



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

**Προγραμματισμός έργου & αβεβαιότητα.
Μελέτη και ανάπτυξη ενός πληροφοριακού
συστήματος**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Εισηγητής: Αμαριωτάκη Δέσποινα, Βαχατσάκη Καλλιόπη

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Μαρκάκη Μαρία

©
2025



HELLENIC MEDITERRANEAN UNIVERSITY
SCHOOL OF MANAGEMENT AND ECONOMICS SCIENCE
DEPARTMENT OF MANAGEMENT SCIENCE AND
TECHNOLOGY

**Project planning and uncertainty. Study and
development of an information system**

DIPLOMA THESIS

Student: Amariotaki Despina, Vachatsaki Kalliopi

Supervisor: Markaki Maria

©
2025

Υπεύθυνη Δήλωση: Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην πτυχιακή εργασία. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η πτυχιακή εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος σπουδών του Τμήματος Διοικητικής Επιστήμης και Τεχνολογίας του ΕΛ.ΜΕ.ΠΑ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εστιάζει στον προγραμματισμό έργων σε συνθήκες αβεβαιότητας, χρησιμοποιώντας θεωρητικές προσεγγίσεις, σύγχρονες μεθόδους και πρακτικές εφαρμογές. Στόχος είναι να αναλύσει τις βασικές αρχές διαχείρισης έργων και να ενσωματώσει τεχνικές, όπως Pert, CPM και την προσομοίωση Μόντε Κάρλο, στην ανάπτυξη ενός πληροφοριακού συστήματος για την καλύτερη λήψη αποφάσεων.

Το πρώτο μέρος εξηγεί τις έννοιες και τις μεθοδολογίες διαχείρισης έργων, ενώ περιγράφει τη σημασία της διαχείρισης αβεβαιότητας. Το δεύτερο μέρος εξετάζει βιβλιογραφική ανασκόπηση από άρθρα, αναλύοντας τις ερευνητικές προσεγγίσεις και τις σύγχρονες τάσεις στη διαχείριση έργων. Το τρίτο και τελευταίο μέρος επικεντρώνεται στη μελέτη και ανάπτυξη ενός πληροφοριακού συστήματος, το οποίο ενσωματώνει τις παραπάνω μεθόδους. Παράλληλα, η εργασία τονίζει τη σημασία της σύνδεσης της θεωρίας με την πράξη για τη βελτίωση της διαχείρισης έργων.

Τα αποτελέσματα της εργασίας δείχνουν ότι η τεχνολογία μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στη διαχείριση έργων, ειδικά σε περιβάλλοντα με υψηλή αβεβαιότητα. Με τη χρήση της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο και άλλων εργαλείων, μπορούμε να προβλέψουμε καθυστερήσεις, να αναλύσουμε κινδύνους και να βελτιώσουμε τη χρήση πόρων.

Λέξεις Κλειδιά: Διαχείριση έργων, Χρονικός προγραμματισμός, Αβεβαιότητα, Προσομοίωση Μόντε Κάρλο, Ανάλυση Κινδύνων.

ABSTRACT

This thesis focuses on project scheduling under conditions of uncertainty, utilizing theoretical approaches, modern methods, and practical applications. The aim is to analyze the fundamental principles of project management and integrate techniques such as PERT, CPM, and Monte Carlo simulation into the development of an information system for improved decision-making.

The first part explains the concepts and methodologies of project management while describing the importance of managing uncertainty. The second part examines a literature review of articles, analyzing research approaches and modern trends in project management. The third and final part focuses on the study and development of an information system that incorporates the aforementioned methods.

The results of the study show that technology can significantly aid in project management, especially in environments with high uncertainty. By applying Monte Carlo simulation and other tools, it is possible to predict delays, analyze risks, and optimize resource utilization.

Finally, the thesis highlights the importance of bridging theory and practice to enhance project management processes.

Key Words: Project Management, Scheduling Uncertainty, Monte Carlo Simulation, Risk Analysis.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ABSTRACT	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	8
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ & ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	8
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	9
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
ΜΕΡΟΣ Α	12
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΈΡΓΟΥ ΚΑΙ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ	12
ΜΕΡΟΣ Α: ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΈΡΓΟΥ ΚΑΙ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ	13
1	13
Διαχείριση Έργου (Project Management).	13
Τι είναι έργο	15
Κύκλος ζωής έργου	17
2	19
Δομή Ανάλυσης Εργασιών (WBS)	21
Καμπύλες Προόδου (S-curves)	22
Πρότυπα Διαχείρισης Έργων	23
PRINCE2	23
PMBOK	23
Σύγκριση των προτύπων PRINCE2 και PMBOK	24
3	26
Διάγραμμα Gantt	26
Ανάλυση δικτύων	28
Δικτυακή απεικόνιση ενός έργου	29
Μέθοδοι δικτυακής ανάλυσης	31
Μέθοδος CPM (Critical Path Method)	32
Μέθοδος PERT (Project Evaluation and Review Technique)	34
4	38
Αβεβαιότητα και Πηγές Αβεβαιότητας	38
Διαχείριση Κινδύνων	38
Ανάλυση κινδύνου χρονοδιαγράμματος	39
Αιτίες κινδύνων	40
5	42
Σύντομη Ιστορική Αναδρομή	42
Ανάλυση Μόντε Κάρλο	43
Πώς Λειτουργεί η Προσομοίωση Monte Carlo	45
Δημιουργία Τυχαίων αριθμών	46
Οφέλη της Προσομοίωσης Μόντε Κάρλο	46
Περιορισμοί της Προσομοίωσης Monte Carlo	47
Εφαρμογές Monte Carlo	48
ΜΕΡΟΣ Β	50
ΈΡΕΥΝΑ ΣΤΟΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ	50
ΜΕΡΟΣ Β: ΈΡΕΥΝΑ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ	51
Εισαγωγή	51

Μέθοδος Ανασκόπησης Βιβλιογραφίας	52
Ανάλυση - Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας	53
Συγκριτική ανάλυση των μεθόδων	63
Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των Μεθόδων Διαχείρισης Έργων	64
Ανάλυση Ευρημάτων	66
Αναγνώριση ερευνητικών κενών και προτάσεις για μελλοντική έρευνα	68
Συμπεράσματα	70
ΜΕΡΟΣ Γ	72
ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	72
ΜΕΡΟΣ Γ: ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	73
Πληροφοριακά Συστήματα	73
Συνοπτική περιγραφή του έργου – Ορισμός έργου	74
Δομή Ανάλυσης Εργασιών (WBS)	75
Ανάλυση πακέτων εργασιών σε δραστηριότητες	77
Προγραμματισμός Έργου και Διαχείριση Αβεβαιότητας	78
Δίκτυο έργου με τη μέθοδο AON (Activity On Node)	78
Συνολική διάρκεια με την τεχνική CPM	79
Διάγραμμα Gantt με βάση τη Νωρίτερη Έναρξη (Early Start) και Αργότερη Έναρξη (Later Start)	84
Συγκριτική Ανάλυση των Διαγραμμάτων	86
Χρονική αβεβαιότητα	87
Μέθοδος PERT – Τεχνική Αξιολόγησης και Αναθεώρησης Προγράμματος	87
Προσομοίωση Μόντε Κάρλο	90
Τελικό Συμπέρασμα και σύγκριση μεθόδων Pert – Monte Carlo	96
Σύγκριση και Σύσταση Pert - Monte Carlo	97
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	98
Ελληνική Βιβλιογραφία	98
Ξένη Βιβλιογραφία	98
Πηγές στο Διαδίκτυο	98
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	100

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 - Τρίγωνο Διαχείρισης Έργου	16
Εικόνα 2 - Δομή Ανάλυσης Εργασιών (WBS)	22
Εικόνα 3 - Διάγραμμα Gantt	27
Εικόνα 4 - Διάγραμμα AON - CPM	84
Εικόνα 5 - Διάγραμμα Gantt Νωρίτερης Έναρξης	84
Εικόνα 6 - Διάγραμμα Gantt Αργότερης Έναρξης	85
Εικόνα 7 - Μέθοδος Pert	89
Εικόνα 8 - Δεδομένα και Ιστόγραμμα Κατανομής Διάρκειας Έργου	94

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 - Συγκριτικός πίνακας PRINCE2 και PMBOK	25
Πίνακας 2 - Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Μεθόδων Διαχείρισης Έργων	65
Πίνακας 3 - Δομή εργασιών	76
Πίνακας 4 - Δομή εργασιών σε ανάλυση πίνακα	76
Πίνακας 5 - Δομή εργασιών σε διάγραμμα WBS	77
Πίνακας 6 - Δραστηριοτήτων	77
Πίνακας 7 - Δραστηριοτήτων	79
Πίνακας 8 - Νωρίτερη / Αργότερη Έναρξη / Λήξη – Κρίσιμες Διαδρομές	81
Πίνακας 9 - Χρονική αβεβαιότητα	88

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1 - Φάσεις του κύκλου ζωής του έργου	17
Σχήμα 2 - Διεργασίες Προγραμματισμού	20
Σχήμα 3 - Τοξωτά Δίκτυα	30
Σχήμα 4 - Κομβικά Δίκτυα	30
Σχήμα 5 - Εκτίμηση διάρκειας δραστηριοτήτων έργου	91
Σχήμα 6 - Μοντέλο προσομοίωσης έργου στο Excel	91
Σχήμα 7 - Αριθμητικά αποτελέσματα προσομοίωσης έργου στο Excel	92
Σχήμα 8 - Διαδικασία επαναλήψεων προσομοίωσης	92
Σχήμα 9 - Αποτελέσματα επαναλήψεων προσομοίωσης	93

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

CPM Critical Path Method
PERT Program Review and Evaluation Technique
AOA Activities On Arrows
AON Activities On Nodes
MCS Monte Carlo Simulation
PMBOK Project Management Institute
PRINCE2 PRojects IN a Controlled Environment

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η ολοκλήρωση αυτής της εργασίας δεν θα ήταν εφικτή χωρίς την πολύτιμη στήριξη και καθοδήγηση σημαντικών ανθρώπων, στους οποίους θα θέλαμε να εκφράσουμε την ειλικρινή μας ευγνωμοσύνη.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την επιβλέπουσα καθηγήτριά μας, Μαρκάκη Μαρία, για την αμέριστη υποστήριξη, την καθοδήγηση και τις πολύτιμες συμβουλές της.

Θα θέλαμε επίσης να ευχαριστήσουμε τις οικογένειές μας, που στάθηκαν δίπλα μας με αστείρευτη υπομονή, αγάπη και στήριξη καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μας. Η στήριξή τους ήταν καθοριστική στις δύσκολες στιγμές.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία εστιάζει στη μελέτη του χρονοπρογραμματισμού έργων και της διαχείρισης της αβεβαιότητας, προσφέροντας μια συνδυαστική προσέγγιση θεωρητικής ανάλυσης και πρακτικής εφαρμογής μέσω της ανάπτυξης ενός πληροφοριακού συστήματος. Στόχος της είναι να εξετάσει τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι διαχειριστές έργων σε σύνθετες και απαιτητικές καταστάσεις και να προτείνει πρακτικές λύσεις και εργαλεία που θα βοηθήσουν στη λήψη καλύτερων αποφάσεων.

Στο πρώτο μέρος, αναλύονται οι βασικές αρχές της διαχείρισης έργων, όπως ο σχεδιασμός, ο έλεγχος και η παρακολούθηση των δραστηριοτήτων. Εξετάζονται οι περιορισμοί που θέτουν το χρονοδιάγραμμα, ο προϋπολογισμός και οι ποιοτικοί στόχοι, καθώς και τα βασικά πλεονεκτήματα της ανάλυσης δικτύων έργων.

Στη συνέχεια, η εργασία εστιάζει σε μεθόδους και τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στις μεθόδους ανάλυσης δικτύων, όπως η PERT και η CPM, που προσφέρουν δομημένη προσέγγιση για την ανάλυση και τον χρονοπρογραμματισμό των δραστηριοτήτων ενός έργου. Αυτές οι τεχνικές βοηθούν στον προσδιορισμό των κρίσιμων διαδρομών, στην εκτίμηση της διάρκειας και στον εντοπισμό των δραστηριοτήτων που απαιτούν προσοχή. Επιπλέον, εξετάζεται η μέθοδος προσομοίωσης Monte Carlo, η οποία επιτρέπει τη στατιστική αξιολόγηση της αβεβαιότητας και των κινδύνων, προσφέροντας ακριβείς προβλέψεις στους διαχειριστές έργων.

Το δεύτερο μέρος της εργασίας, αναφέρεται στη βιβλιογραφική ανασκόπηση, διερευνώντας τη χρήση αυτών των μεθόδων σε διαφορετικούς τομείς και τύπους έργων. Αναλύεται η εφαρμογή και η αποτελεσματικότητα της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο, της Pert και της CPM, ενώ συγκρίνονται τα πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί της κάθε προσέγγισης.

Στο τρίτο και τελευταίο μέρος, η εργασία προχωρά στην ανάπτυξη ενός πληροφοριακού συστήματος, σχεδιασμένο να υποστηρίζει τον χρονοπρογραμματισμό και τη διαχείριση κινδύνων. Το σύστημα αυτό ενσωματώνει λειτουργίες ανάλυσης δεδομένων και οπτικοποιήσεων, που διευκολύνει τον έλεγχο της προόδου και την αξιολόγηση των επιδόσεων σε πραγματικό χρόνο. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα του συστήματος είναι η ικανότητά του να προσαρμόζεται σε διαφορετικούς τύπους έργων και να υποστηρίζει τη λήψη αποφάσεων με τρόπο διαφανή και τεκμηριωμένο.

Συμπερασματικά η εργασία υπογραμμίζει την ανάγκη για συνδυαστική χρήση των μεθόδων που διαχειρίζονται την αβεβαιότητα και τον κίνδυνο, με έμφαση στη διατήρηση των

στόχων. Επιπλέον, αναδεικνύει τη σημασία της υιοθέτησης σύγχρονων εργαλείων διαχείρισης έργων, ιδιαίτερα σε συνθήκες υψηλής αβεβαιότητας. Παράλληλα, διατυπώνονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη, εστιάζοντας στη βελτιστοποίηση των τεχνολογιών και των μεθόδων που εφαρμόζονται στη διαχείριση έργων. Με αυτόν τον τρόπο, η εργασία φιλοδοξεί να συμβάλει στην πρόοδο του τομέα, παρέχοντας πρακτικές λύσεις που ανταποκρίνονται στις ανάγκες του σύγχρονου επιχειρηματικού κόσμου.

Μέρος Α

Προγραμματισμός Έργου και Αβεβαιότητα

ΜΕΡΟΣ Α: Προγραμματισμός Έργου και Αβεβαιότητα

1 Κεφάλαιο

Θεμελιώδεις Έννοιες στη Διαχείριση Έργων

Διαχείριση Έργου (Project Management).

Στον σημερινό κόσμο, η παγκοσμιοποίηση έχει δημιουργήσει νέες προκλήσεις και απαιτήσεις, για την ταχύτερη πρόσβαση στην αγορά προϊόντων και υπηρεσιών. Τα έργα γίνονται διαρκώς μεγαλύτερα, πιο πολύπλοκα και δύσκολα διαχειρίσιμα. Ο σύγχρονος επιχειρηματικός κόσμος απαιτεί σύγχρονες μεθοδολογίες διαχείρισης έργων, που να ενσωματώνουν βέλτιστες πρακτικές και νέες τεχνικές για την αντιμετώπιση των νέων προκλήσεων. Οι τεχνικές για την επίτευξη αυτού του στόχου συγκεντρώνονται στην επιστήμη που έχει καθιερωθεί ως Διαχείριση Έργου. Σύμφωνα με το Project Management Institute (PMI), η διαχείριση έργου ορίζεται ως η χρήση γνώσεων, δεξιοτήτων και εργαλείων για την ολοκλήρωση των στόχων του έργου με βάση τις προκαθορισμένες πληροφορίες. Η διαχείριση έργου στοχεύει στην αποτελεσματική χρήση των διαθέσιμων πόρων και στην επιτυχία των βέλτιστων αποτελεσμάτων με το μικρότερο κόστος και το συντομότερο χρονικό διάστημα.

Παρότι υπάρχουν αναφορές ότι οι αρχαίοι πολιτισμοί χρησιμοποιούσαν εργαλεία διαχείρισης έργων, μόλις πριν από έναν αιώνα περίπου οι επιχειρήσεις άρχισαν να εφαρμόζουν συστηματικά εργαλεία διαχείρισης έργων σε σύνθετα έργα. Πρωτοπόροι θεωρούνται ο Frederick Taylor και ο Henri Fayol οι οποίοι έθεσαν τις βάσεις για τη σύγχρονη επιστημονική προσέγγιση.

