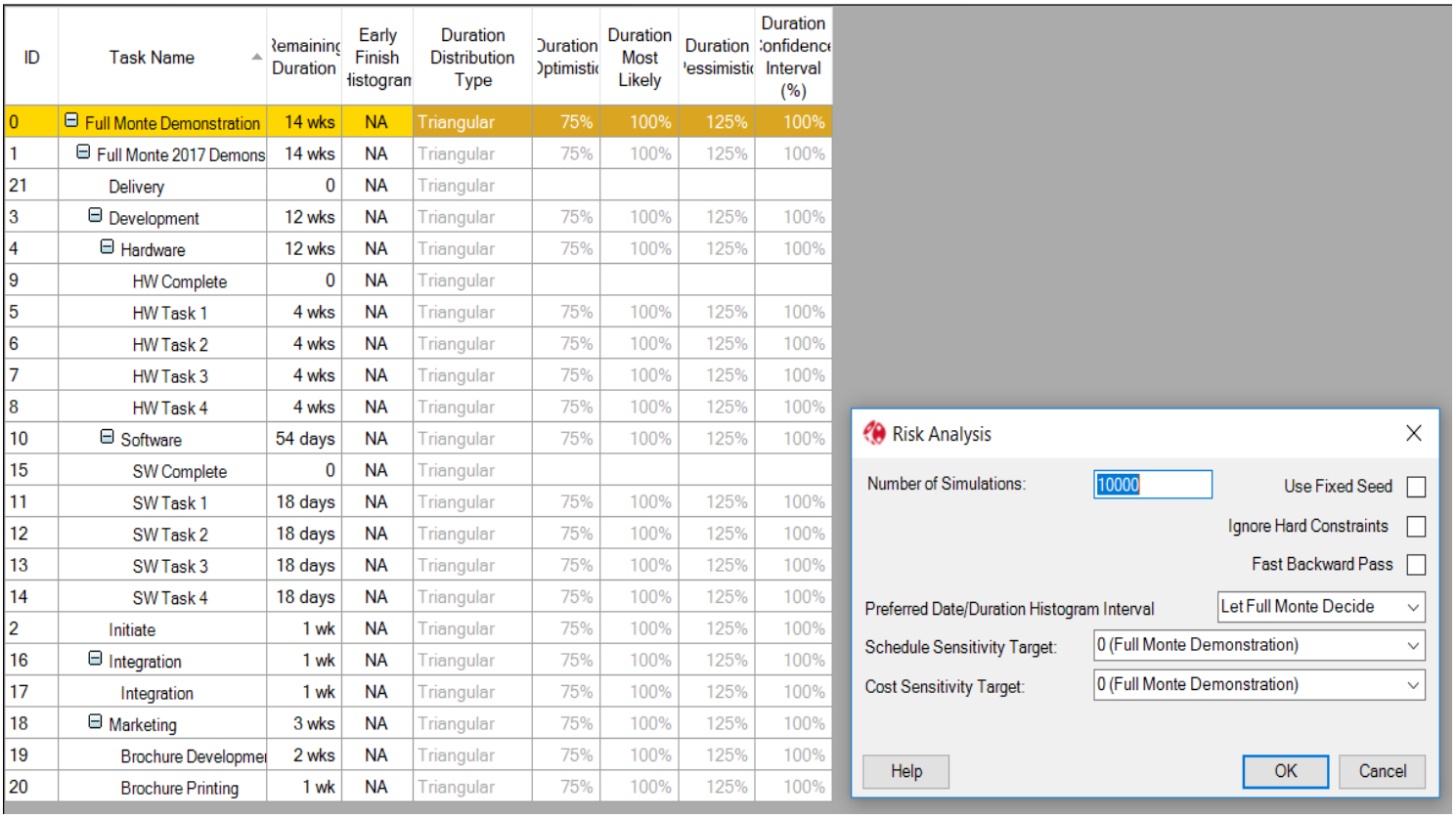


Σχήμα 4-3: Επιλογή κατανομής και των μεταβλητών της στο Full Monte (Barbecana, 2017)

Μια άλλη παράμετρος που μπορεί να αλλάξει είναι το διάστημα εμπιστοσύνης. Το διάστημα εμπιστοσύνης είναι ένα μέτρο της εμπιστοσύνης που έχει ο χρήστης σε αυτές τις αισιόδοξες και απαισιόδοξες τιμές που υπολογίζει. Για παράδειγμα, εάν ο χρήστης δεν είναι σίγουρος για τα πιθανά αποτελέσματα, μπορεί να το ορίσει την παράμετρο αυτή στο 90% και να ορίσει τις αισιόδοξες και απαισιόδοξες τιμές με τέτοιο τρόπο ώστε να περιμένει ότι μόνο το 90% των πιθανών αποτελεσμάτων θα πέσουν μεταξύ τους.

4.4 Εκτέλεση προσομοίωσης Monte Carlo

Το τελευταίο βήμα της μοντελοποίησης είναι η προσομοίωση Monte Carlo. Η μέθοδος Monte Carlo είναι ίσως η συχνότερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων, ιδίως σε εφαρμογές μεγάλων έργων. Κατά την προσομοίωση αυτή επιλέγεται μια τυχαία τιμή για κάθε μεταβλητή από το εύρος τιμών της, σύμφωνα με τη στατιστική κατανομή της, και έτσι ορίζεται το τελικό αποτέλεσμα. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται πολλές φορές ανάλογα με τον αριθμό επαναλήψεων που επιλέγονται. Συχνά, επιλέγεται ο αριθμός των 1000 επαναλήψεων, ωστόσο ο αριθμός των 10000 επαναλήψεων ενδείκνυται ως ο πιο κατάλληλος για να δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα σε εύλογο χρονικό διάστημα. Φυσικά, όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των επαναλήψεων, τόσο πιο ομαλά είναι τα αποτελέσματα, καθώς μικραίνουν οι αποκλίσεις, αυξάνει όμως σημαντικά ο χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση της προσομοίωσης. Η σημασία της προσομοίωσης αυτής είναι προφανής, καθώς υλοποιεί πολλαπλά διαφορετικά σενάρια πολύ σύντομα, αποτυπώνοντας όσο το δυνατόν καλύτερα το έργο και τους κίνδυνους που περιλαμβάνονται σε αυτό. Στο σχήμα 4-4 αποτυπώνεται το παράθυρο επιλογής του αριθμού επαναλήψεων της προσομοίωσης Monte Carlo.



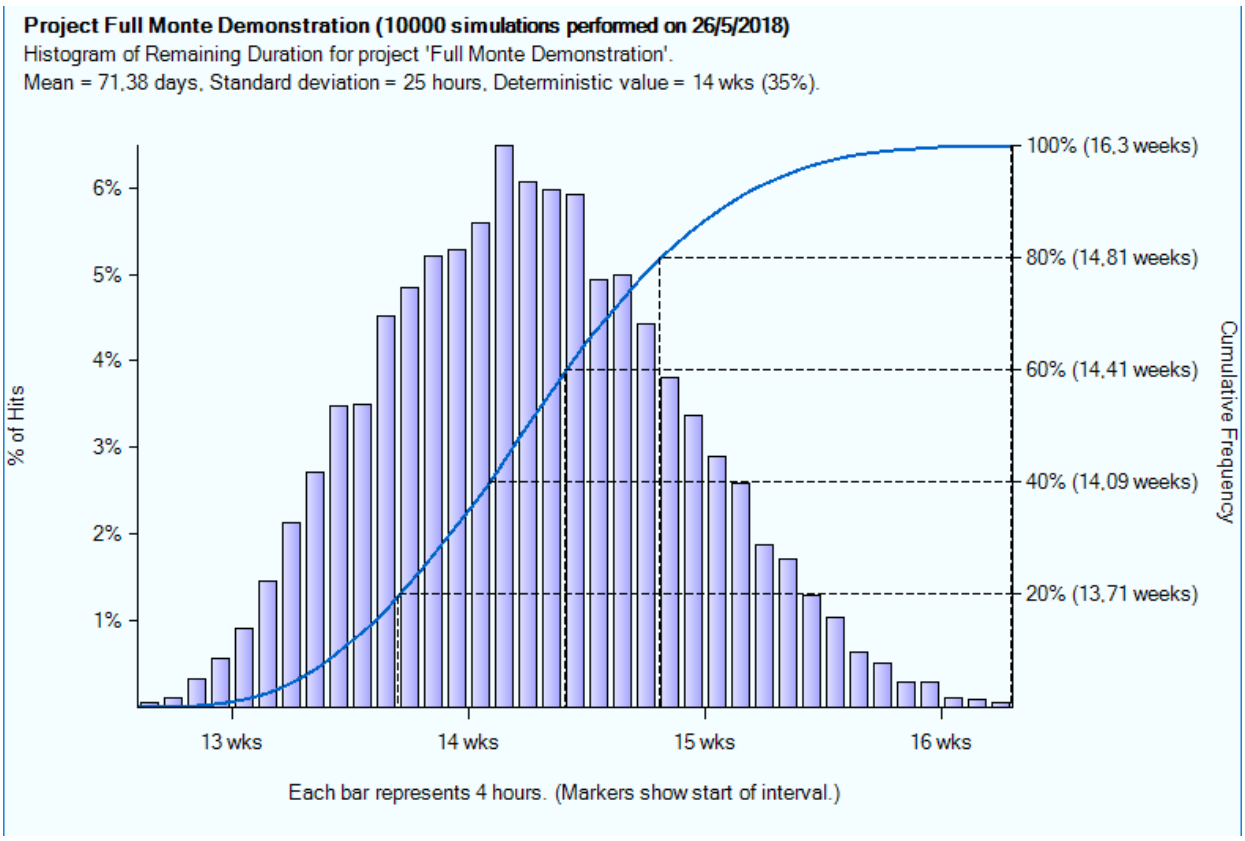
ID	Task Name	Remaining Duration	Early Finish Histogram	Duration Distribution Type	Duration Optimistic	Duration Most Likely	Duration Pessimistic	Duration Confidence Interval (%)
0	Full Monte Demonstration	14 wks	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
1	Full Monte 2017 Demons	14 wks	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
21	Delivery	0	NA	Triangular				
3	Development	12 wks	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
4	Hardware	12 wks	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
9	HW Complete	0	NA	Triangular				
5	HW Task 1	4 wks	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
6	HW Task 2	4 wks	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
7	HW Task 3	4 wks	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
8	HW Task 4	4 wks	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
10	Software	54 days	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
15	SW Complete	0	NA	Triangular				
11	SW Task 1	18 days	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
12	SW Task 2	18 days	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
13	SW Task 3	18 days	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
14	SW Task 4	18 days	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
2	Initiate	1 wk	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
16	Integration	1 wk	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
17	Integration	1 wk	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
18	Marketing	3 wks	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
19	Brochure Developme	2 wks	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%
20	Brochure Printing	1 wk	NA	Triangular	75%	100%	125%	100%

Σχήμα 4-4: Παράθυρο επιλογής αριθμού επαναλήψεων για την προσομοίωση (Barbecana, 2017)

4.5 Ανάλυση αποτελεσμάτων

Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία της προσομοίωσης, παρέχεται η δυνατότητα επεξεργασίας των αποτελεσμάτων. Παρουσιάζονται στη συνέχεια ενδεικτικά τα κυριότερα εργαλεία που διατίθενται στο Full Monte™:

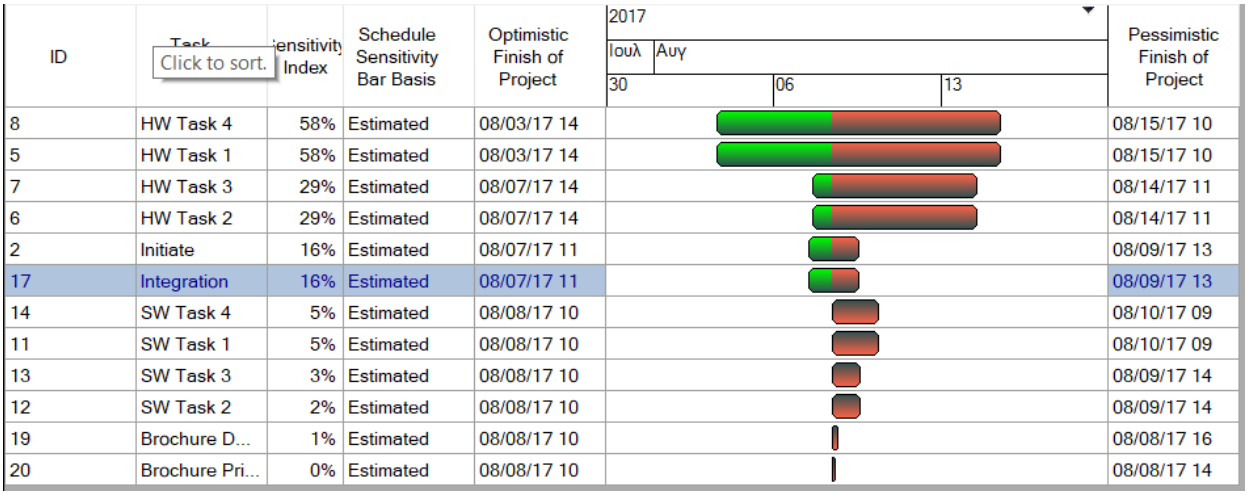
- Ιστόγραμμα το οποίο αποτυπώνει την καμπύλη πιθανότητας της κάθε δραστηριότητας ή και του έργου συνολικά. Στο σχήμα 4-5 αποτυπώνεται ένα παράδειγμα ιστογράμματος ενός έργου.



Σχήμα 4-5: Ιστόγραμμα έργου (Barbecana, 2017)

Το ιστόγραμμα μπορεί να αποτυπώνει τη διάρκεια, το κόστος ενός έργου, ακόμα και την νωρίτερη ολοκλήρωση, αργότερη εκκίνηση ή ολοκλήρωση του έργου.

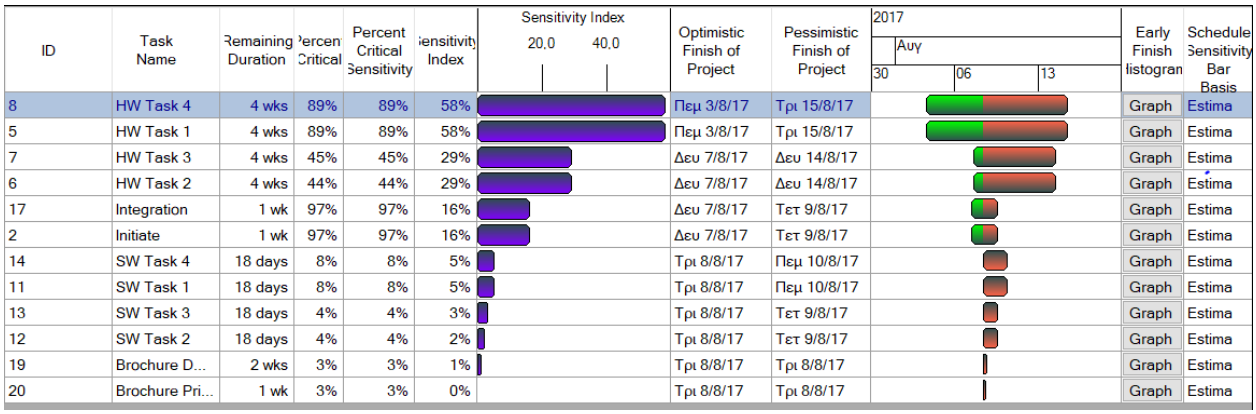
- Διάγραμμα κυκλώνα, το οποίο αποτυπώνει ουσιαστικά σε φθίνουσα σειρά οι δραστηριότητες οι οποίες σε περίπτωση αλλαγών είναι επηρεάζουν περισσότερο την συμπεριφορά του έργου. Στο σχήμα 4-6 παρουσιάζεται ένα ενδεικτικό διάγραμμα κυκλώνα.



ID	Task	Sensitivity Index	Schedule Sensitivity Bar Basis	Optimistic Finish of Project	Pessimistic Finish of Project
8	HW Task 4	58%	Estimated	08/03/17 14	08/15/17 10
5	HW Task 1	58%	Estimated	08/03/17 14	08/15/17 10
7	HW Task 3	29%	Estimated	08/07/17 14	08/14/17 11
6	HW Task 2	29%	Estimated	08/07/17 14	08/14/17 11
2	Initiate	16%	Estimated	08/07/17 11	08/09/17 13
17	Integration	16%	Estimated	08/07/17 11	08/09/17 13
14	SW Task 4	5%	Estimated	08/08/17 10	08/10/17 09
11	SW Task 1	5%	Estimated	08/08/17 10	08/10/17 09
13	SW Task 3	3%	Estimated	08/08/17 10	08/09/17 14
12	SW Task 2	2%	Estimated	08/08/17 10	08/09/17 14
19	Brochure D...	1%	Estimated	08/08/17 10	08/08/17 16
20	Brochure Pri...	0%	Estimated	08/08/17 10	08/08/17 14

Σχήμα 4-6: Διάγραμμα κυκλώνα (Barbecana, 2017)

Το λογισμικό Full Monte™ προσφέρει και τη δυνατότητα να αποτυπώσει σε διάγραμμα και το δείκτη ευαισθησίας επιπλέον του διαγράμματος κυκλώνα, το οποίο αποτυπώνεται στο σχήμα 4-7.