Η σωστή διαχείριση του έργου έχει τρεις κύριους στόχους: την τήρηση των προδιαγραφών απόδοσης, την ολοκλήρωση εντός του χρονοδιαγράμματος και την τήρηση του προϋπολογισμού κόστους. Η αξιολόγηση ενός έργου βασίζεται στους παραπάνω στόχους, ενώ οι δευτερεύοντες στόχοι περιλαμβάνουν τη μείωση του κινδύνου, τον έλεγχο της προόδου, τη συμμόρφωση της εταιρείας, το κέρδος, την απόκτηση τεχνογνωσίας και τη βελτίωση της ποιότητας.

Οι κύριες φάσεις της διαχείρισης ενός έργου είναι οι παρακάτω:

➤ **Σχεδιασμός:** Στη φάση αυτή προσδιορίζονται όλες οι απαραίτητες δραστηριότητες που πρέπει να εκτελεστούν για την ολοκλήρωση του έργου. Παρέχονται εκτιμήσεις κόστους και χρόνου για καθεμία από αυτές και απαριθμούνται οι απαιτούμενοι

πόροι. Επίσης προσδιορίζονται οι αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των δραστηριοτήτων του έργου.

➤ *Χρονικός προγραμματισμός:* Η φάση του χρονικού προγραμματισμού περιλαμβάνει τον καθορισμό του χρόνου έναρξης και λήξης των δραστηριοτήτων, τον καθορισμό ορόσημων ελέγχου της προόδου του έργου, τη δημιουργία χρονοδιαγράμματος και του προγράμματος απασχόλησης των διαθέσιμων πόρων. Περιλαμβάνει επίσης τις καμπύλες κόστους που απεικονίζουν την αναμενόμενη εξέλιξη του κόστους, καθώς και την εκτίμηση κινδύνου για πιθανές υπερβάσεις κόστους και χρόνου.

➤ *Συντονισμός και έλεγχος:* Καθ' όλη τη διάρκεια της υλοποίησης του έργου, οι δραστηριότητες παρακολουθούνται για την ολοκλήρωσή τους εντός του καθορισμένου χρονοδιαγράμματος και του προϋπολογισμού. Σε αυτή τη φάση εντοπίζονται τυχόν αποκλίσεις (καθυστερήσεις, υπέρβαση του προϋπολογισμού κ.τ.λ.) και γίνεται αναθεωρημένος σχεδιασμός και κατανομή των πόρων για την επίτευξη του τελικού αποτελέσματος.

Η έννοια της διαχείρισης έργων οριοθετεί μια εξαιρετικά μεγάλη περιοχή καθώς περιλαμβάνει οποιοδήποτε έργο, μεγάλο ή μικρό, και απαιτεί την παρακολούθηση όλων των λειτουργιών (σχεδίαση, υλοποίηση, τήρηση χρονοδιαγραμμάτων κ.λ.π.). (Τσιρώνης, 2007)

Σύμφωνα με το PMBOK (Project Management Body of Knowledge) η επιτυχής διαχείριση των έργων εξαρτάται από τη συστηματική εφαρμογή διαδικασιών που ακολουθούν μια οργανωμένη προσέγγιση, από την αρχή έως την ολοκλήρωσή του.

Το PMBOK επιβεβαιώνει ότι η διαχείριση έργου δεν είναι απλά η διαχείριση πόρων και χρόνου, αλλά μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που βασίζεται σε κύριες διεργασίες. Ας δούμε κάθε διεργασία ξεχωριστά.

➤ *Διεργασία έναρξης:* Η διεργασία έναρξης σηματοδοτεί την αρχή του έργου και συνήθως περιλαμβάνει τη δημιουργία του καταστατικού του έργου και τη διεξαγωγή της μελέτης σκοπιμότητας.

➤ *Διεργασία σχεδιασμού:* Η διεργασία σχεδιασμού καθορίζει και διαμορφώνει την καλύτερη σειρά ενεργειών ώστε να πραγματοποιηθούν τα παραδοτέα του έργου. Σε αυτό το στάδιο συνήθως πραγματοποιείται το σχέδιο διαχείρισης έργου.

➤ *Διεργασία εκτέλεσης:* Η διεργασία εκτέλεσης συγκεντρώνει τους ανθρώπους και τους διαθέσιμους πόρους, διασφαλίζοντας τον συντονισμό τους και την καθοδήγησή τους, με σκοπό την υλοποίηση και την ολοκλήρωση του έργου.

➤ *Διεργασία ελέγχου:* Η διεργασία ελέγχου εξασφαλίζει την εκτέλεση των

στόχων του έργου, με συνεχή παρακολούθηση και αξιολόγηση της προόδου. Αναγνωρίζει τις αποκλίσεις από το σχέδιο διαχείρισης έργου ώστε να γίνει ανάληψη διορθωτικών ενεργειών αν είναι απαραίτητο.

➤ **Διεργασία ολοκλήρωσης:** Η διεργασία ολοκλήρωσης δέχεται το έργο και το οδηγεί στην περάτωση του έργου. Σε αυτή τη φάση, το έργο είναι σε λειτουργία και επιβεβαιώνει ότι οι στόχοι πληρούν τα απαιτούμενα πρότυπα.

Η επιτυχής διαχείριση του έργου βασίζεται στη σωστή εφαρμογή των διεργασιών, ώστε η ολοκλήρωση να γίνει σύμφωνα με τους καθορισμένους στόχους.

Τι είναι έργο

Ως έργο ορίζεται ένα σύνολο ανθρώπων και άλλων μέσων που συγκεντρώνεται προσωρινά για την εκπλήρωση κάποιου σκοπού, συνήθως μέσα σε συγκεκριμένα όρια προϋπολογισμού και χρόνου. Ένα έργο συνδέεται συνήθως με κάποιο προϊόν που γίνεται για πρώτη φορά είτε είχε γίνει στο παρελθόν με διαφορετικές διαδικασίες. (Graham, 1985)

Στη πραγματικότητα είναι μια πολύπλοκη και μοναδική προσπάθεια που πραγματοποιείται για την επίτευξη ορισμένων στόχων όπως είναι η ανάπτυξη νέων προϊόντων, η κατασκευή τεχνικών έργων, η δημιουργία πληροφοριακών συστημάτων, η υλοποίηση επενδυτικών σχεδίων, η συντήρηση κατασκευών κ.λπ. Ο κοινός παρονομαστής τους είναι η ανάγκη για σωστό σχεδιασμό, συντονισμό των διαθέσιμων πόρων και αποτελεσματική διαχείριση για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος στους καθορισμένους χρονικούς, οικονομικούς και ποιοτικούς περιορισμούς.

Κάθε έργο διαθέτει τα εξής χαρακτηριστικά:

➤ Χαρακτηρίζεται από τη μοναδικότητα του με την έννοια ότι δεν επαναλαμβάνει ακριβώς το ίδιο αντικείμενο.

➤ Έχει καθορισμένους στόχους.

➤ Έχει συγκεκριμένο προϋπολογισμό.

➤ Μπορεί να αποτελεί μέρος ενός μεγαλύτερου προγράμματος που περιλαμβάνει πολλαπλά έργα.

➤ Διαθέτει καθορισμένη ημερομηνία έναρξης και ολοκλήρωσης.

➤ Περιλαμβάνει σημαντικό βαθμό ανθρώπινης εργασίας.

➤ Πρέπει να ακολουθεί διάφορες απαιτήσεις, όπως οικονομικές, νομικές, περιβαλλοντικές και χρονικές ρυθμίσεις καθώς και να τηρεί αντίστοιχα πρότυπα.

➤ Πρέπει να τηρεί τους κανόνες ασφαλείας τόσο κατά την υλοποίηση του όσο και καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του. Αυτοί οι παράγοντες καθορίζονται από το κράτος ή τον κύριο υπόχρεο του έργου.

➤ Η εκτέλεση του έργου απαιτεί αποφάσεις διαχείρισης έργου.

Στην περίπτωση της παραγωγής έργων, τα προβλήματα σχεδιασμού και προγραμματισμού παραγωγής που πρέπει να αντιμετωπίσουμε προκύπτουν κυρίως από το μεγάλο αριθμό μεμονωμένων εργασιών, από την εκτέλεση των οποίων εξαρτάται η ολοκλήρωση του έργου, αλλά και από την πολυπλοκότητα της αλληλεξάρτησης αυτών των εργασιών.

Προβλήματα υλοποίησης ενός έργου σε γενικές γραμμές είναι τα παρακάτω:

- Οικονομική υπέρβαση: Το έργο ξεπερνά τον αρχικό καθορισμένο προϋπολογισμό.

- Χρονικές καθυστερήσεις: Η υλοποίηση του έργου διαρκεί περισσότερο από το προβλεπόμενο χρονοδιάγραμμα.

- Ποιοτικά προβλήματα: Παρουσία ελαττωμάτων ή αστοχιών που επηρεάζουν την απόδοση του έργου.

- Δυσκολίες στον εργασιακό τομέα: Προβλήματα στη διαχείριση ανθρώπινου δυναμικού.

- Αποτυχία στόχων: Το έργο δεν ανταποκρίνεται στις αρχικές οδηγίες ή δεν καλύπτει τον σκοπό για τον οποίο σχεδιάστηκε.

Οι βασικοί περιορισμοί σε ένα έργο είναι το αντικείμενό του, ο χρόνος εκτέλεσής του και το απαιτούμενο κόστος για την εκτέλεσή του. Αυτοί οι τρεις παράγοντες αναφέρονται συχνά ως



Εικόνα 1 - Τρίγωνο Διαχείρισης Έργου

Πηγή: [Project Management](#))

το **τρίγωνο της διαχείρισης του έργου**, στο οποίο η κάθε πλευρά συμβολίζει έναν περιορισμό. Μια αλλαγή σε μια πλευρά του τριγώνου οδηγεί σε αλλαγή των περιορισμών, η οποία με τη σειρά της οδηγεί σε αλλαγές στους περιορισμούς που σχετίζονται με τα άλλα στοιχεία.

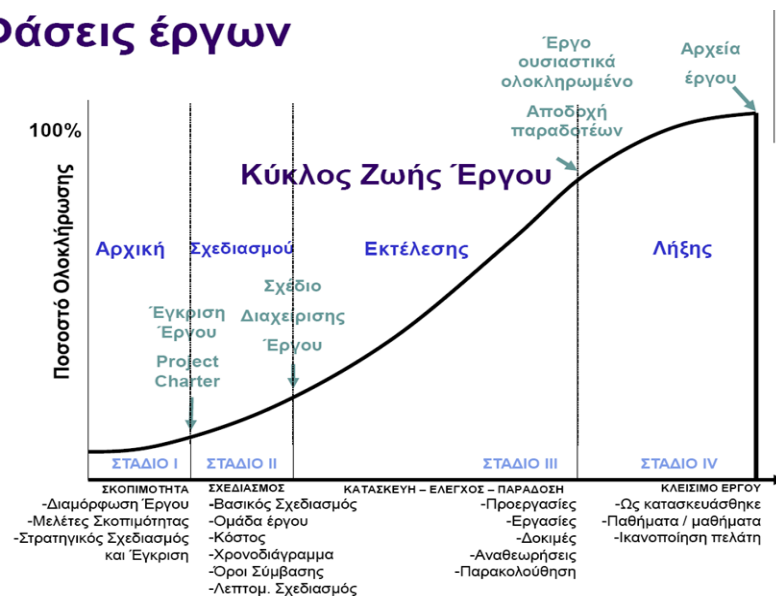
Για παράδειγμα, εάν ο χρόνος ολοκλήρωσης ενός έργου μειωθεί, μπορεί να αυξηθούν οι πόροι, με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγαλύτερο κόστος. Έτσι, η αλλαγή του αντικειμένου

εργασιών ενός έργου αλλάζει τη διάρκεια και τον προϋπολογισμό του έργου (Rosen, 2004). Η επιτυχία είναι επομένως ένας συνδυασμός σύνθετων παραγόντων και κάθε προσέγγιση που βελτιστοποιεί τους παραπάνω παράγοντες θεωρείται επιτυχής.

Κύκλος ζωής έργου

Το PMBOK (Project Management Body of Knowledge), ένα διεθνές πρότυπο για τις βέλτιστες πρακτικές διαχείρισης έργων, επισημαίνει ότι κάθε έργο είναι μοναδικό και συνοδεύεται από υψηλό βαθμό κινδύνου. Για να διαχειρίζονται καλύτερα αυτή την πολυπλοκότητα, οι εταιρείες χωρίζουν τα έργα σε διάφορες φάσεις. Οι φάσεις αυτές, γνωστές ως ο κύκλος ζωής του έργου, βοηθούν στη συστηματική παρακολούθηση και διαχείρισή των έργων. Όλα τα έργα, ανεξάρτητα από το εύρος και την πολυπλοκότητά τους, περνούν από μια σειρά φάσεων κατά τη διάρκεια της ζωής τους.

Φάσεις έργων



Σχήμα 1 - Φάσεις του κύκλου ζωής του έργου
(Πηγή: Κηρυττόπουλος Κ., 2008)

Όπως αποτυπώνεται στην παραπάνω εικόνα, ο κύκλος ζωής έργου περιλαμβάνει τέσσερις κύριες φάσεις:

✓ Φάση σκοπιμότητας: προσδιορισμός της ανάγκης για το έργο: έναρξη του έργου και εκπόνηση μελέτης σκοπιμότητας. Ανάλυση κινδύνων και λήψεις αρχικών εγκρίσεων.

✓ Φάση σχεδιασμού και ανάπτυξης: διαμόρφωση της ιδέας του έργου, και

προετοιμασία αναλυτικών σχεδίων και προδιαγραφών, καθώς και η δημιουργία ενός λεπτομερούς πλάνου διαχείρισης του έργου, το οποίο περιγράφει τον τρόπο υλοποίησης του. Επιπλέον, καθορισμός πόρων και προϋπολογισμού.

✓ Φάση εκτέλεσης: υλοποίηση του έργου σύμφωνα με τις καθορισμένες απαιτήσεις και το πλάνο διαχείρισης του έργου. Πρόκειται για τη μεγαλύτερη φάση από άποψη πόρων, χρόνου και κόστους. Επίβλεψη και αξιολόγηση προόδου, αντιμετώπιση προβλημάτων και προσαρμογών.

✓ Φάση θέσης σε λειτουργία και παράδοσης: επιβεβαίωση ότι το έργο έχει κατασκευαστεί σύμφωνα με τις προδιαγραφές και ότι λειτουργεί σύμφωνα με τις καθορισμένες συνθήκες. Παράδοση του έργου στον πελάτη και υποστήριξη μετά τη παράδοση.

Κάθε μία από τις παραπάνω φάσεις ακολουθεί μια γραμμική αλληλουχία και κάθε φάση συνοδεύεται από παραδοτέα, τα οποία αξιολογούνται για να διασφαλιστεί η ομαλή μετάβαση στο επόμενο βήμα. Για παράδειγμα, πριν από την έναρξη της φάσης εκτέλεσης, απαιτείται η έγκριση του σχεδίου από τους ενδιαφερόμενους. Καθώς ολοκληρώνεται κάθε φάση, το έργο αναπτύσσεται και υλοποιείται σταδιακά μέχρι την ολοκλήρωση του.

2 Κεφάλαιο

Προγραμματισμός και Έλεγχος

Θεμελιώδης στοιχεία της διαχείρισης έργων είναι ο προγραμματισμός και ο έλεγχος των έργων. Ο **προγραμματισμός έργου** αναφέρεται στη διαδικασία διαμόρφωσης ενός ολοκληρωμένου σχεδίου εργασίας για την εκτέλεση του έργου. Σκοπός του είναι η δημιουργία ενός χρονοδιαγράμματος εργασιών που διασφαλίζει την έγκαιρη και τη αποδοτική ολοκλήρωση του έργου. Δεδομένου του μεγάλου αριθμού εργασιών που συνθέτουν ένα έργο, των μεταξύ τους αλληλεξαρτήσεων, τις συνθήκες και τους περιορισμούς που επηρεάζουν την υλοποίησή του, καθίσταται η ανάγκη για μια συστηματική οργάνωση της υλοποίησης των εργασιών. Η λεπτομερής αλλά και λειτουργική σύνθεση της οργάνωσης αυτής συμβάλλει στην αποτελεσματική απεικόνιση του έργου.

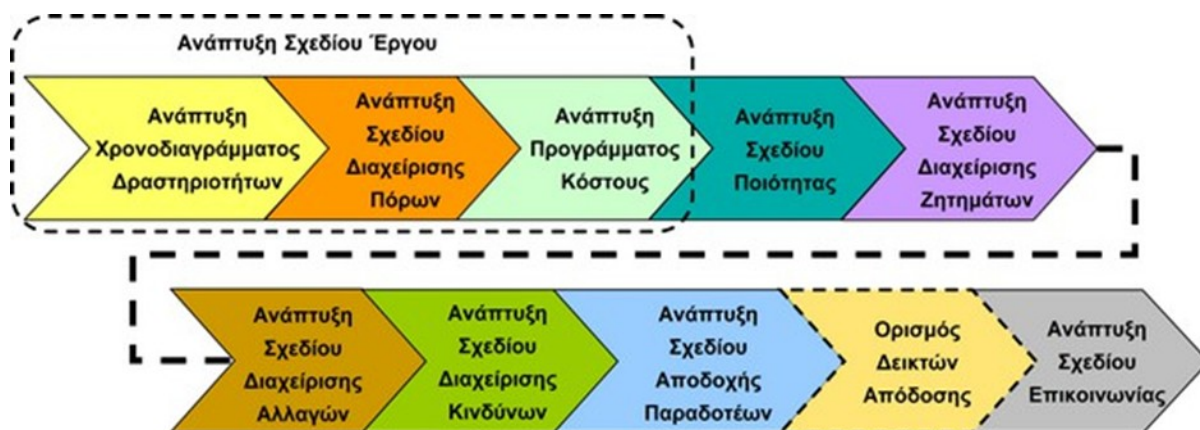
Ο προγραμματισμός έργου αποτελεί το δεύτερο στάδιο του κύκλου ζωής του έργου και ξεκινάει μόλις η τεχνική έκθεση εγκριθεί από τους ιδιοκτήτες του έργου. Σε αυτό το στάδιο, εφαρμόζονται οι εργασίες που είναι απαραίτητες για τον σχεδιασμό όλων των παραμέτρων του έργου, ώστε να προετοιμαστεί για την υλοποίησή του. Για το σκοπό αυτό, πρέπει να υλοποιηθούν τα ακόλουθα σχέδια:

- **Σχέδιο Έργου**, που περιλαμβάνει:
 - **Χρονοδιάγραμμα Δραστηριοτήτων**: Προγραμματίζει τις δραστηριότητες και τις εργασίες, καθώς και το χρονικό τους προγραμματισμό.
 - **Διαχείριση Πόρων**: Ορίζει τους ανθρώπινους πόρους, τον εξοπλισμό και τα υλικά που χρειάζονται για κάθε εργασία ή στάδιο.
 - **Προϋπολογισμός**: Υπολογίζεται το συνολικό κόστος του έργου, καθώς και η απαιτούμενη χρονική διάρκεια για την πραγματοποίησή του.
- **Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων**: Προβλέπει τους πιθανούς κινδύνους και τις ενέργειες που θα εφαρμοστούν για τη μείωση ή αντιμετώπισή τους.
- **Σχέδιο Ποιότητας**: Καθορίζει τα πρότυπα ποιότητας για τα παραδοτέα και προσδιορίζει τις διαδικασίες διασφάλισης και ελέγχου ποιότητας.
- **Σχέδιο για την Επίλυση Προβλημάτων**: Περιγράφει τη διαδικασία εντοπισμού, αξιολόγησης και επίλυσης για θέματα που σχετίζονται με το έργο.
- **Σχέδιο Διαχείρισης Αλλαγών**: Καθορίζει τη διαδικασία διαχείρισης αλλαγών στο

έργο, αν αυτές επηρεάζουν το κόστος, τη χρονική διάρκεια ή την ποιότητα του έργου.

- **Σχέδιο Αποδοχής Παραδοτέων:** Προσδιορίζει τα κριτήρια που πρέπει να ικανοποιούν τα αποτελέσματα ώστε να θεωρηθούν αποδεκτά.
- **Σχέδιο Επικοινωνίας:** Καθορίζει ποιος πρέπει να ενημερώνεται για την πρόοδο του έργου, τι είδους πληροφορίες χρειάζονται και πως θα διανεμηθούν.

Τα σχέδια αυτά βοηθούν στη σωστή οργάνωση και την παρακολούθηση της προόδου του έργου. Το έργο ξεκινά με τη σύνταξη του σχεδίου διαχείρισης έργου, το οποίο λειτουργεί σαν οδηγός για τον διευθυντή έργου και την ομάδα του σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του έργου. Κατά τη φάση του προγραμματισμού, μπορούμε να δημιουργήσουμε εργαλεία, δείκτες απόδοσης, που μας επιτρέπουν να παρακολουθούμε τη διαδικασία του έργου. Αυτοί οι δείκτες μας βοηθούν να ελέγχουμε αν όλα προχωρούν σωστά (Φάση Εκτέλεσης και Ελέγχου) και να αξιολογήσουμε στο τέλος, αν το έργο πέτυχε τους στόχους του και ολοκληρώθηκε με επιτυχία (Φάση Κλεισίματος).



Σχήμα 2 - Διεργασίες Προγραμματισμού

(Πηγή: http://www.publicprocurementguides.treasury.gov.cy/ohsgr/html/index.html?7_4_1_5_time_planning_of_activities.htm)

Ο έλεγχος του έργου αφορά την εφαρμογή του προγραμματισμού κατά τη φάση υλοποίησης του έργου και απαιτεί σημαντική προσπάθεια. Η διαδικασία ελέγχου περιλαμβάνει την ανάλυση της πρόοδο του έργου και τη συγκρίνει με το προγραμματισμένο πλάνο εργασιών. Παράλληλα, εξετάζει τον αντίκτυπο των αποκλίσεων και καθορίζει τις απαραίτητες ενέργειες σχετικά με τη μελλοντική πορεία του έργου.

Οι βασικές μέθοδοι που εφαρμόζονται για τον προγραμματισμό και τον έλεγχο των έργων είναι:

Δομή Ανάλυσης Εργασιών (WBS): Είναι μέθοδος που αναλύει το έργο σε μικρότερες, διαχειρίσιμες εργασίες, διευκολύνοντας την οργάνωση και τον έλεγχο. Βοηθάει στην αποτελεσματική διαχείριση του έργου και στη σωστή κατανομή των πόρων.

Καμπύλες προόδου: Χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση της προόδου του έργου σε σχέση με το χρόνο. Επιπλέον, επιτρέπει τη σύγκριση της πραγματικής προόδου με το προγραμματισμένο σχέδιο.

Σύγχρονα πρότυπα του Project Management: Τέτοια πρότυπα είναι το PRINCE2 και το PMBOK.

Μέθοδοι δικτυακής ανάλυσης: Τέτοιοι μέθοδοι είναι η Μέθοδος Κρίσιμης Διαδρομής (CPM) και η Τεχνική Αξιολόγησης και Αναθεώρησης Προγράμματος (PERT), οι οποίες βοηθούν στον εντοπισμό των κρίσιμων σημείων του έργου και στην πρόβλεψη των καθυστερήσεων.

Διάγραμμα Gantt: Παρέχει μια γραφική απεικόνιση των εργασιών ενός έργου σε σχέση με το χρόνο. Κάθε εργασία εμφανίζεται ως μια οριζόντια γραμμή, ενώ η διάρκεια και οι αλληλεπιδράσεις φαίνονται καθαρά.

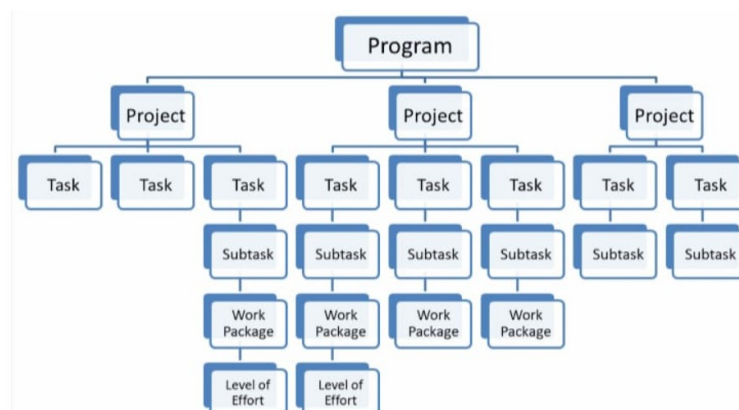
Δομή Ανάλυσης Εργασιών (WBS)

Η Δομή Ανάλυσης Εργασιών (WBS) είναι ένα από τα βασικά εργαλεία στη διαχείριση έργων, καθώς πάνω σε αυτή στηρίζεται η βασική σχεδίαση, η παρακολούθηση και ο έλεγχος του έργου. Πρόκειται για μια ιεραρχική ανάλυση του έργου, όπου το τελικό αποτέλεσμα βρίσκεται στην κορυφή και στα χαμηλότερα επίπεδα καταγράφονται οι επιμέρους δραστηριότητες (ή πακέτα εργασίας).

Οι δραστηριότητες αντιπροσωπεύουν τις επιμέρους εργασίες που απαιτούν χρόνο, πόρους ή και τα δύο και είναι απαραίτητες για την ολοκλήρωση του έργου. Συνδέονται μεταξύ τους μέσω τεχνικών, φυσικών, οικονομικών ή άλλων αλληλεξαρτήσεων και επηρεάζονται από διάφορους περιορισμούς που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον προγραμματισμό του χρόνου και του κόστους.

Η ορθή εκτίμηση του χρόνου εκτέλεσης των επιμέρους δραστηριοτήτων είναι καθοριστική για την επιτυχή υλοποίηση του έργου, καθώς συμβάλλει στη μείωση της αβεβαιότητας κατά τη αρχική φάση του σχεδιασμού. Ωστόσο, αυτή η εκτίμηση είναι συχνά μια δύσκολη διαδικασία, καθώς ο απαιτούμενος χρόνος ολοκλήρωσης μιας δραστηριότητας εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως τα διαθέσιμα μέσα, τα υλικά και οι συνθήκες

εκτέλεσης.



Εικόνα 2 - Δομή Ανάλυσης Εργασιών (WBS)

Πηγή: <https://americanwatercollege.org/140545-2-2-2/>

Ο σχεδιασμός του WBS απαιτεί μια λεπτή ισορροπία για να ικανοποιήσει τις ανάγκες των διαφόρων τμημάτων καθώς και τις ανάγκες του έργου. Κάθε πακέτο περιέχει συγκεκριμένες ενέργειες και ευθύνες που πρέπει να εκτελούνται από κάθε ομάδα εργασίας που έχει αναλάβει το συγκεκριμένο έργο. Παρότι η WBS προσφέρει σαφή κατανομή ευθυνών και διαφάνεια, η ποιότητά της εξαρτάται από παράγοντες όπως τη φύση του έργου, την εμπειρία του διαχειριστή τα διαθέσιμα εργαλεία ανάλυσης κ.α.

Το WBS παρέχει τη βασική δομή για το σχεδιασμό, τη διασύνδεση και τον έλεγχο όλων των πτυχών του έργου που αφορούν το χρόνο, το κόστος, τις προμήθειες, τη ποιότητα, τους κινδύνους και την επικοινωνία. Με την ολοκλήρωση των εργασιών, τόσο ο πελάτης όσο και τα εμπλεκόμενα μέρη θα πρέπει να συμφωνήσουν ότι περιλαμβάνονται όλα τα παραδοτέα και ότι δεν υπάρχουν επικαλύψεις μεταξύ των πακέτων εργασίας.

Καμπύλες Προόδου (S-curves)

Οι καμπύλες προόδου αποτελούν ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο εργαλείο για την εκτίμηση της χρηματοοικονομικής ροής ενός έργου, καταγράφοντας τη σχέση μεταξύ εσόδων και δαπανών. Απεικονίζουν τη μεταβολή μιας μεταβλητής του έργου σε συνάρτηση με μια άλλη, συνήθως τον χρόνο.



Ως μεταβλητές προόδου θεωρούνται η προγραμματισμένη αξία του έργου, η εκτελεσμένη αξία, η προγραμματισμένη και εκτελεσμένη ποσότητα εργασίας, το καθαρό κέρδος ή κόστος του έργου, ο αριθμός εργατοωρών, καθώς και άλλοι δείκτες που σχετίζονται με την απόδοση και την οικονομική διαχείριση του έργου. Οι μεταβλητές αυτές αναγράφονται συνήθως σε αλγεβρικές τιμές (π.χ. ευρώ, ώρες κ.λπ.) ή μπορούν να αναγράφονται ως ποσοστό του συνολικού ποσού που απαιτείται για την ολοκλήρωση του έργου. Το όνομά τους προέρχεται από το σχήμα της καμπύλης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, για τα περισσότερα έργα, η πρόοδος αρχίζει με χαμηλό ρυθμό ανάπτυξης, συνεχίζει με ταχεία (εκθετική) ανάπτυξη για ένα χρονικό διάστημα και τελειώνει με μείωση του ρυθμού ανάπτυξης (ακόμα και με σταθεροποίηση) σχηματίζοντας μια καμπύλη σχήματος S.

Πρότυπα Διαχείρισης Έργων

Στη σύγχρονη εποχή, η διαχείριση έργων έχει εξελιχθεί σε μια δομημένη και συστηματική διαδικασία, καθώς οι έλεγχοι για αποτελεσματικότητα, ακρίβεια και διαφάνεια γίνονται ολοένα και πιο αυξημένες. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, έχουν αναπτυχθεί πρότυπα και μεθοδολογίες που καθοδηγούν τους διαχειριστές έργων να ανταποκρίνονται στις προκλήσεις των σύνθετων έργων, διασφαλίζοντας την επιτυχή ολοκλήρωσή τους.

PRINCE2

Η μεθοδολογία PRINCE υιοθετήθηκε από την CCTA (Κεντρική Υπηρεσία Υπολογιστών και Τηλεπικοινωνιών - Ηνωμένο Βασίλειο) το 1979 ως πρότυπο για όλα τα έργα πληροφοριακών συστημάτων του κυβερνητικού τομέα. Η μετεξέλιξή της, η μεθοδολογία PRINCE2 (PRojects IN a Controlled Environment), είναι μια μέθοδος για την αποτελεσματική διαχείριση έργων, ο σχεδιασμός της οποίας βασίζεται στην επεξεργασία των διαδικασιών.

Η PRINCE2 χρησιμοποιείται κυρίως σε κυβερνητικά και μεγάλα έργα πληροφορικής. Είναι ελεύθερα προσβάσιμη σε όλους και παρέχει οδηγίες βέλτιστων πρακτικών για τη διαχείριση του έργου.

PMBOK

Το Ινστιτούτο Διαχείρισης Έργων (Project Management Institute) περιγράφει λεπτομερώς το σύνολο των γνώσεων που απαιτούνται για την επιτυχή διαχείριση έργων. Ένα από τα κύρια πρότυπα για τη διαχείριση έργων θεωρείται το PMBOK, το οποίο έχει τύχει παγκόσμιας αναγνώρισης από τις κορυφαίες επιχειρήσεις και τους μεγαλύτερους διεθνείς οργανισμούς.

Το PMBOK είναι ευρέως διαδεδομένο σε έργα κατασκευών, τεχνολογίας και χρηματοοικονομικών. Αποτελείται από δέκα γνωστικές περιοχές και προσδιορίζει τις διαδικασίες που πρέπει να εφαρμοστούν για την επιτυχή ολοκλήρωση ενός έργου.

Σύγκριση των προτύπων PRINCE2 και PMBOK

Η PRINCE2 και το PMBOK είναι δύο γνωστά πρότυπα που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση έργων. Παρόλο που έχουν διαφορετική προσέγγιση, και τα δύο μπορούν να βοηθήσουν τους διαχειριστές έργων να οργανώσουν και να ολοκληρώσουν τα έργα με επιτυχία. Ας δούμε πώς διαφέρουν και πού μπορούν να συμπληρώσουν το ένα το άλλο.

- Βασικές Διαφορές:
 - PRINCE2: Είναι μια μεθοδολογία που εξηγεί βήμα-βήμα τι πρέπει να γίνει σε ένα έργο, ποιος το κάνει και πότε. Εστιάζει στις διαδικασίες.
 - PMBOK: Είναι ένας οδηγός με καλές πρακτικές και γνώσεις για τη διαχείριση έργων. Εστιάζει στο τι πρέπει να γνωρίζει ο διαχειριστής έργου.
- Πεδίο Εφαρμογής:
 - PRINCE2: Χρησιμοποιείται κυρίως σε κυβερνητικά έργα ή σε έργα με αυστηρές διαδικασίες.
 - PMBOK: Είναι κατάλληλο για έργα σε διάφορους τομείς, όπως κατασκευές, πληροφορική και χρηματοοικονομικές υπηρεσίες.
- Ρόλος Διαχειριστή Έργου:
 - PRINCE2: Ο διαχειριστής έχει κυρίως συντονιστικό ρόλο, και οι αποφάσεις λαμβάνονται από την ομάδα.
 - PMBOK: Ο διαχειριστής βρίσκεται στο κέντρο των αποφάσεων και έχει την πλήρη ευθύνη του έργου.
- Πλάνο και Παραδοτέα:
 - PRINCE2: Εστιάζει στα τελικά αποτελέσματα του έργου.
 - PMBOK: Περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία του έργου, όπως δραστηριότητες, παραδοτέα και ορόσημα.