ID	Task Name	Remaining Duration	Percent Critical	Percent Critical Sensitivity	Sensitivity Index	Optimistic Finish of Project	Pessimistic Finish of Project	Early Finish Histogram	Schedule Sensitivity Bar Basis
8	HW Task 4	4 wks	89%	89%	58%	Πεμ 3/8/17	Τρι 15/8/17	Graph	Estima
5	HW Task 1	4 wks	89%	89%	58%	Πεμ 3/8/17	Τρι 15/8/17	Graph	Estima
7	HW Task 3	4 wks	45%	45%	29%	Δευ 7/8/17	Δευ 14/8/17	Graph	Estima
6	HW Task 2	4 wks	44%	44%	29%	Δευ 7/8/17	Δευ 14/8/17	Graph	Estima
17	Integration	1 wk	97%	97%	16%	Δευ 7/8/17	Τετ 9/8/17	Graph	Estima
2	Initiate	1 wk	97%	97%	16%	Δευ 7/8/17	Τετ 9/8/17	Graph	Estima
14	SW Task 4	18 days	8%	8%	5%	Τρι 8/8/17	Πεμ 10/8/17	Graph	Estima
11	SW Task 1	18 days	8%	8%	5%	Τρι 8/8/17	Πεμ 10/8/17	Graph	Estima
13	SW Task 3	18 days	4%	4%	3%	Τρι 8/8/17	Τετ 9/8/17	Graph	Estima
12	SW Task 2	18 days	4%	4%	2%	Τρι 8/8/17	Τετ 9/8/17	Graph	Estima
19	Brochure D...	2 wks	3%	3%	1%	Τρι 8/8/17	Τρι 8/8/17	Graph	Estima
20	Brochure Pri...	1 wk	3%	3%	0%	Τρι 8/8/17	Τρι 8/8/17	Graph	Estima

Σχήμα 4-7: Διάγραμμα κυκλώνα και διάγραμμα δείκτη ευαισθησίας (Barbecana, 2017)

- Συνοπτικός πίνακας αποτύπωσης των αποτελεσμάτων, όπου παρουσιάζονται μεταξύ άλλων το ποσοστό ολοκλήρωσης της κάθε δραστηριότητας και του έργου, το δείκτη ευαισθησίας, τις ημερομηνίες νωρίτερης εκκίνησης και ολοκλήρωσης καθώς και τις αποκλίσεις τους. Αυτά αποτυπώνονται στο σχήμα 4-8.

ID	Task Name	Percent Critical	Sensitivity Index	Merge Delay	Early Start Expected Value	Early Start Standard Deviation	Early Finish Expected Value	Early Finish Standard Deviation	Total Slack Expected Value	Total Slack Standard Deviation	Free Slack Expected Value	Free Slack Standard Deviation	Cost Expected Value	Cost Standard Deviation
0	⊟ Full Monte De	100%	NA	0	Δευ 1/5/17	0	Τρι 8/8/17	25,1...	0	0	0	0	74.1...	2.44
1	⊟ Full Monte 2	100%	NA	16 ...	Δευ 1/5/17	0	Τρι 8/8/17	25,1...	0	0	0	0	74.1...	2.44
21	Delivery	100%	0%	16 ...	Τρι 8/8/17	25,1...	Τρι 8/8/17	25,1...	0	0	0	0	0 $	0 $
3	⊟ Developm	97%	NA	92 ...	Δευ 8/5/17	4,05	Τρι 1/8/17	25,3...	15 mins	2,03	15 mi	2,03	66.5...	2.37
4	⊟ Hardwar	89%	NA	0	Δευ 8/5/17	4,05	Τρι 1/8/17	27,0...	1,78	6,82	1,78	6,82	31.9...	1.62
9	HW Co	89%	0%	0	Τρι 1/8/17	27,0...	Τρι 1/8/17	27,0...	1,78	6,82	92 mi	6,47	0 $	0 $
5	HW Ta	89%	58%	0	Δευ 8/5/17	4,05	Παρ 2/6/17	16,8...	1,78	6,82	0	0	7.99	818 $
6	HW Ta	44%	29%	0	Παρ 2/6/17	16,8...	Παρ 30/6/17	23,6...	11,27...	1,85 ...	9,48	13,5...	7.99	817 $
7	HW Ta	45%	29%	0	Παρ 2/6/17	16,8...	Παρ 30/6/17	23,4...	11,13...	1,85 ...	9,35	13,5...	8.00	819 $
8	HW Ta	89%	58%	9,3...	Τρι 4/7/17	21,5...	Τρι 1/8/17	27,0...	1,78	6,82	0	0	7.98	819 $
10	⊟ Software	8%	NA	0	Δευ 8/5/17	4,05	Δευ 24/7/17	24,1...	50,35...	33 hrs	50,3...	33 hrs	34.5...	1.74
15	SW Co	8%	0%	0	Δευ 24/7/	24,1...	Δευ 24/7/17	24,1...	50,35...	33 hrs	50,1	33,2...	0 $	0 $
11	SW Ta	8%	5%	0	Δευ 8/5/17	4,05	Πεμ 1/6/17	15,1...	50,35...	33 hrs	0	0	8.65	875 $
12	SW Ta	4%	2%	0	Πεμ 1/6/17	15,1...	Τρι 27/6/17	20,9...	58,77...	33,9...	8,42	11,9	8.63	869 $
13	SW Ta	4%	3%	0	Πεμ 1/6/17	15,1...	Τρι 27/6/17	21,2...	58,68...	34,2...	8,32	12,0...	8.64	883 $
14	SW Ta	8%	5%	8,3...	Τετ 28/6/	19,3...	Δευ 24/7/17	24,1...	50,35...	33 hrs	0	0	8.62	885 $
2	Initiate	97%	16%	0	Δευ 1/5/17	0	Δευ 8/5/17	4,05	15 mins	2,03	0	0	3.20	324 $
16	⊟ Integratior	97%	NA	0	Τρι 1/8/17	25,3...	Τρι 8/8/17	25,6...	15 mins	2,03	15 mi	2,03	4.39	452 $
17	Integrati	97%	16%	92 ...	Τρι 1/8/17	25,3...	Τρι 8/8/17	25,6...	15 mins	2,03	15 mi	2,03	4.39	452 $
18	⊟ Marketing	3%	NA	0	Δευ 10/7/	0	Δευ 31/7/17	9,08	50,7	26,5...	50,7	26,5...	0 $	0 $
19	Brochur	3%	1%	0	Δευ 10/7/	0	Δευ 24/7/17	8,2 hrs	50,7	26,5...	0	0	0 $	0 $
20	Brochur	3%	0%	0	Δευ 24/7/	8,2 hrs	Δευ 31/7/17	9,08	50,7	26,5...	50,7	26,5...	0 $	0 $

Σχήμα 4-8: Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων (Barbecana, 2017)

5 Μελέτη περίπτωσης

5.1 Περιγραφή εταιρείας

5.1.1 Γενικά στοιχεία

Ο Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ) είναι μια θυγατρική ανώνυμη εταιρεία, κατά 100% ιδιοκτησία της ΔΕΗ, η οποία συστάθηκε με το Νόμο 4001/2011. Ο ΔΕΔΔΗΕ είναι υπεύθυνος για την ανάπτυξη, τη λειτουργία και τη συντήρηση του δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, προκειμένου να διασφαλισθεί η αξιόπιστη και ασφαλής λειτουργία του. Λειτουργεί με γνώμονα την ικανοποίηση της υπάρχουσας ανάγκης σε ηλεκτρική ενέργεια με σεβασμό στο περιβάλλον, κατά τρόπο οικονομικό, διαφανή και αμερόληπτο. Η εταιρεία είναι επιπλέον υπεύθυνη για τη διαχείριση της παραγωγής και λειτουργίας των ηλεκτρικών συστημάτων των μη διασυνδεδεμένων νησιών (ΜΔΝ).

Σκοπός της εταιρείας είναι η ουσιαστική συνεισφορά στην ανάπτυξη της χώρας, την ευημερία και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών, μέσω της αξιόπιστης και οικονομικά αποδοτικής παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, σεβόμενη πάντα το περιβάλλον και τους πολίτες. Το όραμα της εταιρείας είναι να εξασφαλίσει τη μέγιστη δυνατή ικανοποίηση για όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη, δηλαδή τους πολίτες, τους εργαζόμενους, τους συνεργάτες και τους μετόχους.

Οι στόχοι της εταιρείας μπορούν να συνοψιστούν στα επόμενα σημεία:

- Ποιοτική εξυπηρέτηση των πελατών, μέσω ταχείας ικανοποίησης των αιτημάτων τους και τη βέλτιστη διαχείριση των παραπόνων τους.
- Υψηλής ποιότητας παρεχόμενη ενέργεια, εστιάζοντας στην αναβάθμιση των εγκαταστάσεων, μείωση των διακοπών ρεύματος και ταχύτερη αποκατάσταση των βλαβών.
- Μείωση του λειτουργικού κόστους, μέσω του εκσυγχρονισμού του δικτύου.
- Παροχή αξιόπιστου και ασφαλούς δικτύου, με ίση πρόσβαση σε όλους τους πολίτες, σε εναρμόνιση με το ρυθμιστικό πλαίσιο.

5.1.2 Βασικά μεγέθη εταιρείας

Σύμφωνα με την ιστοσελίδα της εταιρείας (www.deddie.gr) , για το έτος 2016, η εταιρεία εξυπηρετεί περίπου 7,5 εκατομμύρια πελάτες και ανάγκες της τάξεως των

43GWH. Διαθέτει 111.559 km δικτύου μέσης τάσης και 125.798 km δικτύου χαμηλής τάσης. Επιπλέον, η εταιρεία διαθέτει 950 km δικτύου υψηλής τάσης, εκ των οποίων 205 στην Αττική και 745 km στα μη διασυνδεδεμένα νησιά. Ο ΔΕΔΔΗΕ υποστηρίζει 161.932 υποσταθμούς μέσης προς χαμηλή τάση και 229 υποσταθμούς υψηλής προς μέση τάση, εκ των οποίων 20 κλειστού τύπου, 202 κατανεμημένοι στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα και 27 στα μη Διασυνδεδεμένα νησιά. Επιπλέον, η εταιρεία στηρίζει επενδύσεις 185 εκ.€ σε ετήσια βάση, λειτουργικές δαπάνες εκμετάλλευσης 428 εκ.€ , πάγια δικτύου διανομής στα 3,7 δις.€ για το 2016 και ετήσια έσοδα από τη χρήση του δικτύου ύψους 717 εκ.€ . Ο ΔΕΔΔΗΕ κατέχει την 5η θέση ανάμεσα στις εταιρείες παροχής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση, με βάση τον αριθμό των καταναλωτών και το μήκος του δικτύου.

5.1.3 Εταιρική Κοινωνική Ευθύνη

Η στρατηγική της εταιρείας είναι στενά συνδεδεμένη με την εταιρική της κοινωνική ευθύνη, στοχεύοντας στην ικανοποίηση όλων των ενδιαφερόμενων μερών. Η Εταιρική Κοινωνική Ευθύνη της εταιρείας συνοψίζεται σε τρεις περιοχές: Περιβάλλον, Κοινωνία και Αγορά.

- Περιβάλλον

Ο ΔΕΔΔΗΕ στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τις δραστηριότητές της. Συμμετέχει ενεργά στην προστασία της χλωρίδας και της πανίδας των περιοχών όπου βρίσκεται το δίκτυο του, τοποθετώντας προστατευτικά καλύμματα στους αγωγούς και ειδικές κατασκευές πάνω σε στύλους για να προστατεύσει κατά το δυνατόν τα πτηνά των περιοχών. Καλύπτει επίσης μέρος του κόστους περίθαλψης τραυματισμένων πτηνών λόγω ηλεκτροπληξίας. Επιπλέον, επιδιώκει τη βελτίωση της αισθητικής των δικτύων, τόσο υπόγειων όσο και εναέριων σε αισθητικά επιβαρημένες αστικές περιοχές κι ιδιαίτερου ενδιαφέροντος οικισμούς. Τέλος, υποστηρίζει πρωτοβουλίες προστασίας του περιβάλλοντος, όπως δενδροφυτεύσεις, δράσεις μείωσης του περιβαλλοντικού της αποτυπώματος, μέσω της ορθής διαχείρισης των αποβλήτων και εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια της ενώ προωθεί την αντικατάσταση των υπαρχόντων μετρητών με έξυπνους μετρητές περιορισμού της κατανάλωσης ενέργειας.

- Κοινωνία

Ο ΔΕΔΔΗΕ στηρίζει με συνέπεια ΜΚΟ στοχεύοντας στη στήριξη ευπαθών κοινωνικών ομάδων. Ενισχύει την τοπική επιχειρηματικότητα, μέσω της ανάθεσης εργασιών κατασκευής σε τοπικούς εργολάβους και προμήθεια υλικών από την τοπική

αγορά. Ακόμα, παρέχει τεχνογνωσία στους Δήμους σε θέματα φωτισμού. Υποστηρίζει πρωτοβουλίες πολιτιστικού χαρακτήρα σε τοπικές κοινωνίες. Επιπλέον, διαθέτει ένα σημαντικό πρόγραμμα υποστήριξης της εκπαίδευσης. Προσφέρει απασχόληση σε φοιτητές στα πλαίσια της πρακτικής τους άσκησης, στηρίζει και οργανώνει εκπαιδευτικά συνέδρια και εκπονεί ερευνητικά έργα σε συνεργασία με το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Παράλληλα, ο ΔΕΔΔΗΕ εντείνει την προσπάθειά του να διατηρήσει και να ενισχύσει ένα κατάλληλο εργασιακό περιβάλλον, μέσω της οργάνωσης εκπαιδευτικών προγραμμάτων και επιστημονικών σεμιναρίων, αλλά και την εφαρμογή αυστηρών μέτρων προστασίας για την ασφάλεια των εργαζομένων. Προωθεί τη διαφορετικότητα, δίνοντας ίσες ευκαιρίες και στα δυο φύλλα, παρέχει ειδικές άδειες σε εργαζόμενους μονογονεϊκών οικογενειών και σε περιπτώσεις εκτάκτων αναγκών. Τέλος, παρέχει δωρεάν συμμετοχή των παιδιών εργαζομένων σε βρεφονηπιακούς σταθμούς και παιδικές κατασκηνώσεις.

- Αγορά

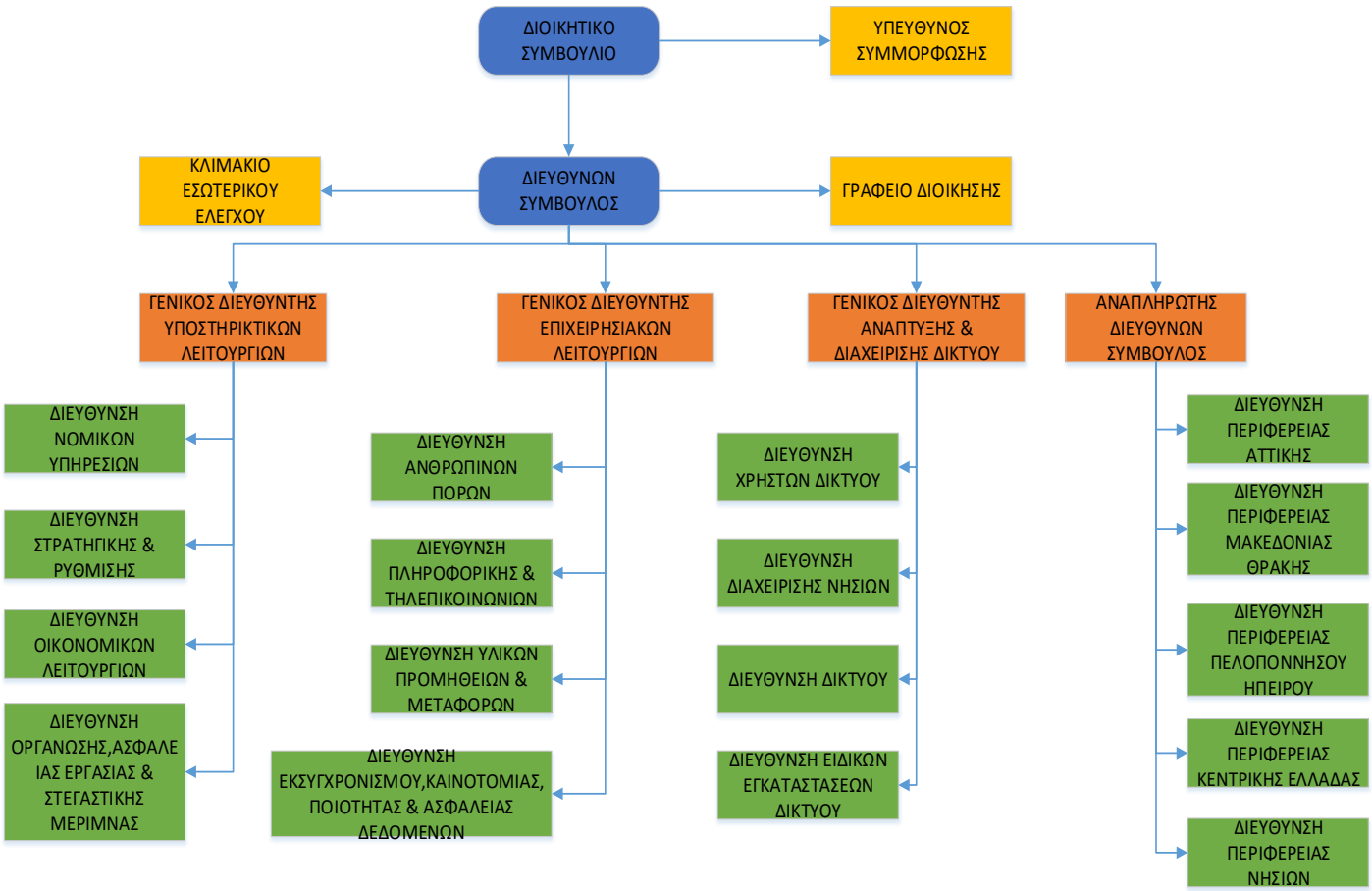
Στο πλαίσιο της καλύτερης εξυπηρέτησης των πελατών, ο ΔΕΔΔΗΕ εισάγει νέες τεχνολογίες, οι οποίες αναβαθμίζουν τις παρεχόμενες υπηρεσίες. Ταυτόχρονα, παρέχει τη δυνατότητα ένταξης των δικαιούχων στο Κοινωνικό Οικιακό Τιμολόγιο για ευάλωτους πελάτες. Ενημερώνει τους πελάτες του για την ένδειξη των μετρητών, τις Εγγυημένες Υπηρεσίες και το ρυθμιστικό πλαίσιο. Επίσης, για τους συνεργάτες του, θεσπίζει ρήτρα τήρησης της εργατικής νομοθεσίας για την προστασία των εργαζομένων. Λειτουργεί πληροφοριακά συστήματα για την ορθή διαχείριση των εργολάβων. Τέλος, θέτει σε δημόσια διαβούλευση τις διακηρύξεις του, και δίνει άμεση πρόσβαση στον Κανονισμό Έργων, Προμηθειών και Υπηρεσιών του.