PRINCE2	PMBOK
✓ Μεθοδολογικό πλαίσιο.	✓ Σώμα βέλτιστων πρακτικών στη διαχείριση έργων.
✓ Πιο περιορισμένη εφαρμογή σε σχέση με το PMBOK	✓ Πιο ευέλικτο σε διάφορους τύπους έργων.
✓ Προσανατολισμένη στις διαδικασίες (ποιος κάνει τι)	✓ Γνωσιολογικό περιεχόμενο (ότι χρειάζεται να γνωρίζει ο διαχειριστής του έργου)
✓ Ευκολότερη εφαρμογή χωρίς προηγούμενη εμπειρία στην διαχείριση έργων, καθώς επιβάλλει διαδικασίες.	✓ Διευκολύνει την εκμάθηση δεξιοτήτων διαχείρισης έργων, καθώς είναι δομημένο σε συγκεκριμένες θεματικές ενότητες
✓ Ο διαχειριστής έργου επικεντρώνεται κυρίως στο συντονιστικό ρόλο, ενώ η διαχείριση παραμένει στα στελέχη	✓ Ο διαχειριστής έργου έχει κεντρικό ρόλο και οι αποφάσεις του έχουν απόλυτη ισχύ
✓ Το έργο διαμορφώνεται και δημιουργείτε βάση του οικονομικού πλάνου	✓ Το έργο υλοποιείται σύμφωνα με το πλάνο διαχείρισης του έργου
✓ Θεωρεί ως παραδοτέα μόνο τα αποτελέσματα του έργου.	✓ Θεωρεί ως παραδοτέα όλα τα αντικείμενα του έργου (δραστηριότητες, ορόσημα κ.λπ.)

Πίνακας 1 - Συγκριτικός πίνακας PRINCE2 και PMBOK

Παρόλο τις μεταξύ τους διαφορές, τα πρότυπα PRINCE2 και PMBOK μπορούν να λειτουργήσουν μαζί. Η PRINCE2 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την οργάνωση των διαδικασιών του έργου, ενώ το PMBOK προσφέρει τις απαραίτητες γνώσεις και ικανότητες για την αποτελεσματική διαχείρισή του. Η επιλογή τους εξαρτάται από τις ανάγκες του έργου. Η PRINCE2 είναι ιδανική για την ξεκάθαρη διαδικαστική οργάνωση της, ενώ η PMBOK δίνει έμφαση στη θεωρητική γνώση και την ανάπτυξη των δεξιοτήτων. Ο συνδυασμός τους μπορεί να βελτιώσει τη διαχείριση έργων σε πολλούς τομείς, προσφέροντας ολοκληρωμένες λύσεις.

Χρονικός Προγραμματισμός Έργων

Ο χρονικός προγραμματισμός έργων είναι μία από τις βασικές λειτουργίες της διαχείρισης έργων. Περιλαμβάνει όλες τις διαδικασίες που απαιτούνται για να εξασφαλιστεί ότι το έργο θα ολοκληρωθεί εντός του απαιτούμενου χρονοδιαγράμματος και προϋπολογισμού. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ο κύριος στόχος σε κάθε έργο είναι η ομαλή εξέλιξη και η επιτυχής ολοκλήρωση του έργου σύμφωνα με τις καθορισμένες προδιαγραφές (ποιότητα), με το χαμηλότερο δυνατό κόστος και στο συντομότερο δυνατό χρόνο. Οι τυπικές πληροφορίες που θα ήθελε να έχει η διοίκηση ενός οργανισμού σε σχέση με την εκτέλεση ενός έργου περιλαμβάνουν τα εξής:

- Ποιος είναι ο πιο σύντομος χρόνος ολοκλήρωσης του έργου;
- Ποιο είναι το χρονικό πλαίσιο υλοποίησης για την ολοκλήρωση κάθε δραστηριότητας;
- Ποιοι πόροι θα χρειαστούν και σε τι ποσότητες στη διάρκεια του έργου;
- Πως είναι δυνατόν να εντοπιστούν αποκλίσεις που θα οδηγήσουν σε καθυστέρηση ενός έργου;
- Ποιες εναλλακτικές λύσεις είναι διαθέσιμες για την επιτάχυνση του έργου και πόσο θα κοστίσουν;

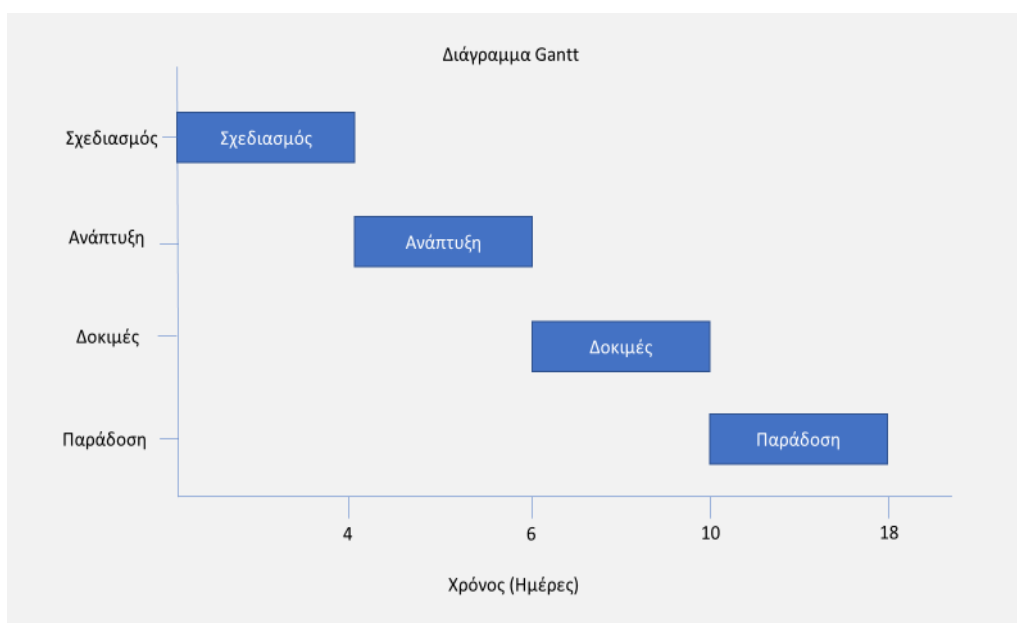
Για να απαντηθούν τα παραπάνω ερωτήματα, που αφορούν την βελτιστοποίηση της ολοκλήρωσης ενός έργου, έχουν αναπτυχθεί εξειδικευμένες τεχνικές και μέθοδοι. Στις επόμενες ενότητες, θα εξετάσουμε συγκεκριμένες μεθόδους που βοηθούν στον σχεδιασμό και την παρακολούθηση του χρόνου ολοκλήρωσης του έργου.

Διάγραμμα Gantt

Το διάγραμμα Gantt δημιουργήθηκε από τον Henry Gantt στις αρχές του 20ου αιώνα ως εργαλείο διαχείρισης παραγωγής σε ναυπηγικά έργα. Αποτελεί μια γραφική αναπαράσταση του έργου και χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό, τον συντονισμό και την οργάνωση των εργασιών του έργου. Η κύρια λειτουργία του διαγράμματος Gantt είναι η παρακολούθηση της προόδου του έργου και χρησιμοποιείται εκτενώς στη διαχείριση έργων λόγω της απλότητας και της ακρίβειας του στη μεταφορά πληροφοριών σχεδιασμού και χρονοπρογραμματισμού.

Στην πραγματικότητα αποτελεί ένα γραμμικό ημερολόγιο όπου στον οριζόντιο άξονα σημειώνουμε τους χρόνους έναρξης και λήξης των δραστηριοτήτων και στον κατακόρυφο τις δραστηριότητες. Κάθε δραστηριότητα απεικονίζεται με μια οριζόντια ράβδο, το μήκος της οποίας αντιστοιχεί στη διάρκειά της. Το τελικό σημείο της ράβδου δείχνει τον ελάχιστο χρόνο ολοκλήρωσης της δραστηριότητας, ενώ οι κρίσιμες δραστηριότητες επισημαίνονται με έντονη γραμμή, υποδεικνύοντας τον άμεσο αντίκτυπο τους στη συνολική διάρκεια του έργου.

Το διάγραμμα διευκολύνει τη σύγκριση και την εξαγωγή συμπερασμάτων για την πρόοδο των επιμέρους δραστηριοτήτων και του έργου συνολικά. Σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή ο υπεύθυνος έργου που θέλει να ελέγξει την πορεία ενός έργου, μπορεί να σχεδιάσει μια κάθετη γραμμή πάνω στο διάγραμμα και να συγκρίνει την πρόοδο του έργου σε σχέση με τον αρχικό προγραμματισμό.



Εικόνα 3 - Διάγραμμα Gantt

Ένα από τα μεγαλύτερα οφέλη είναι η απλότητα στην κατασκευή του, η εύκολη παρουσίαση καθώς και η κατανόηση της προόδου του έργου. Χρησιμοποιούνται ευρέως και είναι αποδεκτά διεθνώς ως μέθοδος προγραμματισμού και ελέγχου. Παρά τα προφανή οφέλη, υπάρχουν και ορισμένοι περιορισμοί που σχετίζονται με τη χρήση του. Το διάγραμμα Gantt δεν παρουσιάζει με ακρίβεια τις αλληλεπτη σωστή ιδράσεις μεταξύ των δραστηριοτήτων. Επίσης εάν υπάρχει καθυστέρηση στην ολοκλήρωση μιας δραστηριότητας, δεν υπάρχει η δυνατότητα να αποτυπωθεί στο διάγραμμα ο αντίκτυπος αυτής της καθυστέρησης στη

συνολική πρόοδο του έργου.

Ανάλυση δικτύων

Η βασική τεχνική που χρησιμοποιείται για τον χρονοπρογραμματισμό έργων είναι η ανάλυση δικτύων. Χρησιμοποιείται σε όλες τις φάσεις της διαχείρισης ενός έργου το οποίο περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό εργασιών και μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε σύνθετο έργο. Βοηθά στη σωστή κατανομή των δημοσιονομικών πόρων, στον κατάλληλο έλεγχο του έργου και γενικά βοηθά στην επίτευξη του καλύτερου δυνατού προγραμματισμού. Τα περισσότερα έργα που σχεδιάζονται και ελέγχονται με την ανάλυση δικτύου περιλαμβάνουν μεγάλο αριθμό δραστηριοτήτων και για το λόγο αυτό, τα περισσότερα έργα υποστηρίζονται από ηλεκτρονικούς υπολογιστές.

Τα κύρια πλεονεκτήματα της ανάλυσης δικτύων έργων έχουν ως εξής:

- *Προγραμματισμός εργασιών και έλεγχος προόδου:* Η ανάλυση δικτύου βοηθά στον προγραμματισμό έργων, εργασιών, συμβάσεων και ταμειακών ροών, εξασφαλίζοντας τη σωστή διεξαγωγή του έργου.
- *Προετοιμασία:* Η ανάλυση δικτύου απαιτεί από τη διοίκηση προσεκτικό σχεδιασμό για την προετοιμασία ενός λεπτομερούς σχεδίου, εξασφαλίζοντας την αποτελεσματική χρήση των διαθέσιμων πόρων.
- *Οπτική παρουσίαση:* Ένα διάγραμμα έργου παρέχει ένα οπτικό βοήθημα για τον προγραμματισμό και τον έλεγχο των έργων, διευκολύνοντας την κατανόηση και την πρόβλεψη των αποφάσεων.
- *Κρίσιμη διαδρομή (Critical Path):* Η κρίσιμη διαδρομή αποτελεί μια ακολουθία εργασιών που επηρεάζει άμεσα τη συνολική διάρκεια του έργου. Η ανάλυση δικτύου συμβάλλει στη μείωση του χρόνου του έργου, εστιάζοντας στις πιο αναγκαίες δραστηριότητες.
- *Κατανομή πόρων:* Η ανάλυση δικτύου διευκολύνει την κατανομή των πόρων με την αντιστοίχιση των διαθέσιμων πόρων με τις κρίσιμες δραστηριότητες, μεγιστοποιώντας τη χρησιμότητα.
- *Ανάκαμψη:* Τα έργα μπορεί να αντιμετωπίσουν διάφορα προβλήματα, όπως απεργίες, καθυστερημένη άφιξη συνεργείων, χαμένες παραδόσεις υλικών και κακές καιρικές συνθήκες. Ένα σχέδιο που υποστηρίζεται από το δίκτυο βοηθά στον προγραμματισμό και τον επαναπρογραμματισμό των δραστηριοτήτων.

Με λίγα λόγια, η ανάλυση δικτύων παρέχει στους διαχειριστές έργων τα κατάλληλα

εργαλεία για να οργανώσουν και να παρακολουθούν αποτελεσματικά, την καλύτερη χρήση των πόρων και την επιτυχή ολοκλήρωση του έργου.

Δικτυακή απεικόνιση ενός έργου

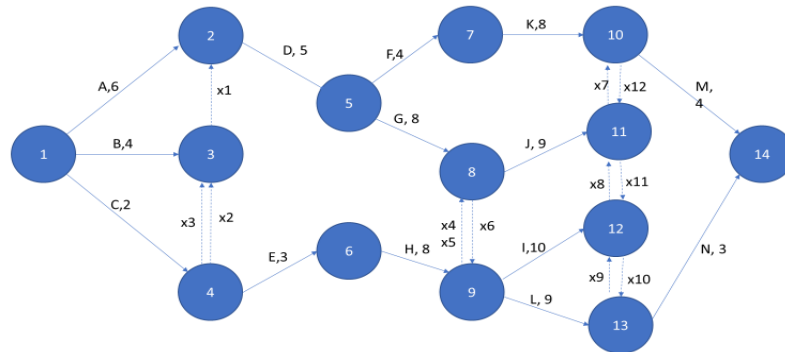
Η διαδικτυακή απεικόνιση του έργου είναι μια μέθοδος για την οργάνωση και παρουσίαση των δραστηριοτήτων του έργου σε μορφή διαγράμματος. Το δίκτυο απεικονίζει όλες τις δραστηριότητες και τις σχέσεις τους, ώστε να είναι ξεκάθαρη η σειρά εκτέλεσης τους. Για να δημιουργηθεί το δίκτυο, το έργο θα πρέπει να χωριστεί σε μικρότερες δραστηριότητες, που ορίζονται από ένα συγκεκριμένο σημείο εκκίνησης και ένα αντίστοιχο σημείο ολοκλήρωσης. Οι δραστηριότητες αυτές συχνά εξαρτώνται μεταξύ τους, τόσο από την άποψη της σειράς εκτέλεσης τους, δηλαδή η μία δραστηριότητα δεν μπορεί να ξεκινήσει πριν ολοκληρωθεί η άλλη, όσο και από την άποψη της χρήσης πόρων που απαιτούνται για την ολοκλήρωσή τους.

Τα διαγράμματα δικτύου βοηθούν στη σωστή διαχείριση του έργου, δείχνοντας πώς συνδέονται οι δραστηριότητες. Ένα δίκτυο αποτελείται από κόμβους που συνδέονται μέσω τόξων και τα οποία αναπαριστούν φυσικές ή λογικές συνδέσεις. Για τον σχεδιασμό του δικτύου χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικές προσεγγίσεις:

Τοξωτά δίκτυα (Activity On Arrow - AOA)

Στη μέθοδο AOA οι δραστηριότητες απεικονίζονται με βέλη τα σημεία των οποίων υποδεικνύουν την κατεύθυνση της προόδου του έργου. Τα γεγονότα παριστάνονται από κόμβους που αντιστοιχούν σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή και υποδηλώνουν την έναρξη ή την ολοκλήρωση μιας ή περισσότερων δραστηριοτήτων. Συνεπώς, κάθε δραστηριότητα αντιπροσωπεύεται από ένα αρχικό και ένα τελικό γεγονός και ένα βέλος που υποδεικνύει την πρόοδό της. Σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτείται η δημιουργία πλασματικών δραστηριοτήτων (δεν απαιτούν ούτε χρόνο, ούτε πόρους) για να αναπαρασταθούν όλες οι λογικές αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των δραστηριοτήτων ή όταν υπάρχει ανάγκη διαχωρισμού δύο δραστηριοτήτων που έχουν κοινό γεγονός έναρξης και λήξης.

A.O.A.

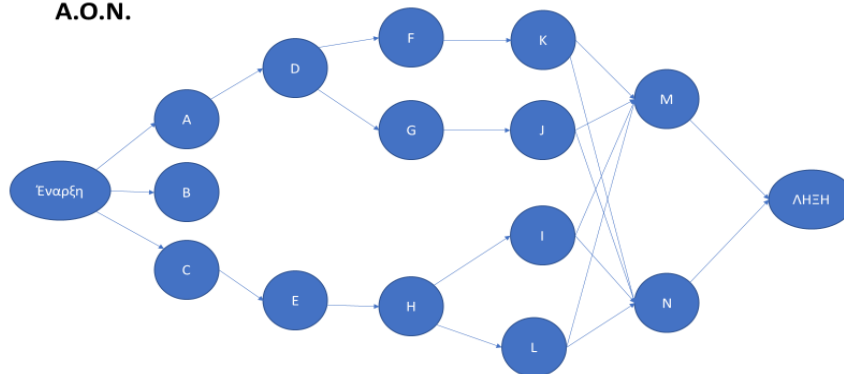


Σχήμα 3 - Τοξωτά Δίκτυα

Κομβικά Δίκτυα (Activity On Node- AON)

Στη μέθοδο AON, οι κόμβοι αντιπροσωπεύουν τις δραστηριότητες, στις οποίες δίνεται η έμφαση, ενώ τα βέλη εκφράζουν αποκλειστικά τις σχέσεις ανάμεσα στους κόμβους, χωρίς να σχετίζονται με την διάρκεια της κάθε δραστηριότητας. Το κύριο πλεονέκτημα, σε σύγκριση με το μοντέλο AOA είναι η ευκολία σχεδιασμού, καθώς δεν απαιτούνται πλασματικές δραστηριότητες.

A.O.N.



Σχήμα 4 - Κομβικά Δίκτυα

Δημιουργώντας το δίκτυο του κάθε έργου θα πρέπει να έχουμε υπόψη τα εξής:

- Σημεία εκκίνησης και λήξης: γενικά ένα δίκτυο πρέπει να έχει μόνο ένα σημείο εκκίνησης και μόνο ένα σημείο λήξης
- Έναρξη δραστηριότητας: καμία δραστηριότητα δεν μπορεί να ξεκινήσει αν δεν έχουν ολοκληρωθεί οι δραστηριότητες που καταλήγουν στον κόμβο εκκίνησης της δραστηριότητας.
- Κλειστό κύκλωμα: ένα κύκλωμα δεν πρέπει να έχει κλειστά κυκλώματα διότι

δεν θα μπορέσει το έργο ποτέ να ολοκληρωθεί για τον λόγο ότι θα έχουμε διαρκείς επανάληψεις των γεγονότων.

➤ Δραστηριότητες εντός και εκτός γεγονότων: από κάθε γεγονός πρέπει να ξεκινά τουλάχιστον μία δραστηριότητα, όπως επίσης πρέπει να υπάρχει άλλη μία δραστηριότητα που να οδηγεί σ' αυτά. Μοναδική εξαίρεση είναι το αρχικό και το τελικό γεγονός.

➤ Εικονικές-Ψευδείς-δραστηριότητες: σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτείται η δημιουργία πλασματικών δραστηριοτήτων (δεν απαιτούν ούτε χρόνο, ούτε πόρους) για να αναπαρασταθούν όλες οι λογικές αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των δραστηριοτήτων ή όταν υπάρχει ανάγκη διαχωρισμού δύο δραστηριοτήτων που έχουν κοινό γεγονός έναρξης και λήξης.

Η δικτυακή απεικόνιση είναι ένα βασικό εργαλείο που βοηθάει τους διαχειριστές έργων να οργανώσουν και να παρακολουθήσουν την πρόοδο των δραστηριοτήτων. Ανεξάρτητα από το δίκτυο που θα επιλεγεί, η μέθοδος αυτή εξασφαλίζει τη σωστή διαχείριση των δραστηριοτήτων και την έγκαιρη ολοκλήρωση του έργου.

Μέθοδοι δικτυακής ανάλυσης

Οι δύο κύριες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση δικτύων είναι η Μέθοδος της Κρίσιμης Διαδρομής (CPM) και η Τεχνική Αξιολόγησης και Αναθεώρησης Προγράμματος (PERT). Οι δύο μέθοδοι έχουν διαφορετικές ιστορικές καταβολές και αναπτύχθηκαν σε πολύ διαφορετικά περιβάλλοντα. Με την πάροδο των χρόνων και τη χρήση εξειδικευμένου λογισμικού για τον προγραμματισμό δεδομένων και έργων, οι δύο μέθοδοι θεωρούνται για πρακτικούς λόγους ως μία ενιαία μέθοδος η οποία αναφέρεται ως μέθοδος PERT/CPM.

Η μέθοδος PERT επικεντρώνεται στην πιθανότητα ότι ο χρόνος εκτέλεσης κάθε δραστηριότητας μπορεί να παρουσιάζει τυχαίες διακυμάνσεις και χρησιμοποιεί βασικές στατιστικές αρχές για τον προσδιορισμό της πιθανότητας ολοκλήρωσης ενός έργου σε μια συγκεκριμένη ημερομηνία. Αντίθετα, η μέθοδος CPM επικεντρώνεται στον έλεγχο του χρόνου εκτέλεσης και του κόστους των δραστηριοτήτων του έργου. Ωστόσο και οι δύο απαιτούν τον καθορισμό ενός λεπτομερούς χρονοδιαγράμματος που καθορίζει τους ακριβείς χρόνους έναρξης και ολοκλήρωσης κάθε δραστηριότητας στο υπό παρακολούθηση έργο και επίσης προσδιορίζει τις δραστηριότητες που είναι κρίσιμες για την έγκαιρη ολοκλήρωση του.

Για παράδειγμα, η μέθοδος Pert είναι κατάλληλη για έργα όπου ο χρόνος ολοκλήρωσης

είναι δύσκολο να προβλεφθεί, όπως έργα έρευνας και ανάπτυξης. Από την άλλη, η μέθοδος CPM χρησιμοποιείται σε κατασκευαστικά έργα, όπου ο έλεγχος του κόστους και του χρόνου είναι απαραίτητο.

Η συνδυασμένη μέθοδος PERT/CPM προσφέρει στους διαχειριστές έργων ένα πολύ ισχυρό εργαλείο για τη δημιουργία χρονοδιαγράμματος και την παρακολούθηση της προόδου για την επιτυχή ολοκλήρωση του έργου.

Μέθοδος CPM (Critical Path Method)

Η Μέθοδος Κρίσιμης Διαδρομής (CPM) είναι ένα εργαλείο προγραμματισμού και διαχείρισης έργων που δημιουργήθηκε αρχικά για να αντιμετωπίσει την πολύπλοκη σχέση χρόνου-κόστους. Εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στον προγραμματισμό εργασιών κατασκευής και συντήρησης για βιομηχανικές εγκαταστάσεις παραγωγής χημικών προϊόντων το 1958. Η μέθοδος αυτή υποθέτει ότι ο χρόνος ολοκλήρωσης των δραστηριοτήτων του έργου είναι προκαθορισμένος και σταθερός και τις αναπαριστά σε ένα διάγραμμα δικτύου.

Ο βασικός στόχος της CPM είναι ο εντοπισμός της κρίσιμης διαδρομής, δηλαδή της ακολουθίας δραστηριοτήτων με την μεγαλύτερη διάρκεια, η οποία καθορίζει το χρόνο ολοκλήρωσης του έργου. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή της, περιλαμβάνουν την ανάλυση των χρόνων έναρξης και λήξης κάθε δραστηριότητας, την ιεράρχηση προτεραιοτήτων για την αποφυγή καθυστερήσεων και τον εντοπισμό των κρίσιμων δραστηριοτήτων. Η CPM είναι ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την έγκαιρη ολοκλήρωση του έργου και χρησιμοποιείται σε διάφορες βιομηχανίες, όπως η δομική μηχανική, η κατασκευή αεροσκαφών η ναυπηγική, κ.α.

Τα βασικά στοιχεία που χρειάζονται για τη δημιουργία ενός μοντέλου έργου με τη μεθοδολογία CPM είναι τα εξής:

- Κατάλογος όλων των δραστηριοτήτων (WBS)
- Τη διάρκεια κάθε δραστηριότητας.
- Τις εξαρτήσεις μεταξύ των δραστηριοτήτων.

Η έννοια της κρίσιμης διαδρομής ή κρίσιμου μονοπατιού στην ανάλυση PERT/CPM είναι θεμελιώδης και ο προσδιορισμός της αποτελεί το βασικό στοιχείο για την παρακολούθηση της εκτέλεσης του χρονοδιαγράμματος ενός έργου. Η διαδρομή με τον μεγαλύτερο χρόνο εκτέλεσης ονομάζεται κρίσιμη διαδρομή (critical path) του έργου, καθώς καθορίζει τον χρόνο ολοκλήρωσης του έργου. Κρίσιμες δραστηριότητες (critical activities)

ονομάζονται οι δραστηριότητες που ανήκουν στην κρίσιμη διαδρομή. Για τις κρίσιμες δραστηριότητες δεν υπάρχουν περιθώρια διακύμανσης στο χρόνο έναρξης και λήξης, και οποιαδήποτε καθυστέρηση στην ολοκλήρωση μιας κρίσιμης δραστηριότητας θα επηρεάσει τη συνολική διάρκεια του έργου.

Προσδιορισμός κρίσιμης διαδρομής

Στη μέθοδο CPM, κάθε δραστηριότητα παριστάνεται με ένα πλαίσιο που περιέχει εφτά πληροφορίες και το παρακάτω υπόμνημα του κουτιού δραστηριοτήτων, δείχνει που πρέπει να

Early Start	Duration	Early Finish
Task Name		
Late Start	Slack	Late Finish

τοποθετηθούν οι τιμές.

Η μεθοδολογία προσδιορισμού της κρίσιμης διαδρομής ενός έργου βασίζεται στον υπολογισμό του νωρίτερου και του αργότερου χρόνου έναρξης και λήξης κάθε δραστηριότητας του έργου, όπως αυτοί ορίζονται παρακάτω:

Ο Νωρίτερος Χρόνος Έναρξης (ES - Earliest Starting Time) είναι η νωρίτερη χρονική στιγμή στην οποία μπορεί να ξεκινήσει η εκτέλεση της μιας δραστηριότητας, λαμβάνοντας υπόψη τις χρονικές απαιτήσεις των εργασιών που προηγούνται.

Ο Νωρίτερος Χρόνος Λήξης (EF - Earliest Finishing Time) είναι η νωρίτερη χρονική στιγμή στην οποία μπορεί να τελειώσει η εκτέλεση μιας δραστηριότητας, λαμβάνοντας υπόψη τον νωρίτερο χρόνο έναρξης της δραστηριότητας και τη διάρκεια της.

Ο Αργότερος Χρόνος Έναρξης (LS - Latest Starting Time) μιας δραστηριότητας είναι η αργότερη χρονική στιγμή στην οποία μπορεί να ξεκινήσει η εκτέλεση της δραστηριότητας, χωρίς να προκληθούν καθυστερήσεις σ' όλο το έργο.

Ο Αργότερος Χρόνος Λήξης LF (Latest Finish Time) μιας δραστηριότητας είναι η αργότερη χρονική στιγμή στην οποία μπορεί να ολοκληρωθεί η συγκεκριμένη δραστηριότητα χωρίς να δημιουργηθούν καθυστερήσεις σ' όλο το έργο.

Το περιθώριο χρόνου (SlackTime) δηλώνει το μεγαλύτερο δυνατό χρονικό διάστημα μιας δραστηριότητα που μπορεί να υπερβεί την προγραμματισμένη διάρκειά της χωρίς να επηρεαστεί η διάρκεια του έργου. Όταν το συνολικό περιθώριο χρόνου μηδενίζεται, η δραστηριότητα καλείται Κρίσιμη (Critical).

Υπολογισμός νωρίτερου χρόνου έναρξης και λήξης

- Ο νωρίτερος χρόνος έναρξης (ES) για τις δραστηριότητες οι οποίες δεν έχουν προαπαιτούμενες είναι μηδέν.
- Ο νωρίτερος χρόνος λήξης (EF) κάθε δραστηριότητας προκύπτει αν στο ES προσθέσουμε την προβλεπόμενη διάρκεια της δραστηριότητας.
- Για δραστηριότητες που έχουν μία ή περισσότερες προαπαιτούμενες δραστηριότητες ο νωρίτερος χρόνος έναρξης καθορίζεται από τον μεγαλύτερο από τους EF των προαπαιτούμενων δραστηριοτήτων. Αυτό συμβαίνει διότι η δραστηριότητα δεν μπορεί να ξεκινήσει πριν ολοκληρωθούν όλες οι προηγούμενες δραστηριότητες.

Υπολογισμός αργότερου χρόνου έναρξης και λήξης

- Ο αργότερος χρόνος λήξης (LF) για τις τερματικές δραστηριότητες του έργου (που δεν ακολουθούνται από άλλες δραστηριότητες) είναι ο χρόνος διάρκειας του έργου.
- Ο αργότερος χρόνος έναρξης (LS) κάθε δραστηριότητας υπολογίζεται με αφαίρεση από τον LF της διάρκειας της δραστηριότητας.
- Για δραστηριότητες που προηγούνται άλλων, ο LF είναι ο μικρότερος από τους LS των επόμενων δραστηριοτήτων. Αυτό συμβαίνει γιατί καμία από τις επόμενες δραστηριότητες δεν μπορεί να ξεκινήσει πριν ολοκληρωθεί η προηγούμενη.

Υπάρχουν 2 τεχνικές επίλυσης για τον υπολογισμό της κρίσιμης διαδρομής. Αρχικά διατρέχουμε το δίκτυο από την αρχή του έργου προς τη λήξη του έργου (forward pass) υπολογίζοντας τους χρόνους της νωρίτερης έναρξης και της νωρίτερης λήξης. Στη συνέχεια, διατρέχουμε το δίκτυο αντίστροφα, από τις τελικές δραστηριότητες προς τις αρχικές (backward pass) και υπολογίζουμε τους χρόνους της αργότερης έναρξης και της αργότερης λήξης.

Μέθοδος PERT (Project Evaluation and Review Technique)

Αφετηρία της μεθόδου υπήρξε η κατασκευή του πυραυλικού συστήματος Polaris (1958) από το Πολεμικό Ναυτικό των ΗΠΑ. Λόγω της πολυπλοκότητας του εγχειρήματος, κρίθηκε απαραίτητο ο σχεδιασμός ενός ολοκληρωμένου συστήματος για τη διαχείριση και ολοκλήρωση του προγράμματος. Η μέθοδος PERT έχει καθιερωθεί από τη δεκαετία του 1960 ως μέθοδος χρονοπρογραμματισμού και διαχείρισης από πολλούς οργανισμούς σε έργα που χαρακτηρίζονται από μεγάλο βαθμό αβεβαιότητας.

Μέσω της ανάλυσης CPM έχουμε ήδη εκτιμήσει τη συνολική διάρκεια του έργου και

μπορεί να θεωρηθεί ως η αναμενόμενη διάρκεια του έργου. Ωστόσο, αυτό που μας ενδιαφέρει πολλές φορές είναι η ποσοτική εκτίμηση των πιθανών αποκλίσεων από την αναμενόμενη διάρκεια. Τα παρακάτω ερωτήματα είναι πολύ σημαντικά για την ομάδα διοίκησης του έργου:

➤ Ποια η πιθανότητα ολοκλήρωσης του έργου εντός του συγκεκριμένου χρονοδιαγράμματος;

➤ Ποια εκτίμηση χρόνου ολοκλήρωσης δημιουργεί ένα επιθυμητό επίπεδο εμπιστοσύνης (π.χ 90% ή 95%) ότι το έργο θα εκτελεστεί στις συγκεκριμένες προθεσμίες;

Οι απαντήσεις στα παραπάνω ερωτήματα είναι ζωτικής σημασίας σε περιπτώσεις όπου η μη ολοκλήρωση ενός έργου εντός συγκεκριμένης προθεσμίας μπορεί να οδηγήσει σε κυρώσεις ή απώλεια εσόδων λόγω καθυστερήσεων. Συνεπώς, η εκτίμηση του κινδύνου της μη ολοκλήρωσης ενός έργου εντός συγκεκριμένης προθεσμίας είναι σημαντική για τη συνολική διαχείριση του έργου. Η ανάλυση PERT χρησιμοποιεί μια συγκεκριμένη μέθοδο για τη στατιστική εκτίμηση της διάρκειας κάθε δραστηριότητας του έργου.