5.1.4 Οργανόγραμμα

Η εταιρεία διαθέτει σήμερα περίπου 6850 υπαλλήλους, οι οποίοι κατανέμονται σε:

1) 3 Γενικές Διευθύνσεις
2) 11 Κεντρικές Διευθύνσεις
3) 5 Περιφερειακές Διευθύνσεις
4) 2 Κεντρικά Κλιμάκια
5) 58 Περιοχές
6) 73 Πρακτορεία
7) 82 Υποπρακτορεία

Το οργανόγραμμα της εταιρείας παρουσιάζεται στο σχήμα 5-1.



Σχήμα 5-1: Οργανόγραμμα ΔΕΔΔΗΕ (ΔΕΔΔΗΕ, 2018)

5.1.5 Εστίαση στα εταιρικά ζητήματα που σχετίζονται με την εργασία

Ο ΔΕΔΔΗΕ, όπως αναλύθηκε και παραπάνω, ορίζεται ως ο διαχειριστής του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Διαχειρίζεται όλα τα έργα ηλεκτρικής ενέργειας που υπάγονται στη δικαιοδοσία της ΔΕΗ. Σε αυτό το πλαίσιο, ο ΔΕΔΔΗΕ είναι υπεύθυνος και για την προκήρυξη και υλοποίηση διαγωνισμών. Καθώς ο ΔΕΔΔΗΕ αποτελεί θυγατρική εταιρεία της ΔΕΗ, συνεπώς λογίζεται ως εταιρεία δημοσίου συμφέροντος, οι διαγωνισμοί που προκηρύσσει υπόκεινται στο Ν.4412/2016 για τις δημόσιες συμβάσεις.

Οι διαγωνισμοί που προκηρύσσονται από το ΔΕΔΔΗΕ αφορούν όλο το εύρος λειτουργίας της εταιρείας. Δηλαδή, αφορούν συνοπτικά τρεις μεγάλες κατηγορίες: προμήθεια υλικών, παροχή υπηρεσιών και εκποίηση παλαιού εξοπλισμού. Στις τρεις παραπάνω κατηγορίες μπορεί να προστεθεί πιθανώς και ματαίωση κάποιου διαγωνισμού εκποίησης ή προμήθειας υλικών.

Ενδεικτικά, οι διαγωνισμοί προμήθειας υλικών μπορεί να αναφέρονται σε διαγωνισμούς:

- Προμήθειας γραφικής ύλης και επίπλων για τα γραφεία της εταιρείας
- Προμήθειας Μέσων Ατομικής Προστασίας (Μ.Α.Π.)
- Προμήθειας υλικών για τις διάφορες εργασίες του δικτύου, όπως καλώδια, διακόπτες και μονωτικά υλικά

Οι διαγωνισμοί παροχής υπηρεσιών περιλαμβάνουν ενδεικτικά:

- Επιθεώρηση δικτύων και λήψη μετρήσεων από τους μετρητές
- Διακοπές-επανασυνδέσεις
- Συντήρηση
- Προμήθεια αδειών λογισμικού
- Καθαρισμός κτηρίων
- Υπηρεσίες φύλαξης

Όλοι οι παραπάνω διαγωνισμοί ακολουθούν τα βήματα που ορίζονται για όλους τους δημόσιους διαγωνισμούς, δηλαδή συνοπτικά: Δημοσίευση του διαγωνισμού, αποσφράγιση, αξιολόγηση τεχνικών προσφορών, αποσφράγιση και αξιολόγηση οικονομικών προσφορών, κατάθεση έγκριση και υπογραφή σύμβασης. Η αναλυτική περιγραφή της διαδικασίας των διαγωνισμών μπορεί να αναζητηθεί στην ιστοσελίδα του ΔΕΔΔΗΕ (www.deddie.gr). Στις παραπάνω φάσεις του διαγωνισμού περιλαμβάνονται και ενστάσεις, συνήθως από τους συμμετέχοντες στο διαγωνισμό κατά της διακήρυξης του διαγωνισμού. Οι ενστάσεις αυτές δημιουργούν αβεβαιότητα στη διάρκεια ολοκλήρωσης των διαγωνισμών, και αποτελούν το πρόβλημα το οποίο θα αναλυθεί στη συνέχεια.

5.2 Περιγραφή προβλήματος

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, όλοι οι διαγωνισμοί του ΔΕΔΔΗΕ ακολουθούν αυστηρά τη νομοθεσία που ορίζεται για όλους τους δημόσιους διαγωνισμούς, τηρώντας τους κανόνες διαφάνειας και αξιοκρατίας. Κατά τις φάσεις του διαγωνισμού είναι πιθανή η πραγματοποίηση ενστάσεων από οποιονδήποτε εκ των συμμετεχόντων κατά της διακήρυξης του διαγωνισμού, στην περίπτωση που κρίνουν πως έχουν αδικηθεί κατά την αξιολόγηση των οικονομικών και τεχνικών προσφορών τους.

Οι ενστάσεις που μπορεί να προκύψουν, οδηγούν σε καθυστερήσεις στην ολοκλήρωση της διαγωνιστικής διαδικασίας. Ο προβληματισμός του ΔΕΔΔΗΕ έγκειται στο γεγονός πως οι ενστάσεις αυτές δεν αποτελούν σταθερή παράμετρο σε όλους

τους διαγωνισμούς. Δηλαδή, οι ενστάσεις είναι πιθανό σε κάποιο διαγωνισμό να μην εμφανιστούν, ενώ σε άλλους να υπάρξουν. Σε άλλους διαγωνισμούς εμφανίζονται κατά τη διάρκεια αξιολόγησης των τεχνικών προσφορών, σε άλλους κατά τη διάρκεια αξιολόγησης των οικονομικών προσφορών και σε άλλες περιπτώσεις και στις δυο φάσεις. Η αβεβαιότητα, όμως, δεν περιορίζεται σε αυτό το πρόβλημα. Επεκτείνεται και στο στοιχείο της διάρκειας των ενστάσεων. Ο χρόνος που απαιτείται για την αξιολόγηση των ενστάσεων δεν είναι σταθερός, αλλά μεταβάλλεται στον κάθε διαγωνισμό, δημιουργώντας επιπλέον αβεβαιότητα. Σε αυτά τα δυο στοιχεία αβεβαιότητας, δηλαδή την εμφάνιση αλλά και τη διάρκεια των ενστάσεων έγκειται συνολικά το πρόβλημα του ΔΕΔΔΗΕ, δυσχεραίνοντας την προσπάθειά του να προγραμματίσει με ακρίβεια την ολοκλήρωση των έργων που διαχειρίζεται.

Το παραπάνω πρόβλημα έρχεται να αντιμετωπίσει η παρούσα διπλωματική εργασία. Ο ΔΕΔΔΗΕ διαθέτει επαρκή αριθμό ιστορικών δεδομένων σχετικά με τα έργα του, έχοντας καταγράψει τη διάρκεια ολοκλήρωσης κάθε φάσης του διαγωνισμού, συμπεριλαμβανομένων και των όποιων ενστάσεων. Αξιοποιώντας αυτά τα δεδομένα, η παρούσα διπλωματική χρησιμοποιεί εργαλεία και τεχνικές ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων προκειμένου να καθορίσει με στατιστική ακρίβεια τη διάρκεια ολοκλήρωσης της διαγωνιστικής διαδικασίας των έργων ενδιαφέροντος ΔΕΔΔΗΕ.

Η παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιεί τα ιστορικά δεδομένα που διατίθενται προκειμένου να γίνει μια εκτίμηση της κατανομής. Καθώς το διαθέσιμο εργαλείο για την παρούσα διπλωματική είναι το Full Monte™ της εταιρείας Barbecana, το οποίο υποστηρίζει περιορισμένο αριθμό στατιστικών κατανομών, η επιλογή γίνεται αυστηρά μεταξύ αυτών των κατανομών. Έχοντας επιλέξει τη κατανομή πιθανότητας της κάθε φάσης του διαγωνισμού, γίνεται η επιλογή των παραμέτρων της κάθε κατανομής και στη συνέχεια πραγματοποιείται προσομοίωση Monte Carlo.

Στόχος της όλης αυτής διαδικασίας είναι με την ολοκλήρωσή της να έχει καθοριστεί μια τυποποιημένη διαδικασία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων για την καλύτερη δυνατή πρόβλεψη της χρονικής διάρκειας των έργων ενδιαφέροντος του ΔΕΔΔΗΕ όσον αφορά τη διαγωνιστική διαδικασία, βασιζόμενοι πάντα σε στοιχεία πιθανοτήτων.

5.3 Ποσοτική ανάλυση κινδύνων με τη χρήση Full Monte™

5.3.1 Κατασκευή του μοντέλου

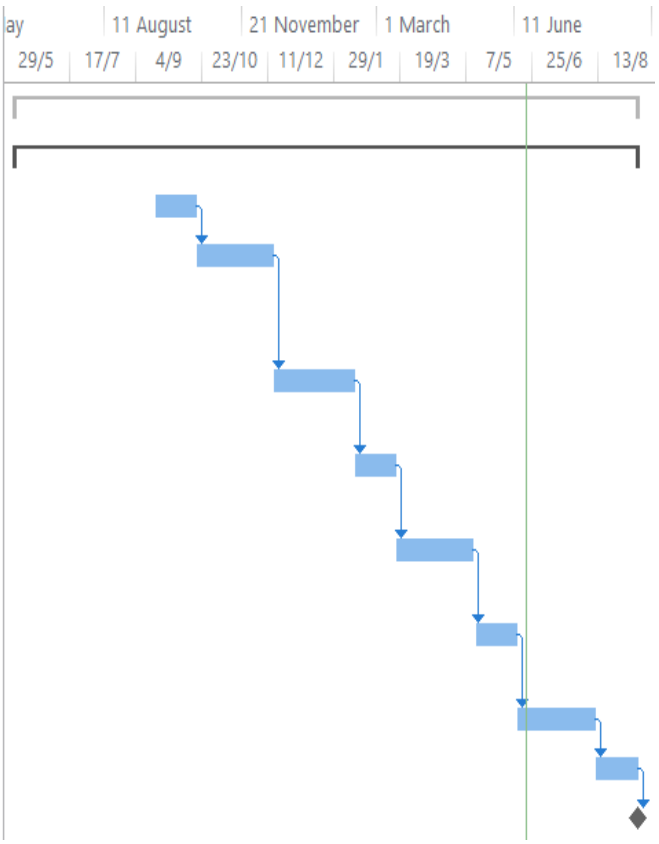
Το πρώτο βήμα που απαιτείται κατά την διαδικασία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων είναι η κατασκευή του μοντέλου το οποίο στη συνέχεια θα αναλυθεί. Στη περίπτωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, το μοντέλο που χρησιμοποιείται είναι η τυποποιημένη διαγωνιστική διαδικασία, όπως αυτή έχει καταγραφεί από το ΔΕΔΔΗΕ. Στο σχήμα 5-2 διακρίνονται οι φάσεις του διαγωνισμού, όπως αυτές αποτυπώνεται σε κάθε έργο ενδιαφέροντος ΔΕΔΔΗΕ. Το σχήμα 5-2 παρουσιάζει ουσιαστικά τις εκτιμήσεις της εταιρείας για τη χρονική διάρκεια της κάθε φάσης του διαγωνισμού, οι οποίες και ακολουθούνται κατά το χρονικό προγραμματισμό των έργων της εταιρείας. Η εκτίμηση της διάρκειας της κάθε φάσης αποτελεί υποκειμενική εκτίμηση από την εταιρεία, η οποία φυσικά δεν αποτυπώνει τη συμπεριφορά όλων των έργων.

α/α	ΦΑΣΕΙΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΥ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ		ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΕΠΙ ΤΩΝ ΕΝΣΤΑΣΕΩΝ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	Μήνες (min)	Μήνες (max)
1	Δημοσίευση	Χρόνος από δημοσίευση μέχρι αποσφράγιση			1	
1α	Παρατάσεις					2
1β	Προσφυγή ενώπιον της ΑΕΠΠ	Απόψεις ΔΕΔΔΗΕ επί προσφυγής στα θέματα δικαιολογητικών συμμετοχής	+	Απόψεις ΔΕΔΔΗΕ επί προσφυγής στα θέματα τεχνικών προσφορών		3
2	Αποσφράγιση	Επιτροπή Διεξαγωγής Πόρισμα Αξιολόγησης δικαιολογητικών συμμετοχής	+	Επιτροπή Τεχνικής Κρίσης Πόρισμα εγκεκριμένο από ισόβαθμο της 1ης εκτελεστής πράξης	2	
2α	Πρακτικό	Ένωση δύο Πορισμάτων Πρακτικό Αξιολόγησης Δικαιολογητικών Συμμετοχής και Τεχνικής Προσφοράς				
2β	Απόφαση	Έγκριση Πρακτικού από το αποφαινόμενο όργανο =Εκτελεστή πράξη				
2γ	Προσφυγή ενώπιον της ΑΕΠΠ	Απόψεις ΔΕΔΔΗΕ επί προσφυγής στα θέματα δικαιολογητικών συμμετοχής	+	Απόψεις ΔΕΔΔΗΕ επί προσφυγής στα θέματα τεχνικών προσφορών		3
3	Αποσφράγιση Οικονομικών Προσφορών	Επιτροπή Διεξαγωγής Πόρισμα για τις προσφορές που πρέπει να απορριφθούν ως απαράδεκτες (χρόνος παράδοσης, ρήτρες αναπροσαρμογής, προϋποθέσεις, κλπ) και για την τελική κατάταξη των παραδεκτών προσφορών			2	
3α	Πρακτικό	Επιτροπή Αξιολόγησης Προσφορών Πρακτικό Οικονομικής Αξιολόγησης (Εύλογο τιμήματος, εξέταση ασυνήθιστα χαμηλών τιμών, κλπ)				
3β	Απόφαση	Έγκριση Πρακτικού από το αποφαινόμενο όργανο =Εκτελεστή πράξη			1	
3γ	Προσφυγή ενώπιον της ΑΕΠΠ	Απόψεις ΔΕΔΔΗΕ επί προσφυγής στα θέματα αποδοχής ή απόρριψης προσφοράς				3
		Προσωρινός Ανάδοχος				
4	Αποσφράγιση δικαιολογητικών κατακύρωσης	Επιτροπή Διεξαγωγής Πόρισμα Ελέγχου δικαιολογητικών κατακύρωσης			2	
4α	Πρακτικό	Επιτροπή Αξιολόγησης Προσφορών Πρακτικό Κατακύρωσης ή κήρυξης έκπτωτου προσωρινού αναδόχου ή ματαίωσης διαγωνισμού				
4β	Απόφαση	Έγκριση Πρακτικού Κατακύρωσης / Ματαίωσης από αποφαινόμενο όργανο =Εκτελεστή πράξη			1	
4γ	Προσφυγή ενώπιον της ΑΕΠΠ	Απόψεις ΔΕΔΔΗΕ επί προσφυγής στα θέματα Κατακύρωσης ή κήρυξης έκπτωτου προσωρινού αναδόχου ή ματαίωσης διαγωνισμού				3
		Οριστικός Ανάδοχος				
5		ΕΛΕΓΚΤΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ			2	
6	Πρόσκληση Αναδόχου	Προσκόμιση & Έλεγχος ΕΕΚΕ			1	
7		ΥΠΟΓΡΑΦΗ ΣΥΜΒΑΣΗΣ				
				TOTAL (min, max)	12	26

Σχήμα 5-2: Σχηματική αναπαράσταση των φάσεων του διαγωνισμού (ΔΕΔΔΗΕ)

Όπως αποτυπώνεται στο σχήμα 5-2, οι εκτιμήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί από την εταιρεία διακρίνονται στις ελάχιστες εκτιμήσεις, οι οποίες ουσιαστικά είναι οι τιμές των φάσεων θεωρώντας πως δεν προκύπτουν καθόλου ενστάσεις, και τις μέγιστες εκτιμήσεις, υποθέτοντας επιπλέον ενστάσεις-προσφυγές στην εκάστοτε φάση του διαγωνισμού. Παρατηρείται ότι σύμφωνα με τα στοιχεία της εταιρείας, εντοπίζονται ενστάσεις κατά τις φάσεις δημοσίευσης(φάση 1), αποσφράγισης και αξιολόγησης τεχνικών προσφορών(φάση 2), αποσφράγισης και αξιολόγησης οικονομικών προσφορών(φάση 3) αλλά και της αποσφράγισης δικαιολογητικών κατακύρωσης(φάση 4). Οι ενστάσεις αυτές είναι και αυτές που διαμορφώνουν τις προαναφερθείσες μέγιστες εκτιμήσεις, οδηγώντας στην εκτίμηση των 26 μηνών έναντι της ελάχιστης εκτιμώμενης διάρκειας των 12 μηνών. Στο σχήμα 5-4 αποτυπώνεται το διάγραμμα Gantt της διαγωνιστικής διαδικασίας. Παρουσιάζονται οι επιμέρους φάσεις του διαγωνισμού. Να σημειωθεί πως οι φάσεις που εμπεριέχουν την πιθανότητα εμφάνισης ενστάσεων είναι οι φάσεις 1.2-1.7, όπως παρουσιάστηκαν και στο σχήμα 5-2. Η διάρκεια της κάθε φάσης της διαγωνιστικής διαδικασίας που παρουσιάζεται στο σχήμα 5-3 είναι η ντετερμινιστική εκτίμηση της χρονικής διάρκειας ολοκλήρωσης της φάσης, όπως αυτή διαμορφώθηκε από το ΔΕΔΔΗΕ. Σημαντική επισμήμανση που οφείλει να αναφερθεί σε αυτό το σημείο είναι πως στο διάγραμμα Gantt, οι χρονική διάρκεια της κάθε φάσης που αποτυπώνεται αντιστοιχεί σε εργάσιμες ημέρες. Για παράδειγμα, η φάση «Δημοσίευση διαγωνισμού(1+1α+1β) αποτυπώνει διάρκεια 22 εργάσιμων ημερών, που αντιστοιχεί σε 30 ημέρες(1 μήνα ημερολογιακά.)

	WBS	Task Name	Duration
0		**Έργο ενδιαφέροντος ΔΕΔΔΗΕ**	**961 days**
1	**1**	**Διαγωνιστική διαδικασία**	**330 days**
2	1.1	Δημοσίευση διαγωνισμού (1+1α+1β)	22 days
3	1.2	Αποσφράγιση δικαιολογητικών, αξιολόγηση δικαιολογητικών συμμετοχής και τεχνική αξιολόγηση (2+2α+2β+2γ)	42 days
4	1.3	Αποσφράγιση Οικονομικών προσφορών και Αξιολόγηση(3+3α)	42 days
5	1.4	Έγκριση Πρακτικού Οικονομικής αξιολόγησης από ΔΣ (3β+3γ)	22 days
6	1.5	Αποσφράγιση δικαιολογητικών κατακύρωσης (πόρισμα) (4+4α)	42 days
7	1.6	Έγκριση Πρακτικού κατακύρωσης από ΔΣ (4β+4γ)	22 days
8	1.7	Ελεγκτικό Συνέδριο (5)	42 days
9	1.8	Προσκόμιση & Έλεγχος ΕΕΚΕ (6)	22 days
10	1.9	Υπογραφή Σύμβασης (7)	0 days



Σχήμα 5-3: Διάγραμμα Gantt φάσεων διαγωνιστικής διαδικασίας έργων (ΔΕΔΔΗΕ)

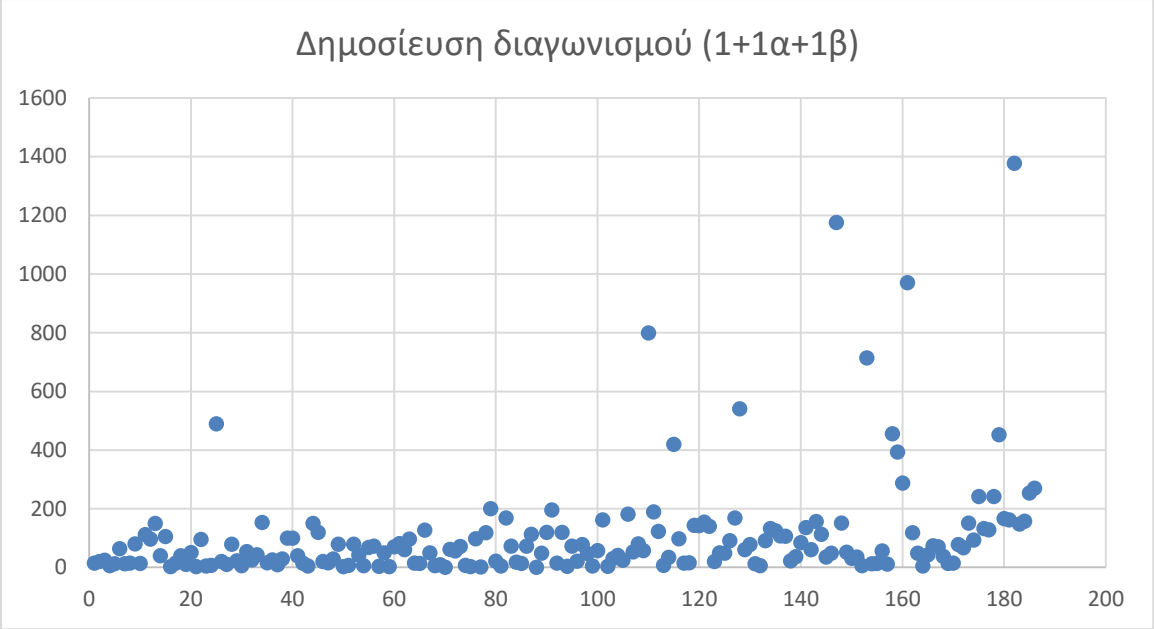
5.3.2 Επιλογή στατιστικών κατανομών

Σε αυτό το σημείο πραγματοποιείται ο καθορισμός των κατανομών πιθανότητας της κάθε επιμέρους φάσης. Αρχικά, παρουσιάζονται ενδεικτικά ορισμένα από τα ιστορικά δεδομένα που παρείχε η εταιρεία στον πίνακα 6. Ο πλήρης πίνακας με τα δεδομένα παρέχεται στα παραρτήματα.

Πίνακας 5-1: Ιστορικά δεδομένα φάσεων διαγωνισμού έργων ΔΕΔΔΗΕ

Δημοσίευση διαγωνισμού (1+1α+1β)	Αποσφράγιση δικαιολογητικών, αξιολόγηση δικαιολογητικών συμμετοχής και τεχνική αξιολόγηση (2+2α+2β+2γ)	Αποσφράγιση Οικονομικών προσφορών και Αξιολόγηση(3+3α)	Έγκριση Πρακτικού Οικονομικής αξιολόγησης (3β+3γ)	Αποσφράγιση δικαιολογητικών κατακύρωσης (πόρισμα) (4+4α)	Έγκριση Πρακτικού κατακύρωσης (4β+4γ)
15	26	17	43	2	0
20	22	0	22	7	0
25	42	0	42	14	0
6	13	0	13	7	1
12	72	3	75	12	1
64	48	13	61	25	1
12	8	0	8	27	1
15	21	0	21	47	1
80	40	0	40	6	3
14	9	0	9	25	3
112	28	33	61	110	3
96	16	0	16	8	4
150	79	30	109	10	4
40	28	7	35	12	4
105	20	15	35	35	4
3	14	25	39	80	4
15	5	0	5	1	5
40	17	0	17	10	5
10	23	16	39	27	5
51	125	174	299	140	5
3	14	0	14	0	6
95	28	0	28	8	7
5	22	0	22	35	7
7	3	0	3	45	7
489	9	28	37	63	7
20	7	0	7	6	8
10	115	0	115	12	8
79	19	0	19	12	8
22	74	10	84	51	8

Αναλύοντας τα δεδομένα που διατίθενται, παρατηρείται ότι οι περισσότερες καταγεγραμμένες μετρήσεις παρουσιάζουν τιμές συγκεντρωμένες σε χαμηλά επίπεδα. Δηλαδή, παρόλο που το εύρος τους μπορεί να είναι αρκετά μεγάλο, οι περισσότερες τιμές συσσωρεύονται κοντά στο ελάχιστο όριο. Η συμπεριφορά αυτή μπορεί να γίνει αντιληπτή στο σχήμα 5-4 που αντιστοιχεί στην 1η φάση της διαγωνιστικής διαδικασίας.



Σχήμα 5-4: Ιστορικά δεδομένα 1ης φάσης διαγωνισμού έργων ενδιαφέροντος ΔΕΔΔΗΕ

Όπως παρατηρείται, ο μεγαλύτερος όγκος των δεδομένων για την πρώτη φάση της διαγωνιστικής διαδικασίας για τα έργα του ΔΕΔΔΗΕ συγκεντρώνεται σε τιμές έως και 200 ημέρες, ενώ μεμονωμένες τιμές εκτείνονται πέραν αυτού του ορίου. Αντίστοιχη συμπεριφορά παρουσιάζουν και τα δεδομένα των υπολοίπων φάσεων.

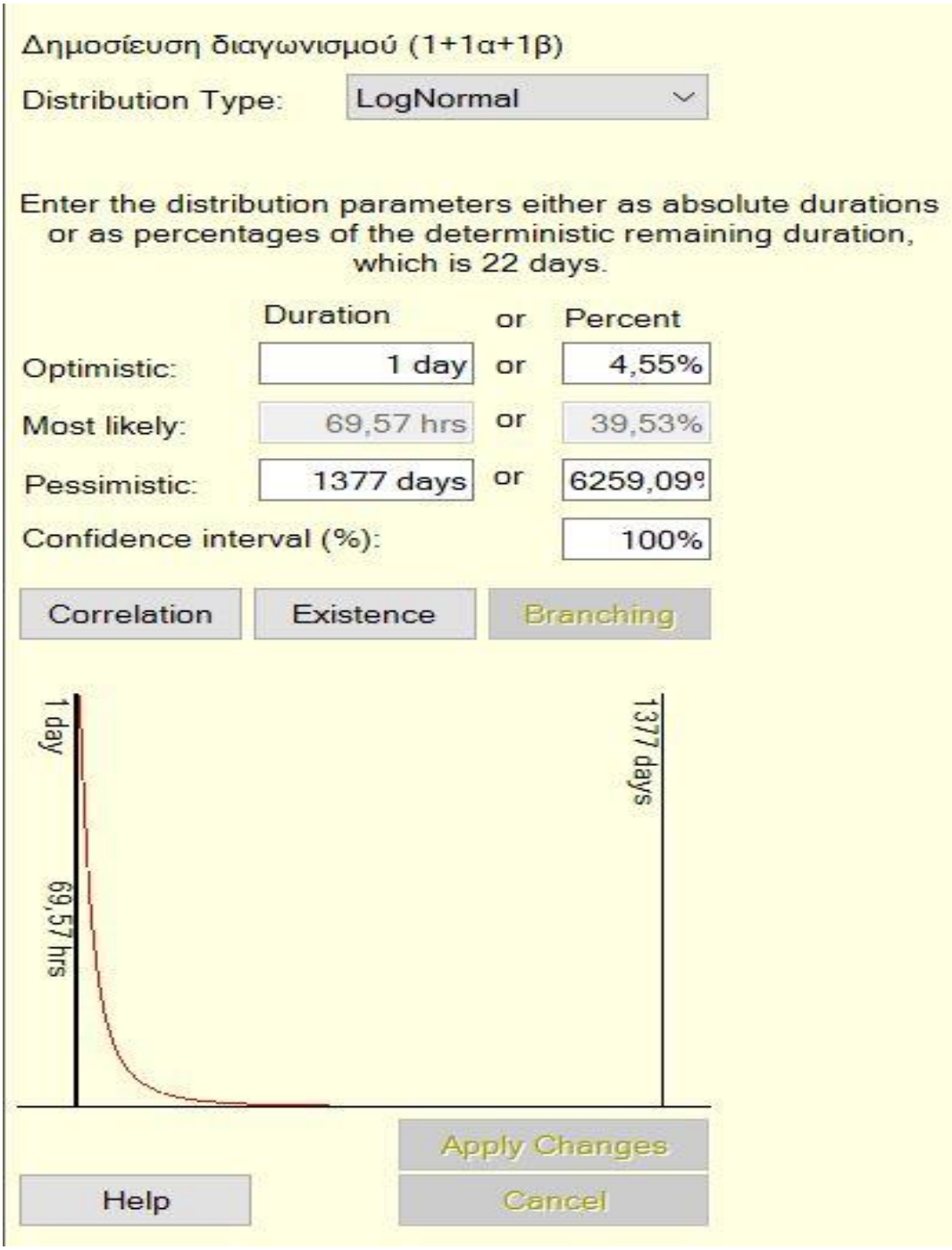
Ακολουθεί ο πίνακας 7, όπου παρουσιάζονται συνοπτικά ορισμένα στοιχεία για την κάθε φάση που στηρίζουν τον παραπάνω συλλογισμό. Σε αυτόν παρουσιάζονται τα όρια (ελάχιστο και μέγιστο όριο), η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση, καθώς και το ενενηκοστό εκατοστημόριο. Το ενενηκοστό εκατοστημόριο (P90%) αντικατοπτρίζει την αριθμητική τιμή μέχρι την οποία περιλαμβάνεται το 90% των μετρήσεων. Για παράδειγμα, για τη, 1η φάση του διαγωνισμού, όπως φαίνεται και στον πίνακα 7, το 90% των μετρήσεων βρίσκεται στο εύρος [1, 191.1].

Πίνακας 5-2: Στατιστικά Στοιχεία φάσεων διαγωνισμού

	Δημοσίευση διαγωνισμού (1+1α+1β)	Αποσφράγιση δικαιολογητικών, αξιολόγηση δικαιολογητικών συμμετοχής και τεχνική αξιολόγηση (2+2α+2β+2γ)	Αποσφράγιση Οικονομικών προσφορών και Αξιολόγηση(3+3α)	Έγκριση Πρακτικού Οικονομικής αξιολόγησης (3β+3γ)	Αποσφράγιση δικαιολογητικών κατακύρωσης (πόρισμα) (4+4α)	Έγκριση Πρακτικού κατακύρωσης (4β+4γ)
Ελάχιστη τιμή	1	3	0	3	0	0
Μέγιστη τιμή	1377	299	211	438	482	489
Μέση τιμή	105.13	42.586	31.484	70.646	66.127	48.851
Τυπική απόκλιση	180.66	43.338	46.139	71.333	78.959	59.86
Ενενηκοστό Εκατοστημόριο(90%)	191.1	86.6	97	180.8	179.6	118

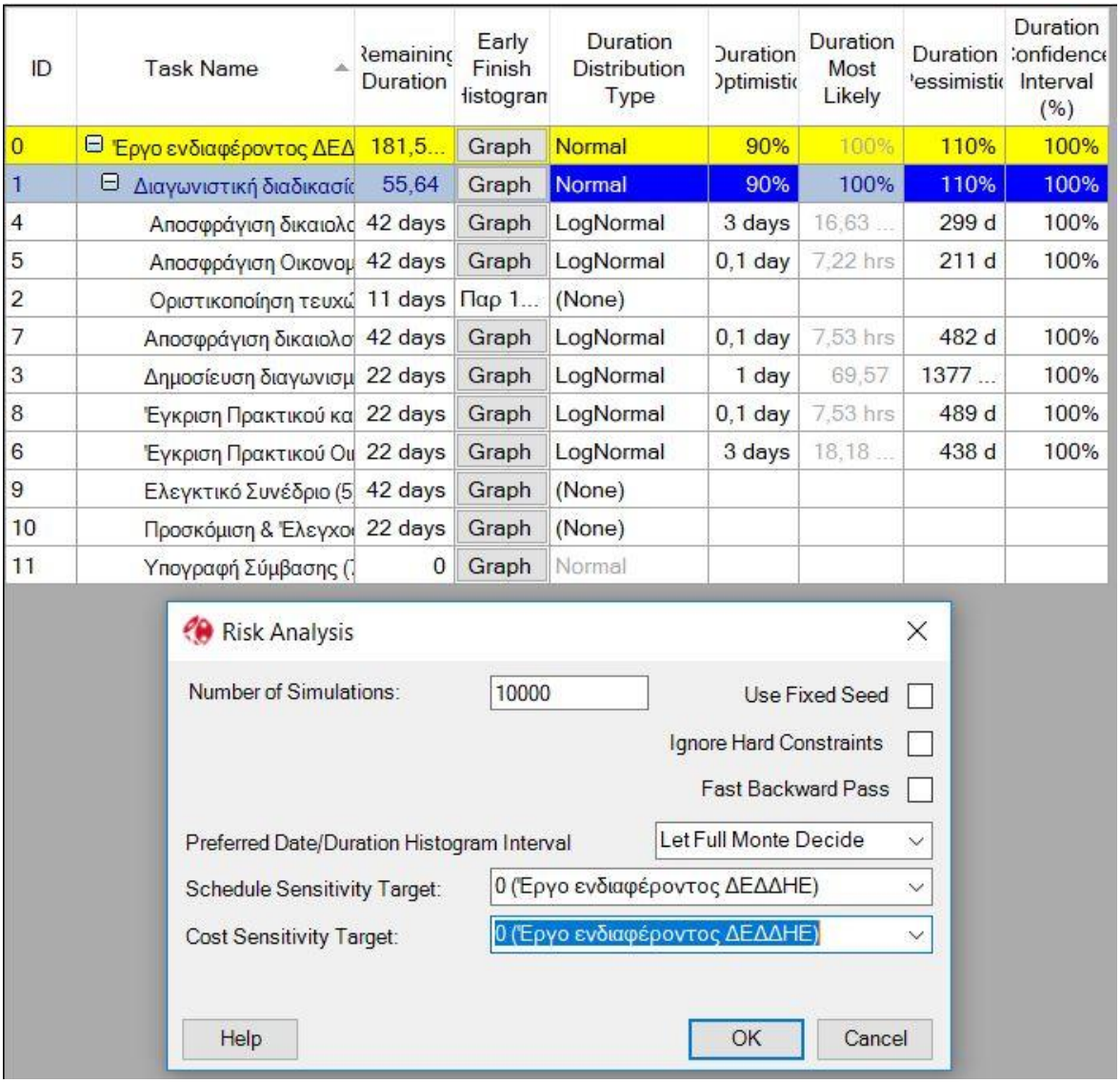
Όπως παρατηρείται στον πίνακα 7, το 90% των μετρήσεων για όλες τις φάσεις του διαγωνισμού υπολογίζεται κάτω των 200 ημερών, με τις φάσεις (2+2α+2β+2γ), (3+3α) και (4β+4γ) να κυμαίνονται κοντά στις 100 ημέρες. Από την παραπάνω ανάλυση εξάγεται το συμπέρασμα ότι η κατανομή πιθανότητας των φάσεων να διακρίνεται από μεγάλη λοξότητα (skewness) προς τα δεξιά, δημιουργώντας μια καμπύλη μετατοπισμένη αριστερά. Από τις διαθέσιμες κατανομές που προσφέρει το λογισμικό Full Monte™, η επιλογή κατέληξε στην κατανομή Lognormal, λόγω της έντονης λοξότητάς της δεξιά. Η επιλογή της κατανομής είναι σχετικά αυθαίρετη, με δεδομένο ότι η σωστή διαδικασία επιλογής στατιστικών κατανομών για την κάθε φάση του διαγωνισμού απαιτεί εξειδικευμένα εργαλεία που προσφέρουν τη δυνατότητα προσαρμογής κατανομής στα δεδομένα (data distribution fitting). Καθώς αυτή η δυνατότητα δε διατίθεται στο λογισμικό Full Monte™, αλλά σε άλλα επί πληρωμή λογισμικά στα οποία ήταν αδύνατη η πρόσβαση, επελέγη η αυθαίρετη αυτή επιλογή της κατανομής Lognormal για όλες τις φάσεις της διαγωνιστικής διαδικασίας.