Ανάλυση της μεθόδου

Η στατιστική εκτίμηση της διακύμανσης της διάρκειας του έργου με τη μέθοδο PERT περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

1. Η διάρκεια κάθε δραστηριότητας του έργου θεωρείται τυχαία στατιστική μεταβλητή. Συνεπώς, η τιμή της μπορεί να προβλεφθεί με ακρίβεια μόνο από μια στατιστική κατανομή που αποδίδει μια πιθανότητα σε μια συγκεκριμένη τιμή για τη συγκεκριμένη περίοδο. Με βάση εμπειρικά δεδομένα, η διάρκεια κάθε δραστηριότητας θεωρείται ότι ακολουθεί μια στατιστική κατανομή βήτα (beta distribution) αν και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν άλλες στατιστικές ή εμπειρικές κατανομές. Με βάση τα χαρακτηριστικά της κατανομής βήτα, γίνονται τρεις εκτιμήσεις για τη διάρκεια κάθε δραστηριότητας του έργου.

a. Ο *αισιόδοξος χρόνος* a , είναι ο ελάχιστος χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση μιας δραστηριότητας, ο οποίος αντιστοιχεί στις πιο ευνοϊκές συνθήκες που θα μπορούσαν να προκύψουν.

b. Ο *πιθανότερος χρόνος* m είναι ο χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση της δραστηριότητας υπό κανονικές συνθήκες και συνήθως βασίζεται στην εμπειρία από παρόμοιες δραστηριότητες.

c. Ο *απαισιόδοξος χρόνος* b είναι ο χρόνος ολοκλήρωσης της δραστηριότητας κάτω από τις πλέον δυσμενείς συνθήκες υλοποίησης της.

2. Ο υπολογισμός της αναμενόμενης διάρκειας μιας δραστηριότητας και της διακύμανσής της στην κατανομή βήτα δίνονται από τους εξής μαθηματικούς τύπους:

➤ Αναμενόμενη διάρκεια δραστηριότητας: $d = \frac{a+4m+b}{6}$

➤ Διακύμανση διάρκεια δραστηριότητας: $\sigma^2 = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2$

3. Επιλύουμε το AOA ή το AON δίκτυο, θεωρώντας ότι κάθε δραστηριότητα έχει χρονική διάρκεια ίση με την αναμενόμενη διάρκεια d.

4. Ακολουθεί ο προσδιορισμός της κρίσιμης διαδρομής του έργου.

5. Η αναμενόμενη διάρκεια του έργου είναι το άθροισμα των μέσων χρόνων διάρκειας όλων των κρίσιμων δραστηριοτήτων. Ομοίως, η συνολική διακύμανση του χρόνου διάρκειας του έργου υπολογίζεται ως το άθροισμα των διακυμάνσεων όλων των κρίσιμων δραστηριοτήτων.

Δεδομένου ότι η διάρκεια ενός έργου είναι το άθροισμα των δραστηριοτήτων της κρίσιμης διαδρομής που είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους, μπορούμε να υποθέσουμε ότι η κατανομή της συνολικής διάρκειας του έργου προσεγγίζει την κανονική κατανομή (σύμφωνα με το κεντρικό οριακό θεώρημα). Συνεπώς, ο πίνακας κανονικής κατανομής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της πιθανότητας ολοκλήρωσης ενός έργου σε δεδομένο χρόνο.

Για να υπολογίσουμε την πιθανότητα ολοκλήρωσης του έργου σε δεδομένο χρόνο (T), υπολογίζουμε τη διαφορά $Z = (T - \mu) / \sigma$. Η τιμή Z δείχνει κατά πόσες τυπικές αποκλίσεις ο δεδομένος χρόνος ολοκλήρωσης βρίσκεται αριστερά (-) ή δεξιά (+) από τη μέση διάρκεια του έργου. Στη συνέχεια βρίσκουμε την αντίστοιχη πιθανότητα $P(X < Z)$ από τους πίνακες της τυποποιημένης κανονικής κατανομής.

Για να υπολογίσουμε τον απαιτούμενο χρόνο ώστε να υπάρχει βεβαιότητα p% ότι το έργο θα ολοκληρωθεί σε αυτό τον χρόνο, ακολουθούμε αντίστροφη διαδικασία. Βρίσκουμε την τιμή Z που αντιστοιχεί στην πιθανότητα p. Η τιμή Z δείχνει πόσες τυπικές αποκλίσεις πρέπει να μετακινηθούμε αριστερά (-) ή δεξιά (+) από τη μέση διάρκεια του έργου. Ο απαιτούμενος χρόνος υπολογίζεται από τον τύπο: $T = \mu + Z * \sigma$

Κατανομή Βήτα

Η κατανομή βήτα (beta distribution) μοιάζει με την κανονική κατανομή αλλά είναι θετική μόνο στο διάστημα [0,1]. Ορίζεται από δύο θετικές παραμέτρους α, β οι οποίες

καθορίζουν την συμμετρία της. Τα άκρα της κατανομής βήτα δεν προσεγγίζουν ασυμπτωτικά τον x- άξονα (όπως στην κανονική κατανομή), αλλά τέμνουν τον x- άξονα στα σημεία 0 και 1. Η μέση τιμή και η διακύμανση της κατανομής βήτα δίνονται από τη σχέση:

$$E(X) = \frac{m}{m+n} \text{ και } \text{Var}(X) = \frac{mn}{(m+n+1)*(m+n)^2}$$

Οι τιμές των παραμέτρων α , β της Βήτα κατανομής μπορούν να αλλάξουν σημαντικά το σχήμα της κατανομής, και μας επιτρέπουν να προσαρμόσουμε την κατάλληλη Βήτα κατανομή κάθε φορά στα δεδομένα μας.

Στη γενικευμένη κατανομή βήτα που χρησιμοποιείται για τη μέθοδο PERT, πραγματοποιείται ένας γραμμικός μετασχηματισμός, έτσι ώστε το διάστημα ορισμού της κατανομής να είναι το διάστημα $[a, b]$ και όχι το κλειστό διάστημα $[0,1]$. Η γενικευμένη κατανομή βήτα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μοντελοποίηση των δραστηριοτήτων που μπορούν να λάβουν χώρα εντός του διαστήματος που ορίζεται από την ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή.



Γενικά, ο αισιόδοξος χρόνος a και ο πιθανότερος χρόνος m είναι συχνά πολύ κοντά ο ένας στον άλλο και πολύ μακριά από τον απαισιόδοξο χρόνο b σε ένα έργο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα έργα καθυστερούν συχνότερα παρά ολοκληρώνονται νωρίτερα από το χρονοδιάγραμμα.

Διαχείριση Αβεβαιότητας και Κινδύνων

Αβεβαιότητα και Πηγές Αβεβαιότητας

Η αβεβαιότητα είναι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη διαχείριση έργων, ιδίως σε πολύπλοκα έργα όπως είναι η ανάπτυξη πληροφοριακών συστημάτων. Η αβεβαιότητα αναφέρεται στην έλλειψη πληροφοριών ή στην αδυναμία ακριβούς πρόβλεψης των παραμέτρων ή των αποτελεσμάτων του έργου. Οι πηγές αβεβαιότητας περιλαμβάνουν τεχνικούς, οργανωτικούς και εξωτερικούς παράγοντες (π.χ. αλλαγές στις απαιτήσεις, ασυμβατότητες στην τεχνολογία, συγκρούσεις εντός των ομάδων, εξωτερικές συνθήκες όπως οικονομικές ή νομικές αλλαγές). Η παρουσία αβεβαιότητας μπορεί να προκαλέσει καθυστερήσεις, αυξημένο κόστος και μειωμένη ποιότητα του τελικού αποτελέσματος. Η κατανόηση και η αποδοχή της αβεβαιότητας ως αναπόσπαστο μέρος ενός έργου είναι απαραίτητη για τη λήψη στρατηγικών αποφάσεων που μετριάζουν τις δυσμενείς επιπτώσεις της.

Διαχείριση Κινδύνων

Η διαχείριση κινδύνων αναφέρεται σε δραστηριότητες που αποσκοπούν στην ελαχιστοποίηση των κινδύνων του έργου και, ως εκ τούτου, στην εξασφάλιση της έγκαιρης και εντός του προϋπολογισμού ολοκλήρωσης του έργου και της επίτευξης των στόχων των κινδύνων. Ο κίνδυνος έργου ορίζεται από το Project Management Institute (PMI) ως «ένα αβέβαιο γεγονός ή συνθήκη που, εάν συμβεί, έχει θετική ή αρνητική επίδραση στους στόχους ενός έργου».

Η διαχείριση κινδύνων βρίσκεται στον πυρήνα της επιχειρηματικής στρατηγικής κάθε οργανισμού. Είναι η διαδικασία με την οποία ένας οργανισμός προσεγγίζει συστηματικά τους κινδύνους που συνδέονται με τις δραστηριότητές του, προκειμένου να επιτύχει οφέλη από κάθε δραστηριότητα. Το επίκεντρο της καλής διαχείρισης κινδύνων είναι ο εντοπισμός και η αντιμετώπιση αυτών των κινδύνων, καθώς αυτό αυξάνει την πιθανότητα επιτυχίας των συνολικών στόχων του οργανισμού. Πολλά ζητήματα μπορούν να αντιμετωπιστούν εκ των προτέρων και να δώσουν την ευκαιρία στον διαχειριστή έργου να προσδιορίσει συγκεκριμένη πορεία. Οι διαδικασίες διαχείρισης κινδύνων έχουν αναπτυχθεί ως μια συνεχή διαδικασία καθ' όλη τη διάρκεια του έργου και μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα έργα, από τα πολύ μικρά έως τα πιο πολύπλοκα.

Είναι γεγονός ότι λίγα έργα αναπτύσσονται σε κατάλληλο περιβάλλον. Η διαχείριση κινδύνων πρέπει να περιλαμβάνει κατάλληλα εργαλεία που όχι μόνο να εντοπίζουν τους δυνητικούς κινδύνους, αλλά και να εξετάζουν τις αντίστοιχες δυνατότητές τους έτσι ώστε να είναι εφικτή η διαχείριση σε συνεχή βάση. Η διαχείριση κινδύνων μπορεί να χωριστεί σε τρεις κύριους τομείς:

1. *Εντοπισμός κινδύνου.* Προσδιορίζει τις επικίνδυνες περιοχές που χαρακτηρίζονται από αβεβαιότητα ή περιορισμούς που θα μπορούσαν να επηρεάσουν αρνητικά το έργο και να το περιορίσουν ή να εμποδίσουν την επίτευξη των στόχων του.
2. *Ποσοτικοποίηση των κινδύνων.* Περιλαμβάνει την αξιολόγηση των κινδύνων, την ιεράρχηση του επιπέδου κινδύνου και της αβεβαιότητας και ποσοτικοποιεί τη συχνότητα εμφάνισης των κινδύνων και του βαθμού στον οποίο επηρεάζουν τους στόχους.
3. *Λειτουργία ελέγχου κινδύνου.* Εφαρμόζει το σχέδιο διαχείρισης κινδύνου. Αυτό περιλαμβάνει την εσωτερική κατάρτιση και την επικοινωνία με τους ενδιαφερόμενους φορείς. Δεδομένου ότι οι κίνδυνοι και το εργασιακό περιβάλλον αλλάζουν διαρκώς, το επίπεδο κινδύνου και η ικανότητα της ομάδας έργου να ανταποκρίνεται αποτελεσματικά στον κίνδυνο θα πρέπει να παρακολουθείται και να επανεξετάζεται συνεχώς.

Ανάλυση κινδύνου χρονοδιαγράμματος

Η έγκαιρη και εντός του προϋπολογισμού ολοκλήρωση των έργων είναι μια σημαντική πρόκληση στη διαχείριση έργων. Ένας σημαντικός παράγοντας που εμποδίζει την επιτυχία του έργου είναι η αβεβαιότητα που περιβάλλει το χρονοδιάγραμμα του έργου. Για να μειωθεί αυτή η αβεβαιότητα και να βελτιωθεί η παράδοση του έργου, όλο και περισσότερες εταιρείες υιοθετούν μια προληπτική προσέγγιση γνωστή ως ανάλυση κινδύνου χρονοδιαγράμματος.

Η ανάλυση κινδύνων χρονοδιαγράμματος περιλαμβάνει μια οργανωμένη μεθοδολογία για τον εντοπισμό, την ανάλυση και την διαχείριση των κινδύνων που πιθανόν να επηρεάσουν το χρονοδιάγραμμα του έργου. Ξεπερνάει την παραδοσιακή διαχείριση κινδύνων, εστιάζοντας ρητά στις χρονικές πτυχές του έργου. Με την εξέταση των πιθανών κινδύνων και των πιθανών επιπτώσεών τους στο χρονοδιάγραμμα του έργου, οι οργανισμοί μπορούν να πάρουν προληπτικά μέτρα για την ελαχιστοποίηση των καθυστερήσεων.

Σημασία της ανάλυσης κινδύνων χρονοδιαγράμματος:

- *Ενισχυμένη λήψη αποφάσεων:* Η ανάλυση κινδύνων παρέχει σημαντικές πληροφορίες αναφορικά με τους πιθανούς κινδύνους που ενδέχεται να επηρεάσουν το

χρονοδιάγραμμα του έργου. Η γνώση αυτή επιτρέπει στους διαχειριστές έργων να παίρνουν σωστές αποφάσεις, να κατανέμουν αποτελεσματικά τους πόρους και να θέτουν ρεαλιστικές προσδοκίες για το έργο.

- *Έγκαιρος εντοπισμός κινδύνων:* Η διενέργεια ανάλυσης κινδύνων σε πρώιμο στάδιο του κύκλου ζωής του έργου επιτρέπει τον εντοπισμό και την αντιμετώπιση πιθανών κινδύνων πριν αυτοί κλιμακωθούν. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει στις ομάδες έργου να κατανέμουν πόρους, να προσαρμόζουν τα χρονοδιαγράμματα και να εφαρμόζουν μέτρα εγκαίρως, ελαχιστοποιώντας τον αντίκτυπο στις ημερομηνίες παράδοσης του έργου.

- *Βελτιωμένη επικοινωνία με τα ενδιαφερόμενα μέρη:* Η ανάλυση κινδύνων βοηθά τους διαχειριστές έργων να επικοινωνούν πιο αποτελεσματικά τους πιθανούς κινδύνους στα ενδιαφερόμενα μέρη. Αναλύοντας τα ποσοτικά δεδομένα και τις οπτικές αναπαραστάσεις των πιθανών καθυστερήσεων, οι διαχειριστές έργων μπορούν να κερδίσουν την υποστήριξή τους για τις απαραίτητες προσαρμογές ή τα σχέδια έκτακτης ανάγκης.

Στα σημερινά εξελισσόμενα και πολύπλοκα περιβάλλοντα έργων, η ανάλυση κινδύνου χρονοδιαγράμματος έχει καταστεί απαραίτητο εργαλείο για τους διαχειριστές έργων που επιδιώκουν να βελτιώσουν την παράδοση των έργων. Υιοθετώντας μια προληπτική προσέγγιση για τον εντοπισμό και τον μετριασμό των κινδύνων, οι οργανισμοί μπορούν να άρουν τους περιορισμούς, να βελτιστοποιήσουν την κατανομή των πόρων και να βελτιώσουν τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων. Μέσω του ακριβούς προγραμματισμού, της αποτελεσματικής κατανομής πόρων και του ισχυρού μετριασμού των κινδύνων, η ανάλυση κινδύνων χρονοδιαγράμματος επιτρέπει στις ομάδες έργου να παραδίδουν με επιτυχία τα έργα εγκαίρως και εντός του προϋπολογισμού.

Αιτίες κινδύνων

Υπάρχουν πολλές πηγές κινδύνου, αλλά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα τη φύση τους σε γενικές γραμμές ως εξής:

- Φυσικοί κίνδυνοι που προέρχονται από φυσικά φαινόμενα και μπορούν να περιέχουν από φυσικές καταστροφές μέχρι κινδύνους μικρότερης κλίμακας.

- Ανθρωπογενείς κίνδυνοι, είναι κίνδυνοι που απορρέουν από ανθρώπινες δραστηριότητες και περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα πιθανών απειλών.

- Κίνδυνοι που σχετίζονται με τη δραστηριότητα - ορισμένοι κίνδυνοι συνδέονται άμεσα με μια συγκεκριμένη δραστηριότητα και εξαφανίζονται όταν η

δραστηριότητα διακοπεί.

Για να αντιμετωπίσουμε την αβεβαιότητα και τους κινδύνους, δεν αρκεί μόνο να τους εντοπίσουμε και να τους αξιολογήσουμε. Χρειαζόμαστε πιο εξειδικευμένα εργαλεία που μπορούν να μας δώσουν μια πιο ξεκάθαρη εικόνα για το τι συμβαίνει. Ένα από αυτά τα εργαλεία είναι η προσομοίωση Μόντε Κάρλο. Με την εφαρμογή αυτής της μεθόδου, δημιουργούμε πιθανά σενάρια για την πορεία του έργου, ώστε να υπολογίσουμε τις πιθανότητες επιτυχίας και επίσης εντοπίζουμε τους πιθανούς χρόνους καθυστέρησης ή τις αυξήσεις στο κόστος.

Στην επόμενη ενότητα, θα εξετάσουμε πως μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη προσομοίωση Μόντε Κάρλο για να κατανοήσουμε καλύτερα την αβεβαιότητα και να προγραμματίσουμε τα έργα μας με μεγαλύτερη ακρίβεια.