Έχοντας επισημάνει αυτή την παραδοχή, ακολουθεί η εισαγωγή των κατανομών στο λογισμικό, όπως φαίνεται στο σχήμα 5-5 για την 1η φάση. Παράλληλα εισάγονται οι τιμές για την απαισιόδοξη, πιο πιθανή και μέση τιμή. Η αισιόδοξη τιμή επιλέγεται ως η ελάχιστη τιμή, όπως αυτή προέκυψε από τα ιστορικά δεδομένα και αποτυπώνεται στον πίνακα 5-2. Αντίστοιχα, η απαισιόδοξη τιμή ορίζεται ως η μέγιστη τιμή που προκύπτει από τα ιστορικά δεδομένα. Η αναμενόμενη τιμή προκύπτει αυτόματα από το λογισμικό Full Monte™ για την κατανομή Lognormal με βάση τις άλλες δύο τιμές.



Σχήμα 5-5: Παράθυρο εισαγωγής δεδομένων στο Full Monte™ για την 1η φάση

Έχοντας εισάγει το μοντέλο προς εξέταση, εν προκειμένω τις φάσεις της διαγωνιστικής διαδικασίας, στο λογισμικό Full Monte™ και έχοντας επιλέξει την κατανομή πιθανότητας για κάθε επιμέρους φάση, ακολουθεί η εκτέλεση της προσομοίωσης. Πραγματοποιείται προσομοίωση 10000 επαναλήψεων, αριθμός που συστήνεται ως κατάλληλος για γρήγορα και αξιόπιστα αποτελέσματα, όπως φαίνεται στο σχήμα 5-6.

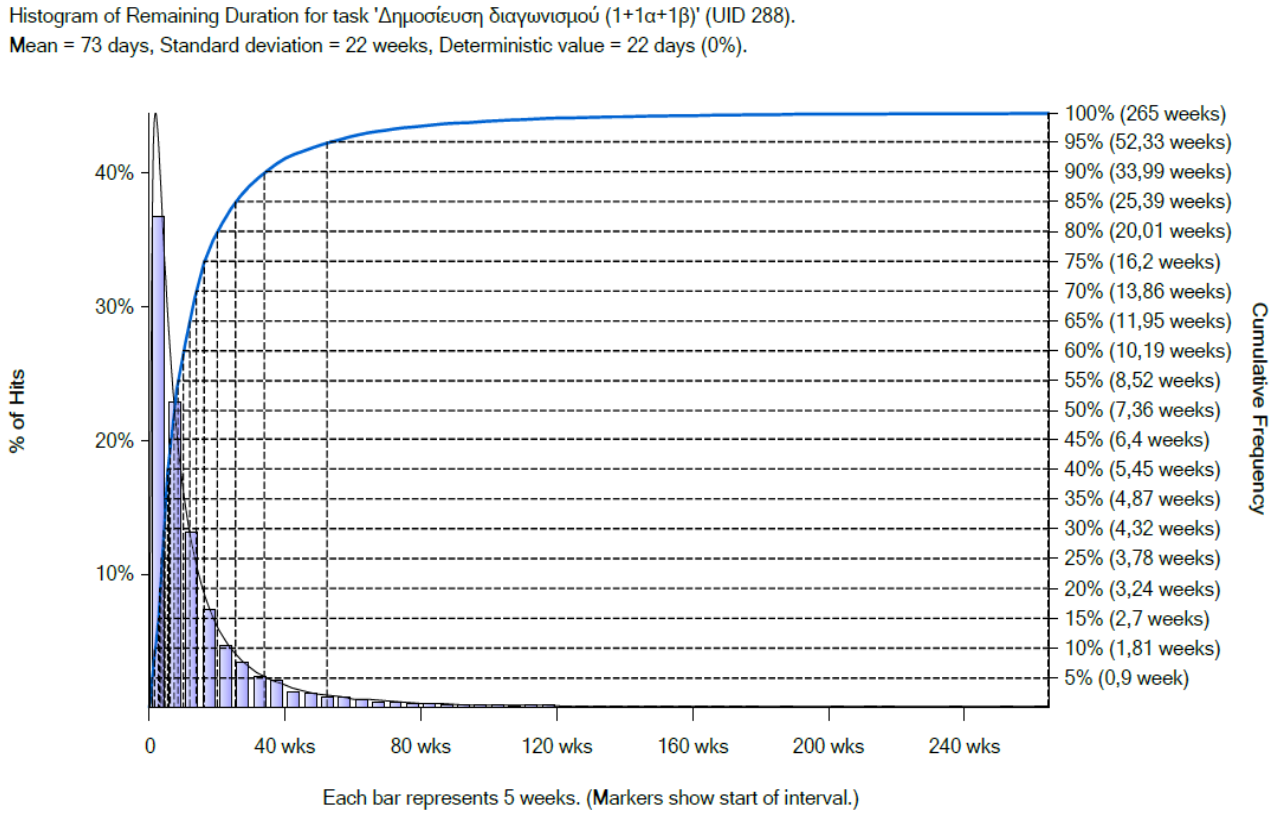


ID	Task Name	Remaining Duration	Early Finish Histogram	Duration Distribution Type	Duration Optimistic	Duration Most Likely	Duration Pessimistic	Duration Confidence Interval (%)
0	Έργο ενδιαφέροντος ΔΕΔ	181,5...	Graph	Normal	90%	100%	110%	100%
1	Διαγωνιστική διαδικασία	55,64	Graph	Normal	90%	100%	110%	100%
4	Αποσφράγιση δικαιολο	42 days	Graph	LogNormal	3 days	16,63 ...	299 d	100%
5	Αποσφράγιση Οικονομ	42 days	Graph	LogNormal	0,1 day	7,22 hrs	211 d	100%
2	Οριστικοποίηση τευχώ	11 days	Παρ 1...	(None)				
7	Αποσφράγιση δικαιολο	42 days	Graph	LogNormal	0,1 day	7,53 hrs	482 d	100%
3	Δημοσίευση διαγωνισμ	22 days	Graph	LogNormal	1 day	69,57	1377 ...	100%
8	Έγκριση Πρακτικού κα	22 days	Graph	LogNormal	0,1 day	7,53 hrs	489 d	100%
6	Έγκριση Πρακτικού Οι	22 days	Graph	LogNormal	3 days	18,18 ...	438 d	100%
9	Ελεγκτικό Συνέδριο (5	42 days	Graph	(None)				
10	Προσκόμιση & Έλεγχο	22 days	Graph	(None)				
11	Υπογραφή Σύμβασης (	0	Graph	Normal				

Σχήμα 5-6: Εκτέλεση προσομοίωσης Monte Carlo

5.4 Ανάλυση αποτελεσμάτων

Μετά την ολοκλήρωση της προσομοίωσης Monte Carlo, παρέχεται η δυνατότητα ανάλυσης των αποτελεσμάτων. Το λογισμικό Full Monte™ παρέχει διάφορα εργαλεία ανάλυσης, τα οποία και αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 4-5. Το πρώτο εργαλείο, το οποίο είναι και το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο κατά την ανάλυση είναι το ιστόγραμμα. Στο ιστόγραμμα αποτυπώνεται η κατανομή πιθανότητας των δεδομένων, όπως αυτή διαμορφώνεται από τις εισαγόμενες παραμέτρους. Στην προκειμένη περίπτωση, εισήχθησαν, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ελάχιστη και μέγιστη τιμή για την κατανομή Lognormal. Ταυτόχρονα, το λογισμικό Full Monte™ παρουσιάζει και την καμπύλη αθροιστικής πυκνότητας πιθανότητας, προσφέροντας τη δυνατότητα αποτύπωσης των εκατοστημορίων (P%) ανα 5% το λιγότερο. Στο σχήμα 5-7 παρουσιάζεται το ιστόγραμμα που προκύπτει για την 1η φάση της διαγωνιστικής διαδικασίας των έργων ενδιαφέροντος ΔΕΔΔΗΕ. Τα ιστογράμματα και για τις υπόλοιπες φάσεις παρουσιάζονται στα παραρτήματα.



Σχήμα 5-7: Ιστόγραμμα 1ης φάσης του διαγωνισμού

Παρατηρώντας το ιστόγραμμα του σχήματος 5-7, εντοπίζεται η συμπεριφορά που είχε αναφερθεί και στο σχήμα 5-3. Δηλαδή, ο μεγάλος όγκος τιμών θα παρατηρείται

κοντά στο ελάχιστο όριο, ενώ ένας μικρός αριθμός τιμών θα εκτείνεται προς το μέγιστο όριο. Σύμφωνα με το ιστόγραμμα στο σχήμα 5-7, το ελάχιστο όριο είναι 3 ημέρες, ενώ ως μέγιστο προέκυψαν σύμφωνα με την κατανομή πιθανότητας οι 1855 ημέρες. Μέσα σε αυτό το εύρος κατέληξε η προσομοίωση ότι θα κυμαίνονται όλες οι μετρήσεις για την 1η φάση του διαγωνισμού.

Σημαντική πληροφορία αποτελούν τα διαθέσιμα εκατοστημόρια. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης Monte Carlo για την 1η φάση, το 50% των μετρήσεων βρίσκεται στο εύρος [3, 51.52]. Αντίστοιχα το 90% των μετρήσεων στο εύρος [3, 237.93] και το 95% των μετρήσεων στο [3, 366.31]. Τα στοιχεία αυτά μας παρέχουν μια ικανοποιητική αποτύπωση της συμπεριφοράς της φάσης, παρέχοντας εκτιμήσεις της χρονικής διάρκειας ολοκλήρωσης για συγκεκριμένο ποσοστό βεβαιότητας. Δηλαδή, με βάση τα αποτελέσματα της προσομοίωσης Monte Carlo, μπορεί να υποστηριχθεί ότι, για παράδειγμα, με βεβαιότητα 90% η διάρκεια της 1ης φάσης θα φτάσει έως τις 238 περίπου ημέρες.

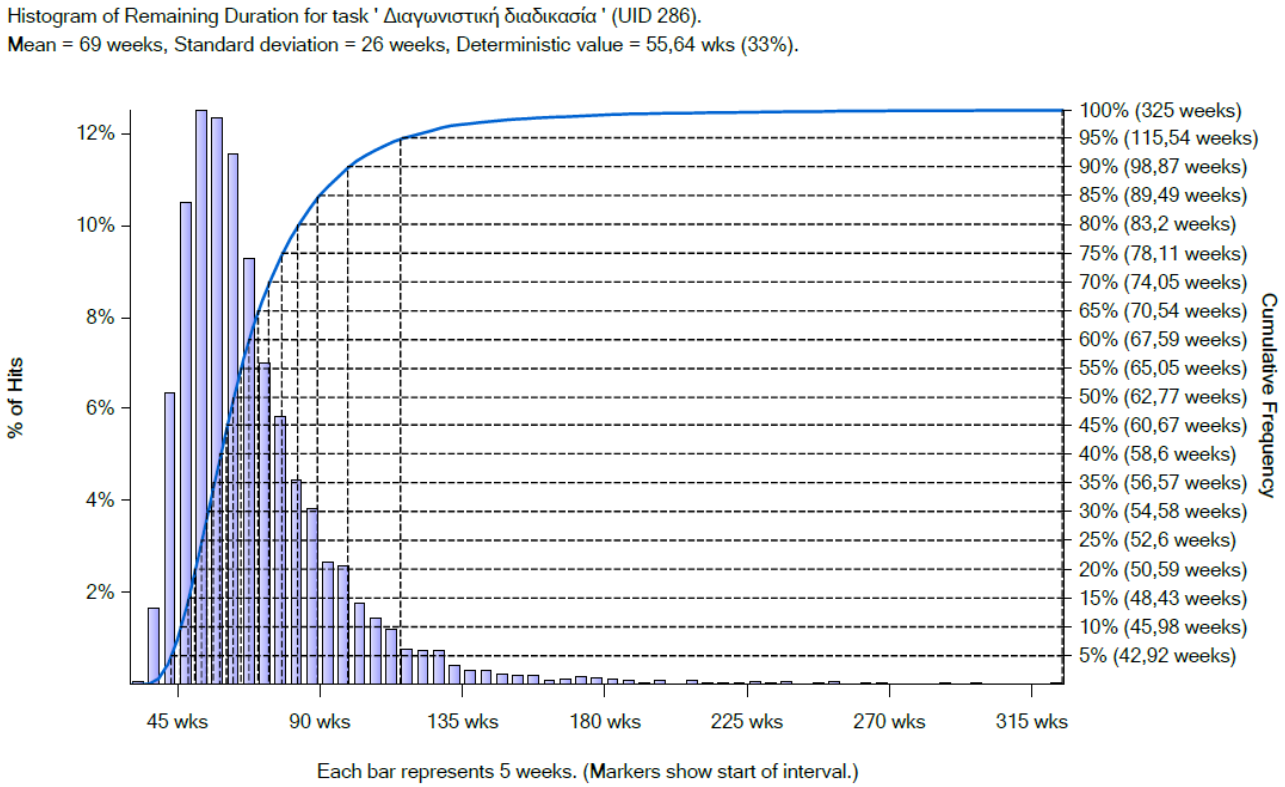
Ιδιαίτερα σημαντικό σε αυτό το σημείο είναι να εντοπιστεί σε πιο εκατοστημόριο βρίσκεται η εκτίμηση της εταιρείας για τη διάρκεια της φάσης αυτής. Σύμφωνα με το ΔΕΔΔΗΕ, η εκτίμηση για την 1η φάση της διαγωνιστικής διαδικασίας ορίζεται στις 22 εργάσιμες ημέρες ή 30 ημερολογιακές. Αναζητώντας στο διάγραμμα, παρατηρείται ότι οι 30 ημέρες εντοπίζονται στο 30% (4,32 εβδομάδες ή 30,24 ημέρες). Παρατηρείται, λοιπόν, ότι για την 1η φάση της διαγωνιστικής διαδικασίας, η εκτίμηση της διάρκειάς της δεν καλύπτει σε μεγάλο βαθμό τις παρατηρούμενες μετρήσεις. Ακολουθούν τα αποτελέσματα για όλες τις υπόλοιπες φάσεις στον πίνακα 5-3.

Πίνακας 5-3: Εκτιμώμενη διάρκεια ανα φάση με το αντίστοιχο εκατοστημόριο

Φάση	Εκτιμώμενη χρονική διάρκεια (σε εργάσιμες ημέρες)	Εκατοστημόριο (P%)
Δημοσίευση διαγωνισμού 1+1α+1β	22	30%
Αποσφράγιση δικαιολογητικών, αξιολόγηση δικαιολογητικών συμμετοχής και τεχνική αξιολόγηση (2+2α+2β+2γ)	42	68%
Αποσφράγιση Οικονομικών προσφορών και Αξιολόγηση(3+3α)	42	96%
Έγκριση Πρακτικού Οικονομικής αξιολόγησης (3β+3γ)	22	27%
Αποσφράγιση δικαιολογητικών κατακύρωσης (πόρισμα) (4+4α)	42	90%
Έγκριση Πρακτικού κατακύρωσης (4β+4γ)	22	78%

Από τον παραπάνω πίνακα 5-3 παρατηρείται πως οι εκτιμήσεις του ΔΕΔΔΗΕ για τη χρονική διάρκεια δεν αντιστοιχούν απαραίτητα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης Monte Carlo, σε υψηλό εκατοστημόριο. Οι φάσεις Αποσφράγιση Οικονομικών προσφορών και Αξιολόγηση(3+3α), Αποσφράγιση δικαιολογητικών κατακύρωσης (πόρισμα) (4+4α) παρουσιάζουν ικανοποιητικό επίπεδο κάλυψης των περιπτώσεων. Οι φάσεις Αποσφράγιση δικαιολογητικών, αξιολόγηση δικαιολογητικών συμμετοχής και τεχνική αξιολόγηση (2+2α+2β+2γ) και Έγκριση Πρακτικού κατακύρωσης (4β+4γ) παρουσιάζουν μέσο επίπεδο κάλυψης, ενώ οι φάσεις Δημοσίευση διαγωνισμού 1+1α+1β και Έγκριση Πρακτικού Οικονομικής αξιολόγησης (3β+3γ) παρουσιάζουν σημαντικά χαμηλό επίπεδο κάλυψης. Με λίγα λόγια, οι εκτιμήσεις που έχει σχεδιάσει ο ΔΕΔΔΗΕ δεν ικανοποιούν επαρκώς όλες τις επιμέρους φάσεις.

Φυσικά, τα αποτελέσματα για τις επιμέρους φάσεις δεν επαρκούν για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Απαιτείται η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης Monte Carlo για το έργο συνολικά. Συνεπώς, εξετάζεται η συμπεριφορά της διαγωνιστικής διαδικασίας συνολικά, ξεκινώντας από το ιστόγραμμα της διαγωνιστικής διαδικασίας, όπως αυτό αποτυπώνεται στο σχήμα 5-8. Τα χρονικά όρια της διαγωνιστικής διαδικασίας ορίζονται ως τις 231 ημέρες ως ελάχιστο όριο και τις 2275 ημέρες ως μέγιστο όριο.



Σχήμα 5-8: ιστόγραμμα Διαγωνιστικής διαδικασίας

Από το σχήμα 5-8 συμπεραίνεται πως η διαγωνιστική διαδικασία ακολουθεί τη συμπεριφορά των επιμέρους φάσεων της, εντοπίζοντας το μεγαλύτερο μέρος των τιμών πιο κοντά στο ελάχιστο όριο. Αξιοποιώντας τα εκατοστημόρια που παρέχονται στο σχήμα 5-8, καταγράφεται πως με βεβαιότητα 50% η διαγωνιστική διαδικασία αγγίζει σε διάρκεια μέχρι και τις 439,39 ημέρες. Αντίστοιχα, με βεβαιότητα 90% η χρονική διάρκεια του διαγωνισμού καταγράφεται μέχρι και τις 692 ημέρες ενώ με βεβαιότητα 95% δε θα ξεπεράσει τις 808,78 ημέρες.

Σημαντικό σε αυτό το σημείο είναι να αναζητηθεί σε πιο εκατοστημόριο βρίσκεται τόσο για την ελάχιστη εκτίμηση όσο και για τη μέγιστη, τις οποίες είχε διαμορφώσει ο ΔΕΔΔΗΕ. Σύμφωνα με την εταιρεία, η ελάχιστη εκτίμηση της χρονικής διάρκειας της διαγωνιστικής διαδικασίας εντοπίζεται στους 12 μήνες ή αλλιώς στις 360 ημέρες. Η

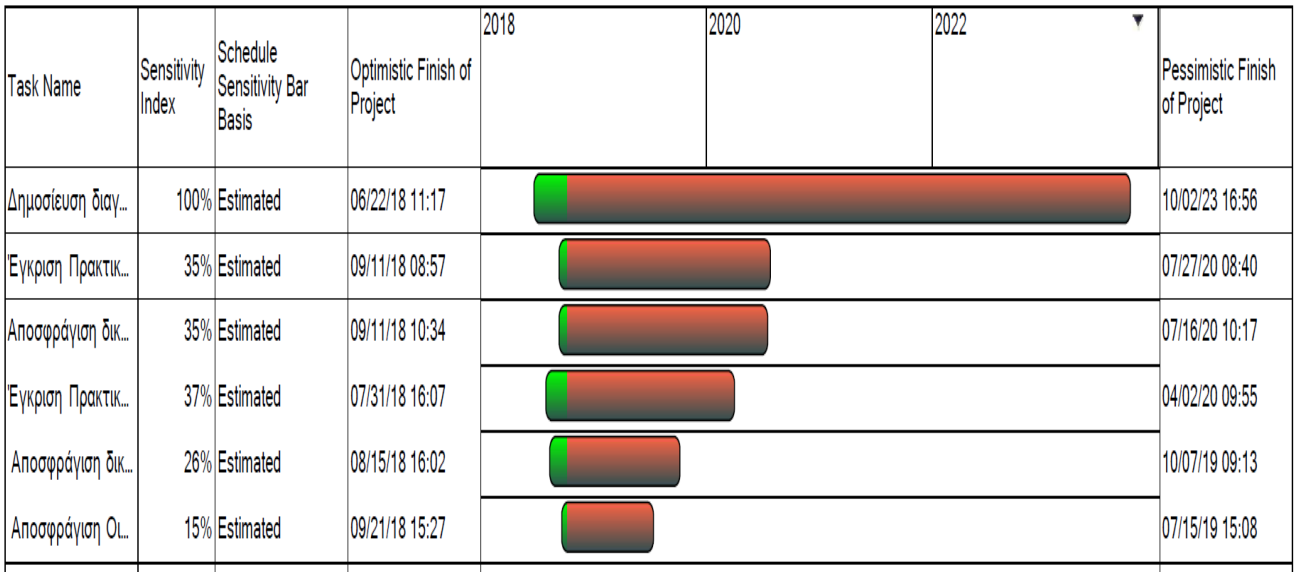
χρονική διάρκεια αυτή καταγράφεται στο 22%. Αντίστοιχα, η μέγιστη εκτίμηση του διαγωνισμού εντοπίζεται στους 26 μήνες ή τις 780 ημέρες. Η χρονική διάρκεια αυτή καταγράφεται κοντά στο 94%. Τα δυο παραπάνω αριθμητικά δεδομένα οδηγούν στο ακόλουθο συμπέρασμα: Η ελάχιστη εκτίμηση των 12 μηνών καλύπτει πολύ μικρό κομμάτι των μετρήσεων (<25%), συνεπώς η συγκεκριμένη εκτίμηση οδηγεί το μεγαλύτερο μέρος των έργων, στο κομμάτι της διαγωνιστικής διαδικασίας, να ξεπερνούν το όριο αυτό. Δηλαδή, έχοντας αυτή την εκτίμηση ως βάση για το χρονικό προγραμματισμό, είναι βέβαιο πως η μεγάλη πλειοψηφία των έργων θα παρουσιάσει σημαντικές καθυστερήσεις στη διάρκεια. Από την άλλη πλευρά, η μέγιστη εκτίμηση των 26 μηνών καλύπτει σχεδόν το σύνολο των μετρήσεων (>90%). Η υιοθέτηση της εκτίμησης αυτής αναμφίβολα ικανοποιεί τη μεγάλη πλειοψηφία των αποτελεσμάτων, με δεδομένο ότι πολύ μικρός αριθμός έργων πρόκειται να καθυστερήσει λόγω της διαγωνιστικής διαδικασίας.

Ο προβληματισμός που προκύπτει σε αυτό το σημείο είναι πόσο αποδοτικός θα ήταν ο χρονικός προγραμματισμός στην περίπτωση που υιοθετηθεί η εκτίμηση των 26 μηνών. Δηλαδή, θα ήταν πραγματικά ωφέλιμο για τον ΔΕΔΔΗΕ να διαμορφώσει τον χρονικό προγραμματισμό των έργων του στις 780 ημέρες, με δεδομένο ότι ένα μεγάλο ποσοστό έργων θα ολοκληρωθεί, όσον αφορά τη διαγωνιστική διαδικασία, πολύ νωρίτερα σε σχέση με την εκτίμηση αυτή? Η επιλογή αυτή είναι καθαρά στρατηγική απόφαση της εταιρείας, συνεπώς δεν μπορεί να δοθεί πραγματική απάντηση στο ερώτημα αυτό. Μπορεί, όμως να γίνει μια πρόταση, προκειμένου η εταιρεία να ισορροπήσει μεταξύ της σωστής διαμόρφωσης του χρονικού προγραμματισμού των έργων και του ποσοστού έργων που η εταιρεία επιθυμεί να είναι βέβαιη ότι θα ολοκληρωθούν στην ώρα τους.

Έχοντας ως δεδομένο το ιστόγραμμα του έργου και τα εκατοστημόρια που περιέχει, όπως αυτά προέκυψαν από την προσομοίωση Monte Carlo, η πρόταση που θα μπορούσε να γίνει είναι να επιλεχθεί η μέση τιμή για τη χρονική διάρκεια της διαγωνιστικής διαδικασίας, δηλαδή να επιλεγεί το πεντηκοστό εκατοστημόριο (P50%). Σε αυτή την περίπτωση, η διάρκεια του διαγωνισμού υπολογίζεται σύμφωνα με το ιστόγραμμα στο σχήμα 5-7 στις 440 ημέρες. Για να επιτευχθεί αυτό, πρέπει να διαμορφωθούν κατάλληλες εκτιμήσεις για τη διάρκεια ολοκλήρωσης της κάθε επιμέρους φάσης του διαγωνισμού. Η επιλογή όμως δεν μπορεί να είναι αυθαίρετη, δηλαδή δεν μπορεί να είναι τυχαία η αύξηση ή μείωση της εκτίμησης που είχε διαμορφώσει ο ΔΕΔΔΗΕ για την κάθε φάση, όπως αναφέρεται στον πίνακα 5-3. Η προσαρμογή της εκτίμησης θα πρέπει να γίνει ανάλογα και με ποια φάση είναι αυτή

που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη αβεβαιότητα και είναι πιο πιθανό να επηρεάσει τη χρονική διάρκεια της διαγωνιστικής διαδικασίας.

Στο πρόβλημα αυτό δίνει λύση ένα ακόμα εργαλείο που προσφέρει το λογισμικό Full Monte™, το διάγραμμα κυκλώνα (tornado diagram), το οποίο αποτελεί εργαλείο ανάλυσης ευαισθησίας. Στο σχήμα 5-9 παρουσιάζεται το διάγραμμα κυκλώνα της διαγωνιστικής διαδικασίας, όπως προέκυψε από την προσομοίωση Monte Carlo.



Σχήμα 5-9:Διάγραμμα κυκλώνα της διαγωνιστικής διαδικασίας

Από το σχήμα 5-9 συμπεραίνεται πως η φάση που επηρεάζει σημαντικά τη διαγωνιστική διαδικασία είναι η 1η φάση, η Δημοσίευση διαγωνισμού (1+1α+1β), έχοντας συντελεστή ευαισθησίας 100%. Επομένως, η φάση αυτή απαιτεί σημαντική προσαρμογή. Ακολουθούν οι υπόλοιπες φάσεις έχοντας αρκετά μικρότερο συντελεστή ευαισθησίας, με τις φάσεις 5 και 3, Αποσφράγιση δικαιολογητικών κατακύρωσης (πόρισμα) (4+4α) και Αποσφράγιση Οικονομικών προσφορών και Αξιολόγηση(3+3α) αντίστοιχα, να παρουσιάζουν πολύ χαμηλό δείκτη ευαισθησίας.

Εστιάζοντας στην 1η φάση, επιλέγεται να μεταβληθεί η εκτιμώμενη διάρκειά της από 1 μήνα σε 2,5 μήνες. Σε αυτή την περίπτωση, το εκατοστημόριο το οποίο αντιστοιχεί στους 2,5 μήνες είναι σύμφωνα με το σχήμα 5-7 το 62%. Δηλαδή, με αυτή την κίνηση αυξήσαμε στο διπλάσιο τον αριθμό των μετρήσεων που περιέχονται μέχρι και την τιμή των 2,5 μηνών σε σχέση με τον 1 μήνα. Στη συνέχεια, επιλέγεται η μικρή διαφοροποίηση των φάσεων 4 και 6, δηλαδή των φάσεων Έγκριση Πρακτικού Οικονομικής αξιολόγησης (3β+3γ) και Έγκριση Πρακτικού κατακύρωσης (4β+4γ) αντίστοιχα. Επιλέγεται η αλλαγή της διάρκειας της κάθε φάσης σε 1,5 μήνα από 1.

Σύμφωνα με αυτή την αλλαγή, για τη φάση 4 αντιστοιχεί το 45% και για τη φάση 6 το 85%. Οι παραπάνω αλλαγές οδηγούν τη χρονική διάρκεια της διαγωνιστικής διαδικασίας να διαμορφωθεί στους 14,5 μήνες ή αλλιώς 435 ημέρες (49%), αντιστοιχώντας σχεδόν στο 50% (440 ημέρες).

Οι παραπάνω αλλαγές αποτελούν μόνο μια πρόταση σχεδιασμού των εκτιμήσεων της χρονικής διάρκειας της διαγωνιστικής διαδικασίας. Η επιλογή του 50% για τη διάρκεια του διαγωνισμού είναι αυθαίρετη και ακολουθεί υποκειμενικό συλλογισμό. Αναμφισβήτητα, εναλλακτικά σενάρια είναι πιθανό να δώσουν ικανοποιητικότερα αποτελέσματα προς την εταιρεία, συνεπώς η απόφαση για την εκτίμηση της χρονικής διάρκειας της κάθε φάσης, που θα οδηγήσει και στην αντίστοιχη χρονική διάρκεια του διαγωνισμού εναπόκειται στα χέρια του ΔΕΔΔΗΕ.

6. *Συμπεράσματα*

Ολοκληρώνοντας την παρούσα διπλωματική, απομένει ένα ακόμα βήμα. Και αυτό είναι να εξακριβωθεί κατά πόσο επετεύχθησαν οι στόχοι που τέθηκαν κατά την ανάληψη της διπλωματικής.

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής συνοψίζεται στην ποσοτική ανάλυση κινδύνων σε έργα ενδιαφέροντος ΔΕΔΔΗΕ. Η προσοχή εστιάστηκε στη διαγωνιστική διαδικασία που περιλαμβάνεται στα έργα, και συγκεκριμένα στην αβεβαιότητα που εντοπίζεται σε αυτή λόγω των ενστάσεων που εμφανίζονται.

Προκειμένου να είναι δυνατή η εφαρμογή εργαλείων και μεθόδων ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων σε πρακτικό επίπεδο, απαιτήθηκε η μελέτη της βιβλιογραφίας. Μελετήθηκε η διαδικασία ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων, αναζητήθηκαν τα εργαλεία και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται και εξετάστηκαν τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των εργαλείων αυτών.

Έχοντας ολοκληρώσει τη μελέτη του θεωρητικού υποβάθρου που απαιτείται, ακολούθησε η πρακτική μελέτη. Αξιοποιώντας τα ιστορικά δεδομένα, τα οποία ήταν διαθέσιμα από το ΔΕΔΔΗΕ, αναφορικά με τη χρονική διάρκεια των επιμέρους φάσεων, πραγματοποιήθηκε εφαρμογή ποσοτικής ανάλυσης με τη χρήση του λογισμικού Full Monte™. Σημαντικό είναι σε αυτό το σημείο να αναφερθούν και οι περιορισμοί που υπήρξαν κατά την εκτέλεση της ποσοτικής ανάλυσης μέσω του εργαλείου Full Monte™. Καθώς το συγκεκριμένο λογισμικό δε διαθέτει τη δυνατότητα προσαρμογής καμπύλης σε δεδομένα (data distribution fitting), αλλά και υποστηρίζει πολύ περιορισμένο αριθμό καμπυλών, η επιλογή έγινε μεταξύ αυτών με σχετικά αυθαίρετο τρόπο με βάση τη συμπεριφορά των δεδομένων. Ένα εργαλείο που θα παρείχε την παραπάνω δυνατότητα θα έδινε ακόμα πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Στη συνέχεια, έγινε προσομοίωση Monte Carlo, προκειμένου να αναγνωρισθεί η στατιστική συμπεριφορά της χρονικής διάρκειας ολοκλήρωσης της διαγωνιστικής διαδικασίας έργων ενδιαφέροντος ΔΕΔΔΗΕ.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εκτέλεση της προσομοίωσης Monte Carlo έδειξαν ότι οι ποικίλες ενστάσεις που παρουσιάζονται κατά τη διάρκεια της διαγωνιστικής διαδικασίας των έργων οδηγούν σε μεγάλη απόκλιση από την εκτιμώμενη διάρκεια ολοκλήρωσης. Τα εξαγόμενα αποτελέσματα αποδεικνύουν πως οι εκτιμήσεις που είχε διαμορφώσει ο ΔΕΔΔΗΕ για τον ελάχιστο χρόνο από άποψη πιθανότητας εμφάνισης είναι χαμηλή (25%) και ως εκ τούτου καλύπτουν ένα αρκετά μικρό ποσοστό των έργων της εταιρείας. Δηλαδή, η πλειοψηφία των έργων

παρουσίαζε σημαντικές καθυστερήσεις στη διαγωνιστική διαδικασία σε σχέση με την εκτιμώμενη διάρκεια ολοκλήρωσης.