Η Τεχνική Προσομοίωσης Μόντε Κάρλο

Σύντομη Ιστορική Αναδρομή

Η μέθοδος Μόντε Κάρλο αποτελεί πλέον μια ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνική στη διαχείριση έργων, καθώς διακρίνεται για την απλότητά της και την αποτελεσματικότητά της. Η διαδικασία βασίζεται στη χρήση τυχαίων αριθμών, προκειμένου να προσομοιωθούν διάφορα πιθανά σενάρια και να διευκολυνθεί η επίλυση προβλημάτων που περιέχουν αβεβαιότητα, αξιοποιώντας τις πιθανότητες.

Οι πρώτες αναφορές σε στοχαστικές προσεγγίσεις χρονολογούνται από τον 18ο αιώνα, όταν ο κόμης του Buffon, Georges-Louis Leclerc, εφάρμοσε μια πιθανοτική μέθοδο, γνωστή ως το “πρόβλημα της βελόνας του Buffon”, για να προσεγγίσει την τιμή του αριθμού π . Η ιδέα της χρήσης τυχαίων αριθμών για την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων εμφανίστηκε επίσης σε διάφορα πειράματα του 19ου αιώνα, χωρίς όμως να εξελιχθεί σε μια ολοκληρωμένη και συστηματική μέθοδο.

Η μέθοδος Monte Carlo διαμορφώθηκε επίσημα κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, στο πλαίσιο του Manhattan Project, ενός απόρρητου προγράμματος των Ηνωμένων Πολιτειών που είχε στόχο την ανάπτυξη της ατομικής βόμβας. Ο Ιταλός φυσικός Enrico Fermi χρησιμοποίησε στοχαστικές προσεγγίσεις για να εκτιμήσει τις ιδιότητες των νετρονίων, χωρίς ωστόσο να καταλήξει σε μια ολοκληρωμένη μεθοδολογία.

Το 1946, ο Πολωνός μαθηματικός Stanislaw Ulam, ενώ ανάρρωνε από μια ασθένεια και έπαιζε πασιέντζα, σκέφτηκε ότι, αντί να υπολογίζει θεωρητικά τις πιθανότητες νίκης, θα μπορούσε να δοκιμάσει το παιχνίδι πολλές φορές και να καταγράψει τα αποτελέσματα. Αυτή η προσέγγιση τον οδήγησε στη διαπίστωση ότι η χρήση τυχαίων δειγμάτων θα μπορούσε να συμβάλει στην επίλυση μαθηματικών προβλημάτων. Στη συνέχεια, μοιράστηκε την ιδέα του με τους John von Neumann και Nicholas Metropolis, με τους οποίους άρχισαν να αναπτύσσουν τη μέθοδο με πιο συστηματικό τρόπο.

Η ονομασία "Monte Carlo" δόθηκε ως κωδικός από τους Ulam και Metropolis, επειδή η μέθοδος στηρίζεται στη χρήση τυχαίων αριθμών, παρόμοια με τα παιχνίδια τύχης που διεξάγονται στο καζίνο Monte Carlo στο Μονακό. Η επιλογή αυτής της ονομασίας αποτύπωνε τον πυρήνα της μεθόδου, καθώς βασίζεται στην τυχαία δειγματοληψία για την εκτίμηση των αποτελεσμάτων.

Μετά το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, η μέθοδος Monte Carlo άρχισε να εφαρμόζεται σε διάφορους επιστημονικούς και τεχνολογικούς κλάδους. Κατά τις δεκαετίες του 1950 και 1960, χρησιμοποιήθηκε κυρίως στη φυσική, τα μαθηματικά και τη μηχανική, ενώ τη δεκαετία του 1970 και του 1980 ενσωματώθηκε σε χρηματοοικονομικά μοντέλα και στη διαχείριση κινδύνου. Από τη δεκαετία του 1990 και έπειτα, η μέθοδος βρήκε εφαρμογή σε σύγχρονες επιστήμες, όπως η τεχνητή νοημοσύνη, η βιολογία, η γενετική, η διαχείριση έργων και η πρόβλεψη μετεωρολογικών φαινομένων.

Η μέθοδος Monte Carlo αρχικά αναπτύχθηκε ως εργαλείο για την πυρηνική φυσική, αλλά σύντομα εξελίχθηκε σε μία από τις πιο αποτελεσματικές τεχνικές προσομοίωσης. Λόγω της απλότητας και της προσαρμοστικότητάς της, εξακολουθεί να χρησιμοποιείται ευρέως σε ποικίλους επιστημονικούς και επιχειρηματικούς κλάδους, συμβάλλοντας στην επίλυση προβλημάτων που χαρακτηρίζονται από υψηλό βαθμό αβεβαιότητας.

Ανάλυση Μόντε Κάρλο

Η ανάλυση Μόντε Κάρλο είναι μέθοδος που βοηθάει να προβλέψουμε πιθανά αποτελέσματα ενός έργου, λαμβάνοντας υπόψη την αβεβαιότητα και τον κίνδυνο. Αντί να υπολογίζει ένα μόνο αποτέλεσμα, δημιουργεί διαφορετικά σενάρια βασισμένα σε πιθανότητες, δίνοντάς μας μια πιο ρεαλιστική εικόνα για το τι μπορεί να συμβεί.

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην επιλογή τυχαίων τιμών για κάθε παράμετρο του έργου, όπως η διάρκεια ή το κόστος των δραστηριοτήτων και επιλέγονται τυχαίες τιμές από ένα εύρος δυνατών τιμών. Αυτές οι τιμές χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση μιας προσομοίωσης, η οποία επαναλαμβάνεται εκατοντάδες ή χιλιάδες φορές, ώστε να έχουμε μια συνολική εικόνα των πιθανών αποτελεσμάτων. Όσο περισσότερες επαναλήψεις γίνονται, τόσο πιο ακριβή είναι τα αποτελέσματα, επειδή μειώνεται το στατιστικό λάθος.

Η προσομοίωση Μόντε Κάρλο χρησιμοποιείται κυρίως στη διαχείριση κινδύνων σε έργα, όπως οι κατασκευές, για να εκτιμηθούν πιθανές καθυστερήσεις ή υπερβάσεις κόστους. Σε σύγκριση με τη μέθοδο Pert, η οποία βασίζεται σε αυστηρούς υπολογισμούς, η Μόντε Κάρλο δίνει πιο ρεαλιστικά και ακριβή αποτελέσματα, επειδή λαμβάνει υπόψη περισσότερους πιθανούς παράγοντες που επηρεάζουν την εξέλιξη του έργου.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα είναι η ευελιξία της, καθώς μπορεί να προσαρμοστεί εύκολα στις ανάγκες κάθε έργου, επιτρέποντας τη χρήση διαφορετικών κατανομών πιθανοτήτων. Επιπλέον, δεν έχει τους περιορισμούς της Pert, που θεωρεί ότι οι δραστηριότητες

είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους και ότι οι χρονικές εκτιμήσεις ακολουθούν συγκεκριμένη κατανομή.

Η αβεβαιότητα σε ένα έργο μπορεί να οφείλεται είτε σε φυσική διακύμανση των παραμέτρων, δηλαδή μεταβολές που δεν μπορούμε να ελέγξουμε, είτε από την έλλειψη γνώσης και δεδομένων, που μπορεί να βελτιωθεί με περισσότερη εμπειρία και πληροφορίες. Η ανάλυση της Monte Carlo, βοηθά να ποσοτικοποιήσουμε αυτήν την αβεβαιότητα, ώστε να μπορούμε να προετοιμαστούμε καλύτερα για τα πιθανά ρίσκα.

Στην πρακτική εφαρμογή της Monte Carlo, κάθε μεταβλητή του έργου αναπαρίσταται από μια πιθανή κατανομή τιμών (π.χ., κανονική, λογαριθμική, τριγωνική). Στη συνέχεια, η προσομοίωση επιλέγει τυχαίες τιμές από αυτές τις πιθανές κατανομές και διαμορφώνει το αποτέλεσμα. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται πολλές φορές, μέχρι να σταθεροποιηθούν τα αποτελέσματα και να έχουμε μια αξιόπιστη εικόνα για την εξέλιξη του έργου.

Το αποτέλεσμα της ανάλυσης Monte Carlo είναι ένα σύνολο πιθανών αποτελεσμάτων, τα οποία μας δείχνουν τις πιο πιθανές εκδοχές και το εύρος των δυνατών αποκλίσεων. Αυτές οι πληροφορίες είναι πολύτιμες για τη λήψη καλύτερων αποφάσεων και την προετοιμασία για πιθανά προβλήματα. Η μέθοδος Monte Carlo απαιτεί τη χρήση εξειδικευμένου λογισμικού και τα πιο γνωστά λογισμικά είναι τα @Risk, Risk+, RiskAMP και Monte Carlo Primavera.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι βασικοί λόγοι για τους οποίους η ανάλυση Monte Carlo είναι σημαντική στη διαχείριση έργων.

Προσδιορισμός πιθανών προβληματικών περιοχών στο έργο:

Ο προσδιορισμός των σημαντικότερων κινδύνων και αβεβαιοτήτων θα βοηθήσει στην ιεράρχηση των προσπαθειών διαχείρισης κινδύνων και στην προληπτική διάθεση πόρων για την αντιμετώπιση αυτών των κρίσιμων ζητημάτων

- Δημιουργία ρεαλιστικών προϋπολογισμών: Με την προσομοίωση διαφορετικών σεναρίων και την εκτίμηση ενός εύρους πιθανών αποτελεσμάτων, η ανάλυση Monte Carlo μπορεί να βοηθήσει στη δημιουργία πιο ρεαλιστικών και ακριβών προϋπολογισμών, λαμβάνοντας υπόψη τις αβεβαιότητες και τους πιθανούς κινδύνους.

- Αξιολόγηση του αντίκτυπου και των κινδύνων στα ορόσημα του έργου: Η κατανόηση της πιθανότητας τήρησης των προθεσμιών των ορόσημων του έργου υπό διαφορετικά σενάρια θα επιτρέψει την ιεράρχηση των εργασιών και την αποτελεσματική κατανομή των πόρων.

- Εντοπισμός πιθανών υπερβάσεων κόστους: Αναλύοντας τον αντίκτυπο διαφόρων γεγονότων στον προϋπολογισμό του έργου, οι κίνδυνοι αυτοί μπορούν να αντιμετωπιστούν προληπτικά και να εφαρμοστούν κατάλληλες στρατηγικές μετριασμού, ώστε το έργο να παραμείνει εντός των οικονομικών περιορισμών.

Πώς Λειτουργεί η Προσομοίωση Monte Carlo

Η προσομοίωση, όπως ήδη έχουμε αναφέρει, είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη πιθανών αποτελεσμάτων όταν υπάρχει αβεβαιότητα. Στον προγραμματισμό έργων, η μέθοδος αυτή βοηθά στον εντοπισμό καθυστερήσεων και αυξήσεων του κόστους, επιτρέποντας στους διαχειριστές έργων να προετοιμαστούν καλύτερα για τυχόν προβλήματα.

Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές μεθόδους, η Μόντε Κάρλο δημιουργεί διαφορετικά σενάρια, χρησιμοποιώντας τυχαίους αριθμούς. Επιτρέπει τη δημιουργία μιας ολοκληρωμένης εικόνας της αβεβαιότητας και κινδύνων που σχετίζονται με το έργο. Η μέθοδος Monte Carlo βασίζεται στη δημιουργία επαναλαμβανόμενων τυχαίων δειγμάτων για την εκτίμηση των πιθανών αποτελεσμάτων ενός συστήματος. Στη διαχείριση έργων, αυτό επιτυγχάνεται ως εξής:

1. **Ορισμός Παραμέτρων:** Το πρώτο βήμα είναι να καθοριστούν οι βασικές παράμετροι που επηρεάζουν το έργο, όπως η διάρκεια των δραστηριοτήτων, το κόστος και οι διαθέσιμοι πόροι. Οι παράμετροι αυτοί είναι κρίσιμες, καθώς καθορίζουν τα πιθανά αποτελέσματα του μοντέλου.

2. **Αντιστοίχιση Κατανομών Πιθανοτήτων:**
Σε κάθε παράμετρο αποδίδεται μια κατανομή πιθανοτήτων, όπως η κανονική ή η τριγωνική κατανομή. Αυτές οι κατανομές περιγράφουν τη μεταβλητότητα και την αβεβαιότητα που σχετίζονται με κάθε παράμετρο και βασίζονται σε ιστορικά δεδομένα ή εκτιμήσεις εμπειρογνομόνων.

3. **Δημιουργία Τυχαίων Τιμών:**
Στη συνέχεια, παράγονται τυχαίες τιμές για κάθε παράμετρο με βάση την αντίστοιχη κατανομή πιθανοτήτων. Αυτό επιτρέπει τη δημιουργία διαφορετικών σεναρίων που μπορούν να προκύψουν κατά την υλοποίηση του έργου.

4. **Εκτέλεση Πολλαπλών Επαναλήψεων:**
Η διαδικασία επαναλαμβάνεται πολλές φορές (συνήθως 1.000 ή περισσότερες), με κάθε επανάληψη να δημιουργεί ένα ξεχωριστό σενάριο έργου. Έτσι, η Μόντε Κάρλο βοηθά να εντοπιστεί το εύρος των πιθανών καθυστερήσεων και των αποκλίσεων από τον

προϋπολογισμό.

5. **Ανάλυση Αποτελεσμάτων:** Τέλος, τα αποτελέσματα των επαναλήψεων αναλύονται στατιστικά, παρέχοντας σημαντικά δεδομένα όπως είναι η μέση τιμή, τα όρια εμπιστοσύνης και οι πιθανότητες διαφόρων σεναρίων.

Δημιουργία Τυχαίων αριθμών

Η προσομοίωση στοχαστικών συστημάτων βασίζεται στη δημιουργία «τυχαίων» τιμών αποτελεσμάτων ή γεγονότων στο υπό μελέτη σύστημα. Σημαντικό στοιχείο της στοχαστικής προσομοίωσης είναι ένας μηχανισμός για την παραγωγή τυχαίων αριθμών, που ονομάζεται γεννήτρια τυχαίων αριθμών.

Η γεννήτρια τυχαίων αριθμών είναι μια διαδικασία που παράγει τυχαίες τιμές μιας στοχαστικής μεταβλητής έτσι ώστε να αντιστοιχούν στην κατανομή πιθανότητας της τυχαίας μεταβλητής. Επομένως, αν η ίδια διαδικασία επαναληφθεί πολλές φορές, η κατανομή των τιμών της τυχαίας μεταβλητής που θα παραχθεί από την προσομοίωση θα αντιστοιχεί στην αντίστοιχη κατανομή πιθανότητας.

Ο όρος τυχαίοι αριθμοί (random numbers) χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια σειρά αριθμών με την ιδιότητα ότι κάθε αριθμός έχει την ίδια πιθανότητα να εμφανιστεί με οποιονδήποτε άλλο αριθμό της σειράς και ότι η πιθανότητα αυτή δεν επηρεάζεται από την προηγούμενη εμφάνιση ή μη εμφάνιση του ίδιου αριθμού (ομοιόμορφη κατανομή).

Σήμερα που οι προσομοιώσεις διεξάγονται με τη χρήση Η/Υ οι τυχαίοι αριθμοί παράγονται από ειδικές συναρτήσεις που είναι διαθέσιμες στις γλώσσες προγραμματισμού ή σε πακέτα λογισμικού όπως το MS Excel. Η βασική στατιστική συνάρτηση για τη δημιουργία τυχαίων αριθμών είναι η συνάρτηση RAND(), η οποία επιστρέφει ομοιόμορφα κατανεμημένους τυχαίους αριθμούς στο διάστημα $[0,1]$. Οι τυχαίοι αριθμοί που προκύπτουν ονομάζονται «ψευδοτυχαίοι αριθμοί» (pseudo random numbers). Η ονομασία τους παραπέμπει στο γεγονός ότι οι αριθμοί αυτοί δεν είναι πραγματικά τυχαίοι, αλλά δημιουργούνται από μια καθορισμένη μαθηματική μέθοδο η οποία είναι επαναλαμβανόμενη. Ωστόσο οι αριθμοί αυτοί ικανοποιούν με επιτυχία τους ειδικούς στατιστικούς ελέγχους για εξασφάλιση ομοιόμορφης κατανομής και στατιστικής ανεξαρτησίας.