Προκειμένου να αντιμετωπισθεί το παραπάνω πρόβλημα, προτείνεται η υιοθέτηση ενός διαφορετικού μοντέλου από αυτό που είχε αρχικά διαμορφώσει ο ΔΕΔΔΗΕ. Η πρόταση που παρουσιάσθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία συνοψίζεται στην αναπροσαρμογή της διάρκειας των φάσεων με τέτοιο τρόπο ώστε να καλύπτουν το 50% των περιπτώσεων. Το επιλεγμένο ποσοστό του 50% αποτελεί αυθαίρετη επιλογή του συγγραφέα. Η διαμόρφωση του μοντέλου εναπόκειται αποκλειστικά στο ΔΕΔΔΗΕ. Η επιλογή του ποσοστού που επιθυμεί η εταιρεία να πετύχει όσον αφορά την κάλυψη των πιθανών περιπτώσεων, συνεπώς και η χρονική διάρκεια ολοκλήρωσης που ορίζει τη βάση χρονικού προγραμματισμού για τα έργα της εταιρείας, αποτελεί στρατηγική απόφαση του ΔΕΔΔΗΕ που θα προκύψει σύμφωνα με τους στόχους της εταιρείας.

Τα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής αποτελούν εργαλείο για το ΔΕΔΔΗΕ, προκειμένου να κατανοήσει καλύτερα την αβεβαιότητα που εντοπίζεται στη διαγωνιστική διαδικασία των έργων λόγω των ενστάσεων που προκύπτουν στις επιμέρους φάσεις. Αξιοποιώντας τα ιστογράμματα που προέκυψαν και τα εκατοστημόρια που διατίθενται, παρέχεται η δυνατότητα στην εταιρεία να διαμορφώσει καλύτερες εκτιμήσεις για τη χρονική διάρκεια ολοκλήρωσης της κάθε φάσης της διαγωνιστικής διαδικασίας αλλά και συνολικά του διαγωνισμού, προκειμένου να αντιμετωπίσει με μεγαλύτερη επιτυχία την αβεβαιότητα που υπάρχει στα έργα της.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε κατά την παρούσα διπλωματική αποτελεί βάση για την ποσοτική ανάλυση κινδύνων σε ένα μεγάλο φάσμα εφαρμογών. Ο ΔΕΔΔΗΕ δύναται να αξιοποιήσει τη παρούσα μελέτη και σε άλλες περιπτώσεις έργων ή διαδικασιών της εταιρείας, όπου παρουσιάζεται αβεβαιότητα στη διάρκεια ολοκλήρωσης λόγω συγκεκριμένων πηγών κινδύνων. Η εφαρμογή αυτή προϋποθέτει την ύπαρξη επαρκών ιστορικών δεδομένων, προκειμένου τα εξαγόμενα αποτελέσματα να θεωρηθούν αξιόπιστα.

Συνοψίζοντας, τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την παρούσα διπλωματική καταδεικνύουν πως επετεύχθησαν οι στόχοι που είχαν τεθεί. Αναγνωρίστηκε η στατιστική συμπεριφορά της διαγωνιστικής διαδικασίας, όπως αυτή προέκυψε από την ανάλυση των ιστορικών δεδομένων, επιτρέποντας την πρόβλεψη, με στατιστική ακρίβεια, της διάρκειας ολοκλήρωσης της διαγωνιστικής διαδικασίας των έργων ενδιαφέροντος ΔΕΔΔΗΕ.

Βιβλιογραφία

Application to the design of shield TBM. *Tunneling and Underground Space Technology*, vol 24 (3), pp. 269-277.

Becker, G. M., 2004. A practical risk management approach. Paper presented at *PMI® Global Congress 2004*—North America, Anaheim, CA. Newtown Square, PA: Project Management Institute.

Benini, A., Chataigner, P., Noumri, N., Parham, N., Sweeney, J. & Tax, L., 2017. *The use of expert judgment in humanitarian analysis. Theory, methods and applications*. [pdf]. ACAPS. Available from <www.acaps.org/library>, [2 Jun 2018].

Quantitative risk analysis, n. d. Available from: <www.ceopedia.org/index.php/Quantitative_risk_analysis>. [8 April 2018].

Chapman, C. & Ward, S., 2003. *Processes, techniques and insights*, 2nd edn, University of Southampton, England: Wiley.

Cristea, G. & Constantinescu, D. M., 2017. A comparative critical study between FMEA and FTA risk analysis methods. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* Bucharest, pp.1-5. Available from: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/252/1/012046/pdf> [7 May 2018].

Diekmann, J. E., Featherman, W. D., Moody, R., Molenaar, K., & Rodriguez-Guy, M., 1996. Project cost risk analysis using influence diagrams. *Project Management Journal*, vol. 27 (4), pp. 23-30.

Full Monte™, computer software 2016. Available from <www.barbecana.com/full-monte/>, [20 May 2018].

Galway L., 2004. Quantitative Risk Analysis for Project Management A Critical Review, WR-112-RC. [pdf]. RAND Corporation working paper series. Available from https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/working_papers/2004/RAND_WR112.pdf [31 Mar 2018].

Graves, R. (2000). Qualitative risk assessment. *PM Network,* vol. 14 (10), pp. 61–66.

Gray, M. & Shahidi, A., 2011. Applying the principles of system dynamics to project risk management or “the domino effect” Paper presented at *PMI® Global Congress 2011*-North America, Dallas, TX. Newton Square, PA: Project Management Institute.

Hillson, D., 2001. Effective strategies for exploiting opportunities. Paper presented at *Project Management Institute Annual Seminars & Symposium*, Nashville, TN. Newtown Square, PA: Project Management Institute.

Hong, E. S., Lee, I. M., Shin, H. S., Nam, S. W. & Kong, J. S., 2009. Quantitative risk evaluation based on event tree analysis technique:

Hora, S. C., 2009. Expert Judgment in Risk Analysis. *Non-published Research Reports*. Paper 120.

Hulett, D. T., 1995. Project schedule risk assessment. *Project Management Journal*, vol. 26 (1), pp. 21-31.

Hulett, D. T., 2006. Branching out. *PM Network*, vol. 20(5), pp.36-40.

Hulett D. T. & Avalon A., 2017. *Integrated Cost and Schedule Risk Analysis*, Long International, Littleton, Colorado.

Kandaswamy, S., 2001. The basics of Monte Carlo simulation: a tutorial. Paper presented at *Project Management Annual Seminars & Symposium*, Nashville, TN. Newtown Square, PA: Project Management Institute.

Krane, H. P., Rolstadås, A., & Olsson, N. O. E., 2009. Categorizing risks in seven large projects—what risks do the projects focus on? Paper presented at *PMI® Global Congress 2009*—EMEA, Amsterdam, North Holland, The Netherlands. Newtown Square, PA: Project Management Institute.

Lavanya, N. & Malarvizhi, T., 2008. Risk analysis and management: a vital key to effective project management. Paper presented at *PMI® Global Congress 2008*—Asia Pacific, Sydney, New South Wales, Australia. Newtown Square, PA: Project Management Institute.

Leopoulos, V. N., Kirytopoulos, K. A. & Malandrakis, C., 2006. Risk Management for SMEs: Tools to use and how, *Production Planning & Control*, vol. 17 (3), pp. 322-332.

Lukas, J. A. & Clare, R. (2011). Top 10 mistakes made in managing project risks. Paper presented at *PMI® Global Congress 2011*—North America, Dallas, TX. Newtown Square, PA: Project Management Institute.

Meyer, W. G., 2015. Quantifying risk: measuring the invisible. Paper presented at *PMI® Global Congress 2015-EMEA*, London, England, Newtown Square, PA: Project Management Institute.

Mustafa, Mohammad & F. Al-Bahar, Jamal., 1991. Project Risk Assessment Using the Analytic Hierarchy Process. Engineering Management, IEEE *Transactions on engineering management*, vol. 38 (1), pp. 46 - 52.

Piney, C., 2003. Applying utility theory to risk management. *Project Management Journal, vol. 34* (3), pp. 26–31.

Process FMEA, 2015. Available from: < http://www.systemico.ca/quality-and-risk-management/failure-mode-and-effects-analysis-fmea/process-fmea/> [7 May 2018].

Project Management Institute, 2009. *Practice Standard For Project Risk Management*. Newtown Square, PA, Project Management Institute.

Project Management Institute, 2017. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge* (*PMBOK®Guide*), 6th edition, Newtown Square, PA, Project management Institute, pp. 395-458.

Purnus, *A.* & Bodea, C. N., 2013*. Considerations on Project Quantitative Risk Analysis. Procedia:Social and Behavioral Sciences, vol. 74, pp. 144 – 153.*

Rossi, P., 2007. How to link the qualitative and the quantitative risk assessment. Paper presented at *PMI® Global Congress 2007*—EMEA, Budapest, Hungary. Newtown Square, PA: Project Management Institute.

Rosqvist, T. & Tuominen, R., 1999. *Expert Judgment Models in Quantitative Risk Assessment.* Vienna, Austria: Atomic Energy Agency, pp. 73-82.

Ruijters, E. & Stoelinga, M., 2014. Fault Tree Analysis: A survey of the state-of-the-art in modeling, analysis and tools, *Computer Science Review*, vol. 15-16, pp. 29-62.

Sanchez-Cazorla, A., Alfalla Luque, R., & Irimia Dieguez, AI., 2016. Risk Identification in Megaprojects as a Crucial Phase of Risk Management: A Literature Review. *Project Management Journal,* vol. 47(6), pp. 75–93.

Sensitivity Analysis. Available from: <(https://ec.europa.eu/jrc/en/samo)>, [2 Jun 2018].

Shaffer, J. D. & Stern, D. S., 2006. No Rest for the Weary: Bid Protests in Virginia. Virginia Lawyer, *55 Virginia Lawyer 26*, pp. 26-29.

Skrtic, M. M. & Horvatincic, K., 2014. Methods for Project Risk Assesment. Collegium antropologium, vol. 38 (1), pp. 125-134.

Stefanovic, M. & Stefanovic, I. L. (2005). Decisions, decision- Paper presented at *PMI® Global Congress 2005*-North America, Toronto, Ontario, Canada. Newtown Square, PA: Project Management Institute.

Stroie, E. R., 2011. Advantages and Disadvantages of Quantitative and Qualitative Information Risk Approaches. *Chinese Business Review*, vol. 10 (12), pp.1106-1110.

Sturiale, A., Chicca, L. & Gerosa, S., 2017. Don't Gamble With Uncertainty: A Monte Carlo Analysis Helps Project Teams Go Beyond Risk Management. *PM Network*, vol. 31(10), pp. 30-31.

Sum, R. M., 2013. RISK MANAGEMENT DECISION MAKING. Paper presented at the *Proceedings of the International Symposium on the Analytic Hierarchy Process,* ISAHP2013.

The Association for Project Management, 2000. Project Risk Analysis and Management, High Wycombe, Buckinghamshire HP11 2DX

Tuysuz, F. & Kahraman, C., 2006. Project Risk Evaluation Using a Fuzzy Analytic Hierarchy Process: An Application to Information Technology Projects. *International Journal of Intelligent Systems*, vol. 21, pp. 559-584.

Tworek, P., 2012. Quantitative risk analysis in investment projects in construction (advantages and disadvantages of selected methods), *Management and Finance*, vol. 10 (1), pp.103-112.

Vargas, R. V., 2010. Using the analytic hierarchy process (ahp) to select and prioritize projects in a portfolio. Paper presented at *PMI® Global Congress 2011*-North America, Washington, DC. Newton Square, PA: Project Management Institute.

Winters, L., 2009. Deadliest catch: risk identification in the vast Bering Sea. Paper presented at *PMI® Global Congress 2009*—North America, Orlando, FL. Newtown Square, PA: Project Management Institute.

Wyrozebski, P. & Wyrozebska, A., 2013. Challenges of project planning in the probabilistic approach using PERT, GERT and Monte Carlo. *Journal of Management and Marketing*, vol. 1 (1), pp. 1-8.

ΔΕΔΔΗΕ 2018, Η Εταιρεία. Available from: <www.deddie.gr.> [27 May 2018].

Σαριδάκης, Ι. Χ., 2012, «Διαχείριση διακινδύνευσης και επικοινωνία». Available from: ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ Α.Ε. [14 May 2018].

ΚΗΡΡΥΤΌΠΟΥΛΟΣ, Κ. Α., 2006. *Εγχειρίδιο διαχείρισης κινδύνων έργων*, Αθήνα:Κλειδάριθμος.

Παραρτήματα

Αναλυτικός πίνακας δεδομένων φάσεων διαγωνισμού

Δημοσίευση διαγωνισμού (1+1α+1β)	Αποσφράγιση δικαιολογητικών, αξιολόγηση δικαιολογητικών συμμετοχής και τεχνική αξιολόγηση (2+2α+2β+2γ)	Αποσφράγιση Οικονομικών προσφορών και Αξιολόγηση(3+3α)	Έγκριση Πρακτικού Οικονομικής αξιολόγησης (3β+3γ)	Αποσφράγιση δικαιολογητικών κατακύρωσης (πόρισμα) (4+4α)	Έγκριση Πρακτικού κατακύρωσης (4β+4γ)
15	26	17	43	2	0
20	22	0	22	7	0
25	42	0	42	14	0
6	13	0	13	7	1
12	72	3	75	12	1
64	48	13	61	25	1
12	8	0	8	27	1
15	21	0	21	47	1
80	40	0	40	6	3
14	9	0	9	25	3
112	28	33	61	110	3
96	16	0	16	8	4
150	79	30	109	10	4
40	28	7	35	12	4
105	20	15	35	35	4
3	14	25	39	80	4
15	5	0	5	1	5
40	17	0	17	10	5
10	23	16	39	27	5
51	125	174	299	140	5
3	14	0	14	0	6
95	28	0	28	8	7
5	22	0	22	35	7
7	3	0	3	45	7
489	9	28	37	63	7
20	7	0	7	6	8
10	115	0	115	12	8
79	19	0	19	12	8
6	35	0	35	76	8
54	28	0	28	82	8
26	16	0	16	33	9
43	74	29	103	41	9
153	20	10	30	77	9

Δημοσίευση διαγωνισμού (1+1α+1β)	Αποσφράγιση δικαιολογητικών, αξιολόγηση δικαιολογητικών συμμετοχής και τεχνική αξιολόγηση (2+2α+2β+2γ)	Αποσφράγιση Οικονομικών προσφορών και Αξιολόγηση(3+3α)	Έγκριση Πρακτικού Οικονομικής αξιολόγησης (3β+3γ)	Αποσφράγιση δικαιολογητικών κατακύρωσης (πόρισμα) (4+4α)	Έγκριση Πρακτικού κατακύρωσης (4β+4γ)
16	5	31	36	83	9
26	19	10	29	84	9
9	16	0	16	6	10
29	15	4	19	7	10
100	55	0	55	17	10
100	55	0	55	17	10
40	28	0	28	20	10
15	11	0	11	0	11
5	21	0	21	27	11
150	20	9	29	48	11
119	18	3	21	65	11
20	37	12	49	21	12
16	16	0	16	8	13
29	54	68	122	33	13
79	34	30	64	16	14
3	27	2	29	19	14
7	16	0	16	20	14
79	18	0	18	8	15
42	53	27	80	15	15
6	126	0	126	25	15
68	30	40	70	32	15
73	39	71	110	39	15
4	31	47	78	64	15
50	31	47	78	64	15
3	20	0	20	8	18
70	30	15	45	30	18
81	45	0	45	20	19
60	72	139	211	127	19
96	22	0	22	27	20
15	6	0	6	29	20
14	7	0	7	33	20
127	16	37	53	49	20
50	47	0	47	58	20
6	34	0	34	0	21
9	15	35	50	18	21
1	27	85	112	114	21
62	28	2	30	55	22
56	22	0	22	62	22

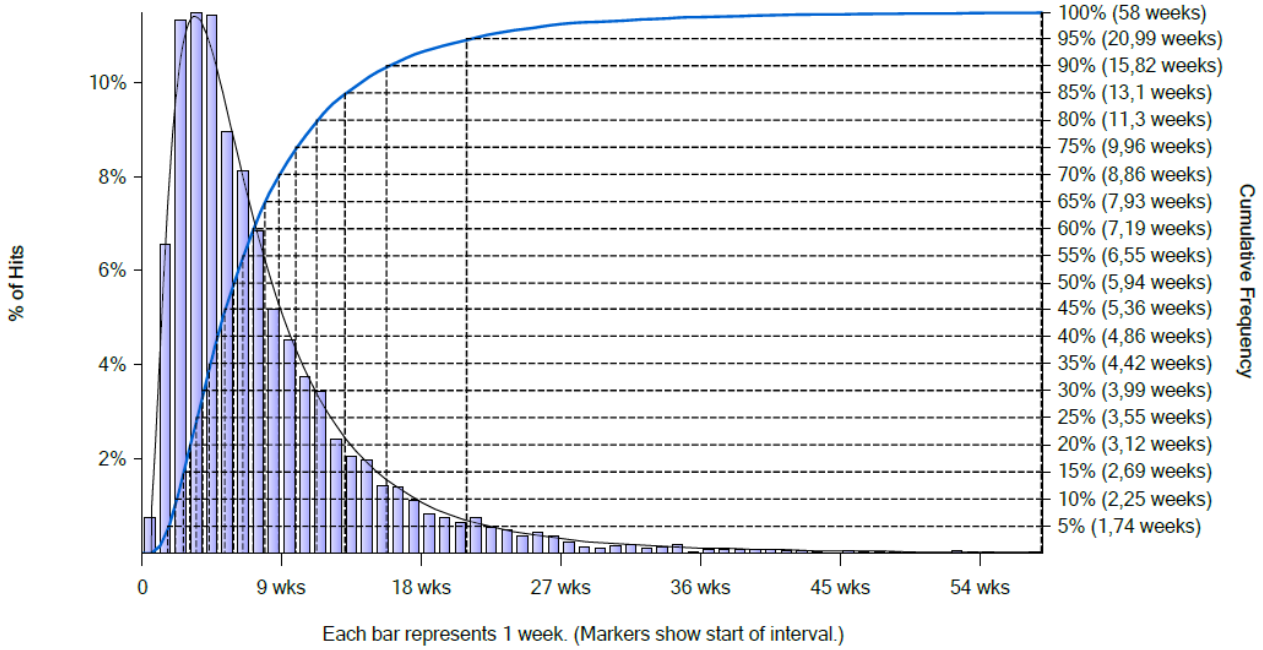
Δημοσίευση διαγωνισμού (1+1α+1β)	Αποσφράγιση δικαιολογητικών, αξιολόγηση δικαιολογητικών συμμετοχής και τεχνική αξιολόγηση (2+2α+2β+2γ)	Αποσφράγιση Οικονομικών προσφορών και Αξιολόγηση(3+3α)	Έγκριση Πρακτικού Οικονομικής αξιολόγησης (3β+3γ)	Αποσφράγιση δικαιολογητικών κατακύρωσης (πόρισμα) (4+4α)	Έγκριση Πρακτικού κατακύρωσης (4β+4γ)
71	20	43	63	119	22
7	25	0	25	52	23
3	26	0	26	30	24
98	20	5	25	35	24
2	19	30	49	30	25
118	86	56	142	36	25
200	212	16	228	72	25
21	16	7	23	3	26
5	15	5	20	5	26
169	245	193	438	20	26
73	39	71	110	28	26
18	5	0	5	0	27
14	7	6	13	44	27
72	19	36	55	68	27
113	17	5	22	41	28
1	33	91	124	30	29
48	26	0	26	45	29
119	39	15	54	118	29
196	19	0	19	209	29
15	7	0	7	11	30
119	77	85	162	23	30
4	26	45	71	55	30
73	61	75	136	214	31
21	33	85	118	16	32
78	27	40	67	37	32
47	17	27	44	80	32
5	23	0	23	0	33
57	35	211	246	81	34
162	44	98	142	252	34
4	14	0	14	42	35
30	27	0	27	46	35
41	44	54	98	49	35
24	15	0	15	58	35
182	50	18	68	82	36
53	47	9	56	69	37
80	38	0	38	60	38
57	20	0	20	72	38
799	50	42	92	11	39

Δημοσίευση διαγωνισμού (1+1α+1β)	Αποσφράγιση δικαιολογητικών, αξιολόγηση δικαιολογητικών συμμετοχής και τεχνική αξιολόγηση (2+2α+2β+2γ)	Αποσφράγιση Οικονομικών προσφορών και Αξιολόγηση(3+3α)	Έγκριση Πρακτικού Οικονομικής αξιολόγησης (3β+3γ)	Αποσφράγιση δικαιολογητικών κατακύρωσης (πόρισμα) (4+4α)	Έγκριση Πρακτικού κατακύρωσης (4β+4γ)
189	16	40	56	55	39
123	14	7	21	153	39
7	15	0	15	1	40
34	24	12	36	31	42
420	36	15	51	49	42
98	28	27	55	58	42
15	13	0	13	6	43
16	19	4	23	54	43
143	21	25	46	38	44
142	34	0	34	110	44
154	17	0	17	12	46
140	124	91	215	181	46
20	12	0	12	1	48
50	31	7	38	4	49
49	28	20	48	51	49
91	27	28	55	8	52
169	38	97	135	25	53
541	35	54	89	116	53
61	19	15	34	58	54
78	13	23	36	0	56
12	22	0	22	35	56
6	19	40	59	87	59
91	38	88	126	9	61
133	54	79	133	47	61
125	21	13	34	106	62
107	57	14	71	118	62
106	27	25	52	244	63
22	16	0	16	0	64
37	14	0	14	85	64
85	46	12	58	46	66
136	77	29	106	59	69
61	27	25	52	83	70
157	24	0	24	90	71
113	75	97	172	183	72
35	20	0	20	0	76
49	28	40	68	50	76
1176	168	43	211	73	76
151	44	98	142	146	77

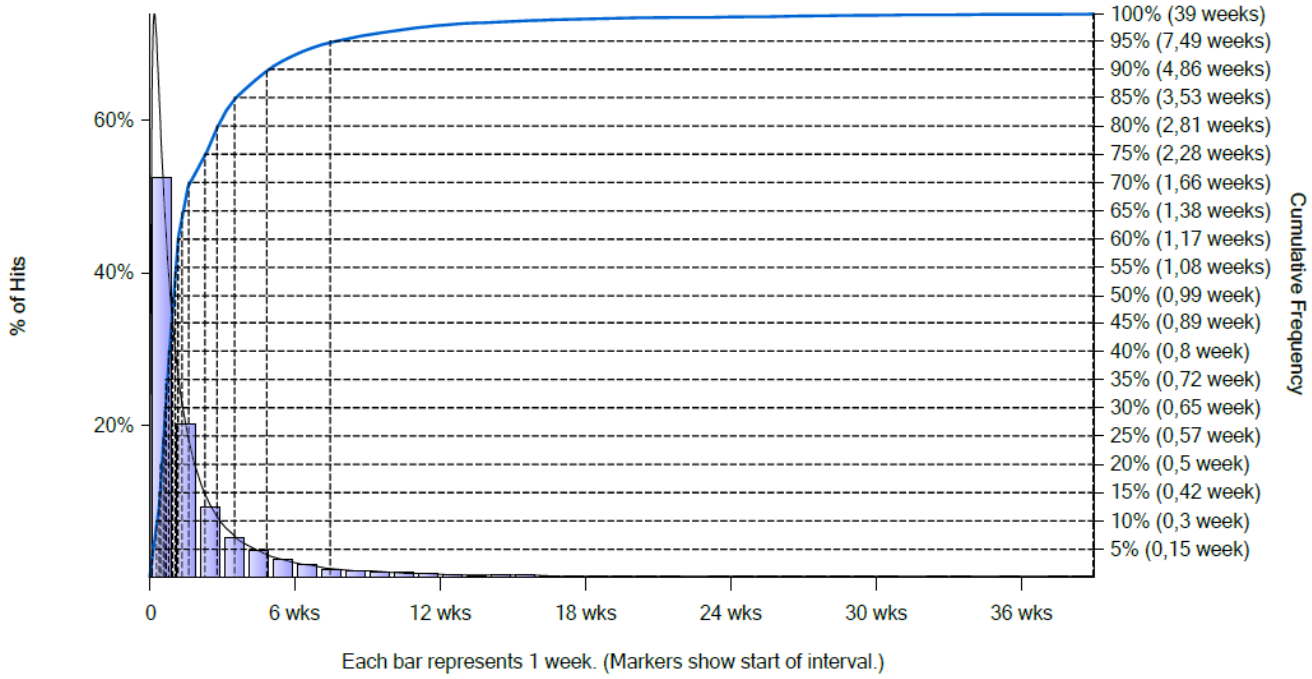
Δημοσίευση διαγωνισμού (1+1α+1β)	Αποσφράγιση δικαιολογητικών, αξιολόγηση δικαιολογητικών συμμετοχής και τεχνική αξιολόγηση (2+2α+2β+2γ)	Αποσφράγιση Οικονομικών προσφορών και Αξιολόγηση(3+3α)	Έγκριση Πρακτικού Οικονομικής αξιολόγησης (3β+3γ)	Αποσφράγιση δικαιολογητικών κατακύρωσης (πόρισμα) (4+4α)	Έγκριση Πρακτικού κατακύρωσης (4β+4γ)
52	74	83	157	78	79
31	27	25	52	134	79
35	28	0	28	48	80
6	20	11	31	72	80
714	31	21	52	100	80
12	17	26	43	13	85
14	65	0	65	12	89
56	88	66	154	188	90
11	23	0	23	1	97
455	28	34	62	244	104
393	23	102	125	366	104
287	48	153	201	356	105
970	140	66	206	105	106
118	49	190	239	224	109
48	106	169	275	408	110
5	37	0	37	4	120
43	161	139	300	161	122
74	24	45	69	174	134
70	35	0	35	7	141
38	60	134	194	195	142
14	7	0	7	45	152
15	13	0	13	0	154
78	111	111	222	73	154
67	203	20	223	278	154
151	86	21	107	28	170
93	46	22	68	193	181
242	77	39	116	73	190
133	64	119	183	15	211
128	112	28	140	46	218
242	93	15	108	163	222
452	24	20	44	226	225
166	77	108	185	482	253
162	82	211	293	228	489
1377	33	10			
148	105	67			
158	161	178			
254	74				
270	299				

Ιστόγραμμα για τις φάσεις 2-6

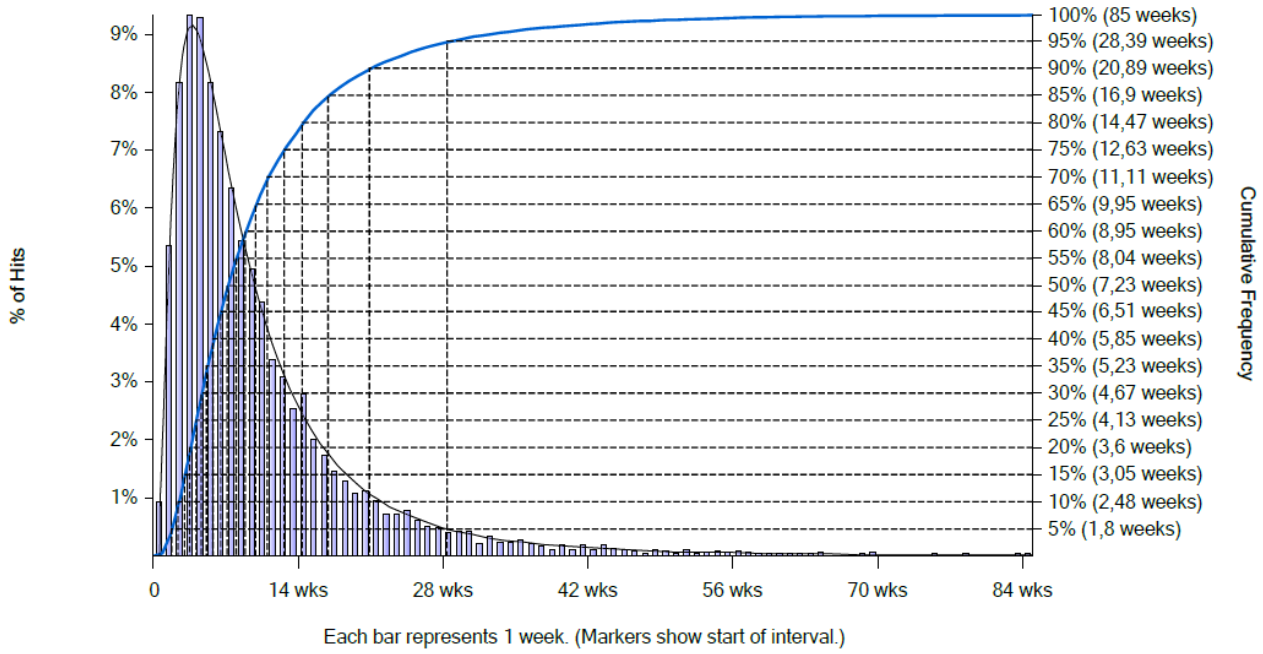
Histogram of Remaining Duration for task ' Αποσφράγιση δικαιολογητικών, αξιολόγηση δικαιολογητικών συμμετοχής και τεχνική αξιολόγηση (2-
Mean = 39,63 days, Standard deviation = 33 days, Deterministic value = 42 days (68%).



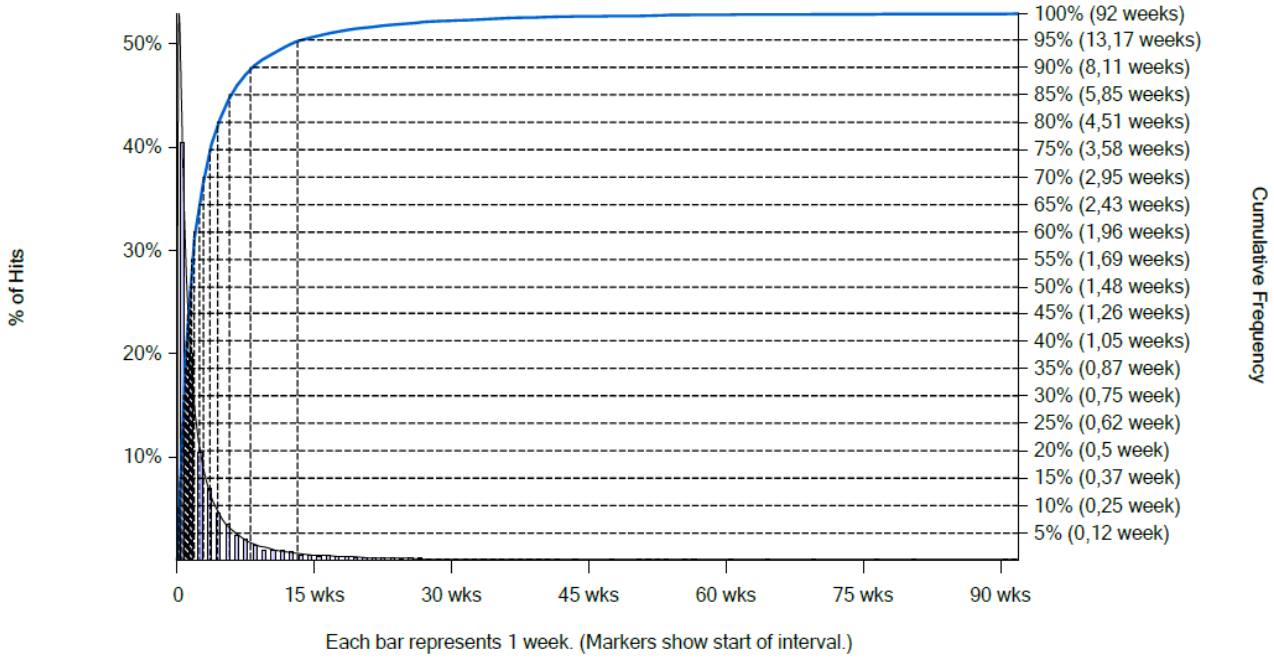
Histogram of Remaining Duration for task ' Αποσφράγιση Οικονομικών προσφορών και Αξιολόγηση(3+3α)' (UID 291).
Mean = 2 weeks, Standard deviation = 16,88 days, Deterministic value = 42 days (96%).



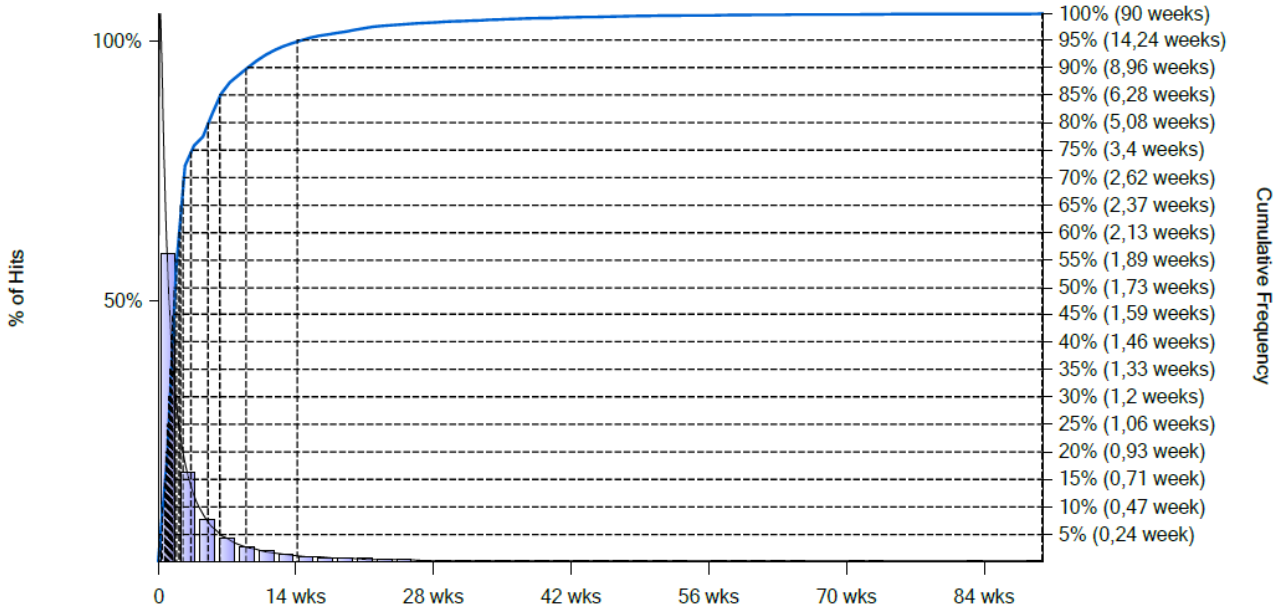
Histogram of Remaining Duration for task "Έγκριση Πρακτικού Οικονομικής αξιολόγησης από ΔΣ (3β+3γ)' (UID 596).
Mean = 10 weeks, Standard deviation = 47 days, Deterministic value = 22 days (27%).



Histogram of Remaining Duration for task 'Αποσφράγιση δικαιολογητικών κατακύρωσης (πόρισμα) (4+4α)' (UID 600).
Mean = 17,63 days, Standard deviation = 33 days, Deterministic value = 42 days (90%).



Histogram of Remaining Duration for task "Έγκριση Πρακτικού κατακύρωσης από ΔΣ (4β+4γ)' (UID 423).
Mean = 18,63 days, Standard deviation = 34 days, Deterministic value = 22 days (78%).



Each bar represents 2 weeks. (Markers show start of interval.)