Οφέλη της Προσομοίωσης Μόντε Κάρλο

Η προσομοίωση Monte Carlo είναι ένα πολύτιμο εργαλείο για τη διαχείριση και την ποσοτικοποίηση του κινδύνου, ιδίως σε μεγάλα και πολύπλοκα έργα. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη

όταν οι κίνδυνοι πρέπει να προβλεφθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Σε τέτοια σενάρια, η Μόντε Κάρλο είναι πιο αποτελεσματική από άλλες μεθόδους ανάλυσης έργων, οι οποίες συχνά απαιτούν περιοριστικές παραδοχές και παρέχουν μόνο ορισμένες στιγμές στη διάρκεια του έργου. Η προσομοίωση Monte Carlo λαμβάνει στατιστικά υπόψη τη σύγκλιση των διαδρομών, αντιμετωπίζοντας καταστάσεις όπου η PERT τείνει να υποεκτιμά τη διάρκεια του έργου.

Τα σημαντικότερα οφέλη της προσομοίωσης είναι:

- Βελτιωμένη λήψη αποφάσεων: η προσομοίωση Monte Carlo παρέχει ένα εύρος πιθανών αποτελεσμάτων με βάση διαφορετικά σενάρια κινδύνου, επιτρέποντας τη λήψη πιο τεκμηριωμένων αποφάσεων αναφορικά με το σχεδιασμό του έργου, την κατανομή των πόρων και τις στρατηγικές μετριασμού των κινδύνων.
- Ενισχυμένη ανάλυση κινδύνων: με την προσομοίωση διαφορετικών σεναρίων και την ανάλυση του αντίκτυπου της αβεβαιότητας στα αποτελέσματα του έργου, η προσομοίωση Monte Carlo μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό και την ιεράρχηση των κινδύνων, εστιάζοντας στους πιο σημαντικούς κινδύνους και κατανέμοντας ανάλογα τους πόρους.
- Ακριβέστερες εκτιμήσεις κόστους και χρονοδιαγράμματος: λαμβάνοντας υπόψη τις αβεβαιότητες στις εισροές του έργου, μπορούν να παραχθούν πιο ρεαλιστικές εκτιμήσεις κόστους και χρονοδιαγράμματος, οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε καλύτερο προϋπολογισμό.
- Αυξημένη διαφάνεια και επικοινωνία με τα ενδιαφερόμενα μέρη: η κοινοποίηση των αποτελεσμάτων μιας ανάλυσης Monte Carlo στα ενδιαφερόμενα μέρη του έργου μπορεί να τα βοηθήσει να κατανοήσουν καλύτερα τους πιθανούς κινδύνους και τις αβεβαιότητες που επηρεάζουν το έργο. Αυτό διευκολύνει την επικοινωνία με διαφανή τρόπο και συμβάλλει στη διαχείριση των προσδοκιών των ενδιαφερομένων μερών.

Περιορισμοί της Προσομοίωσης Monte Carlo

Ενώ η ανάλυση Monte Carlo μπορεί να προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες και να υποστηρίξει τη λήψη αποφάσεων, είναι πολύ βασικό να αναγνωρίζονται οι περιορισμοί της και να διασφαλίζεται ότι η ανάλυση βασίζεται σε ακριβή δεδομένα, έγκυρα μοντέλα και ρεαλιστικές παραδοχές. Πιο συγκεκριμένα η ανάλυση Monte Carlo:

- Απαιτεί μεγάλο όγκο δεδομένων: για τη δημιουργία ακριβών και ρεαλιστικών αποτελεσμάτων, οι αναλύσεις Monte Carlo συχνά απαιτούν μεγάλο όγκο δεδομένων

εισόδου. Ανεπαρκή δεδομένα ή κακή ποιότητα δεδομένων μπορούν να θέσουν σε κίνδυνο την ακρίβεια και την αξιοπιστία της ανάλυσης.

➤ Κάνει απλοϊκές υποθέσεις: η ανάλυση Monte Carlo στηρίζεται συνήθως σε ορισμένες παραδοχές, όπως η ανεξαρτησία των μεταβλητών και το σχήμα της κατανομής πιθανοτήτων. Εάν οι υποθέσεις αυτές δεν αντικατοπτρίζουν με ακρίβεια την πραγματική κατάσταση, τα αποτελέσματα της ανάλυσης μπορεί να είναι παραπλανητικά.

➤ Εξαρτάται από την εγκυρότητα του μοντέλου: η ακρίβεια της ανάλυσης Monte Carlo βασίζεται στην εγκυρότητα του υποκείμενου μοντέλου, το οποίο πρέπει να αποτυπώνει με ακρίβεια τις σχέσεις και τις διαδικασίες των μεταβλητών για να παράγει αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα.

➤ Χρόνος και έντασης πόρων: η ανάλυση Monte Carlo μπορεί να είναι υπολογιστικά εντατική, ιδίως για πολύπλοκα έργα και πολλές μεταβλητές. Συνεπώς, απαιτεί σημαντικό χρόνο, υπολογιστικούς πόρους, εξειδικευμένο λογισμικό και τεχνογνωσία.

Εφαρμογές Monte Carlo

Η προσομοίωση Μόντε Κάρλο, εκτός από τη διαχείριση έργων έχει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών σε διάφορους τομείς λόγω της ικανότητάς της να αναλύει την αβεβαιότητα και να προβλέπει αποτελέσματα με στατιστική ακρίβεια. Ακολουθεί μια εκτενής ανάλυση των εφαρμογών:

➤ Μαθηματικά και Στατιστική Φυσική

Η μέθοδος Μόντε Κάρλο χρησιμοποιείται ευρέως για την επίλυση σύνθετων μαθηματικών προβλημάτων, όπως η αριθμητική επίλυση πολυδιάστατων ολοκληρώσεων και μερικών διαφορικών εξισώσεων, όπου οι αναλυτικές λύσεις είναι δύσκολες ή ανέφικτες. Επιπλέον, εφαρμόζεται στην κβαντική μηχανική για την προσομοίωση συστημάτων πολλαπλών σωμάτων, επιτρέποντας την ανάλυση κβαντικών φαινομένων με μειωμένη στατιστική αβεβαιότητα, ανάλογα με τον χρόνο προσομοίωσης.

➤ Μηχανική

Στη μηχανική, η μέθοδος Μόντε Κάρλο χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της αξιοπιστίας των συστημάτων και τη βελτιστοποίηση σχεδιασμών. Χρησιμοποιείται για την ανάλυση της αντοχής δοχείων πίεσης, των κυκλωμάτων στα ηλεκτρονικά τσιπ και την προσομοίωση της απόδοσης μηχανικών εξαρτημάτων υπό διαφορετικές συνθήκες. Στη μηχανική λογισμικού, βοηθά στην ανίχνευση πιθανών καταστάσεων αποτυχίας και την

ανάλυση σφαλμάτων.

➤ Χρηματοοικονομική Ανάλυση

Η προσομοίωση Μόντε Κάρλο είναι ένα από τα κύρια εργαλεία στη χρηματοοικονομική για την εκτίμηση επενδυτικών ρίσκων, την πρόβλεψη της μεταβλητότητας χαρτοφυλακίων και την ανάλυση της αξίας χρηματοοικονομικών παραγώγων. Παρέχει τη δυνατότητα αξιολόγησης της πιθανότητας κέρδους ή ζημίας, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως οι διακυμάνσεις της αγοράς και οι αβεβαιότητες στις τιμές μετοχών ή τα επιτόκια.

➤ Φυσικές Επιστήμες

Στις φυσικές επιστήμες, η μέθοδος χρησιμοποιείται για την προσομοίωση πειραμάτων και την ανάλυση συστημάτων με στοχαστική φύση, όπως οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής ή τα δυναμικά φυσικών συστημάτων. Αυτή η εφαρμογή επιτρέπει την κατανόηση και τη διαχείριση πολυδιάστατων φαινομένων σε διάφορες κλίμακες.

➤ Επιχειρησιακή Έρευνα και Βελτιστοποίηση

Στον τομέα της επιχειρησιακής έρευνας, η μέθοδος βοηθά στη βελτιστοποίηση προσομοιώσεων για τη λήψη αποφάσεων, όπως στη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας και τον σχεδιασμό παραγωγικών διαδικασιών. Παρέχει τη δυνατότητα αξιολόγησης διαφορετικών στρατηγικών και την επιλογή της βέλτιστης, εξετάζοντας τις αβεβαιότητες σε κάθε στάδιο.

➤ Ιατρική και Βιολογία

Στην ιατρική, η προσομοίωση Μόντε Κάρλο χρησιμοποιείται για την κατανομή δόσεων στην ακτινοθεραπεία, βελτιώνοντας την ακρίβεια και την αποτελεσματικότητα της θεραπείας καρκίνου. Στη βιολογία, εφαρμόζεται για τη μοντελοποίηση της δυναμικής συστημάτων, όπως η εξάπλωση ασθενειών ή η ανάλυση γενετικών αλληλεπιδράσεων.

➤ Υπολογιστική Επιστήμη

Η μέθοδος βρίσκει εφαρμογή σε αλγορίθμους αναζήτησης και βελτιστοποίησης, όπως οι Monte Carlo Tree Search (MCTS), που χρησιμοποιούνται σε παιχνίδια και συστήματα λήψης αποφάσεων. Επίσης, είναι κρίσιμη για την προσομοίωση δικτύων, όπως τα δίκτυα υπολογιστών, επιτρέποντας την ανάλυση της απόδοσης και της αξιοπιστίας τους.

Μέρος Β

Έρευνα στον προγραμματισμό με έμφαση στην αβεβαιότητα

ΜΕΡΟΣ Β: Έρευνα στο προγραμματισμό με έμφαση στην αβεβαιότητα

Εισαγωγή

Ο προγραμματισμός έργου είναι μια απαραίτητη διαδικασία για την ολοκλήρωση του έργου, καθώς καθορίζει τον χρόνο, τους πόρους και τις αποφάσεις που θα εφαρμοστούν. Ωστόσο, συχνά προκύπτουν αβεβαιότητες που σχετίζονται με την εκτέλεση του έργου, τις εξωτερικές συνθήκες ή ακόμα και τις ανάγκες των ανθρώπων που συμμετέχουν. Αυτές οι αβεβαιότητες μπορεί να προκαλέσουν καθυστερήσεις, αλλαγές στις προτεραιότητες ή ακόμα και απρόβλεπτες καταστάσεις όπως οικονομικές κρίσεις ή φυσικές καταστροφές. Ως αποτέλεσμα, ο προγραμματισμός να γίνεται δύσκολος, απαιτώντας τη χρήση εργαλείων που επιτρέπουν την εκτίμηση και τη διαχείριση αυτών των κινδύνων με μεγαλύτερη ακρίβεια.

Η προσομοίωση Μόντε Κάρλο είναι μια από τις διαδεδομένες μεθόδους για την ανάλυση κινδύνων και την πρόβλεψη αβεβαιότητας σε έργα. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στη χρήση τυχαίων αριθμών, δηλαδή χρησιμοποιεί υπολογιστές για να επαναλάβει σενάρια με διαφορετικές παραμέτρους και να εκτιμήσει τα πιθανά αποτελέσματα του έργου. Μπορεί να εφαρμοστεί σε διαφορετικούς τομείς όπως στην πληροφορική, τα κατασκευαστικά και σύνθετα έργα, προσφέροντας χρήσιμες πληροφορίες για το χρόνο ολοκλήρωσης των έργων, τους απαραίτητους πόρους και την πρόβλεψη πιθανών καθυστερήσεων. Επιπλέον, συμβάλλει στη διαχείριση κινδύνων, επιτρέποντας στους διαχειριστές των έργων να κατανοήσουν καλύτερα τις πιθανές αποκλίσεις από τον αρχικό προγραμματισμό.

Η έρευνα αναλύει σχετική βιβλιογραφία γύρω από την προσομοίωση Μόντε Κάρλο και διάφορες τεχνικές διαχείρισης έργων που λειτουργούν υπό συνθήκες αβεβαιότητας, με σκοπό να εντοπίσει ερευνητικά κενά στον τομέα και να διατυπώσει προτάσεις για μελλοντική έρευνα. Η εργασία θα αξιολογήσει τις κύριες μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση κινδύνων στα έργα, όπως η **PERT** και η **CPM**, και θα συγκρίνει τη χρησιμότητα και την αποτελεσματικότητα αυτών των μεθόδων σε σύγκριση με την προσομοίωση Μόντε Κάρλο.

Επιπλέον, μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, θα εντοπιστούν ερευνητικά κενά, καθώς και τη δημιουργία εργαλείων για τη βελτίωση της καλύτερης συλλογής και αξιοποίησης δεδομένων για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου. Η εργασία αυτή ενσωματώνει τις πρόσφατες

εξελίξεις στη διαχείριση κινδύνων, προσφέροντας νέες γνώσεις για την αντιμετώπιση των προκλήσεων που αντιμετωπίζουν σε μεγάλης κλίμακας, πολυδιάστατα έργα.

Μέθοδος Ανασκόπησης Βιβλιογραφίας

Η διαδικασία επιλογής και ανάλυσης της βιβλιογραφίας στην παρούσα εργασία ακολούθησε μια συστηματική προσέγγιση για να διασφαλιστεί η ποιότητα και η αξιοπιστία των πηγών. Στόχος είναι να καταγραφούν τρέχουσες και αξιόπιστες πηγές που σχετίζονται με τη διαχείριση έργων υπό αβεβαιότητα και την εφαρμογή της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο. Η σειρά με την οποία παρουσιάζονται τα άρθρα δεν είναι με μια τυχαία κατάταξη, αλλά είναι δομημένη με τέτοιο τρόπο ώστε να ξεκινά από τις βασικές θεωρητικές αρχές και να προχωρά σταδιακά στις πιο πρακτικές εφαρμογές και τις πιο σύγχρονες προσεγγίσεις. Με αυτόν τον τρόπο, ο αναγνώστης κατανοεί τα βασικά στοιχεία των μεθόδων όπου στη συνέχεια εφαρμόζονται και εξελίσσονται στην πράξη.

Αρχικά, η ανασκόπηση επικεντρώθηκε σε έγκυρες βάσεις δεδομένων, όπως το **Scopus**, το **GoogleScholar** και το **ResearchGate**, με στόχο την εύρεση πρόσφατων άρθρων σχετικά με τις μεθόδους διαχείρισης κινδύνου και αβεβαιότητας. Χρησιμοποιήθηκαν Λέξεις-κλειδιά όπως “project management under uncertainty”, “Monte Carlo Simulation” και “risk analysis”.

Επιλέχθηκαν άρθρα που συνέβαλαν περισσότερο στην ανάπτυξη της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο και στη εφαρμογή της στη διαχείριση αβεβαιότητας σε έργα, καθώς καθορίζουν τη βάση της έρευνά μας.

Στη συνέχεια, εξετάζονται άρθρα που επικεντρώνονται σε παραδοσιακές μεθόδους διαχείρισης έργων υπό αβεβαιότητα, όπως η **PERT** και η **CPM**, καθώς και μελέτες που τις συγκρίνουν με άλλες μεθόδους. Αυτά τα άρθρα είναι σημαντικά για την κατανόηση των βασικών διαφορών, αδυναμιών και δυνατών σημείων κάθε προσέγγισης και για την κατανόηση της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο στην τρέχουσα εποχή.

Η σειρά των άρθρων ολοκληρώνεται με πιο εξειδικευμένες μελέτες και άρθρα που εστιάζουν σε νέες εξελίξεις, όπως η ενσωμάτωση κοινωνικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων στην ανάλυση κινδύνου ή τη χρήση της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο σε νέους τομείς.

Η σειρά της παρουσίασης των άρθρων δείχνει ότι η διαχείριση της αβεβαιότητας σε έργα εξελίσσεται διαρκώς. Από τις βασικές θεωρητικές αρχές έως τις πιο πρόσφατες καινοτομίες, διαπιστώνεται η ανάγκη για πιο ευέλικτα και προσαρμοστικά μοντέλα, που

συνδυάζουν την προσομοίωση με σύγχρονες τεχνολογίες. Η ανάλυση της τεχνικής Μόντε Κάρλο σε διαφορετικούς τομείς δείχνει ότι η μέθοδος μπορεί να προσαρμοστεί σε πολλές περιπτώσεις, βελτιώνοντας την ακρίβεια των προβλέψεων και τη διαδικασία των αποφάσεων.

Ανάλυση - Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

Η διαχείριση έργων υπό αβεβαιότητα έχει αποτελέσει αντικείμενο πολλών μελετών επειδή η αβεβαιότητα επηρεάζει σημαντικά τη διαδικασία σχεδιασμού και εκτέλεσης. Η υπάρχουσα βιβλιογραφία προτείνει διάφορες μεθόδους και τεχνικές για την αντιμετώπιση αυτής της πρόκλησης, εστιάζοντας σε παραδοσιακές μεθόδους και σύγχρονες τεχνικές που βασίζονται σε προσομοίωση και ανάλυση σεναρίων.

Η μελέτη των **Özdamar και Alanya (2001)** αποτελεί μια από τις πρώτες προσπάθειες εφαρμογής της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο σε έργα ανάπτυξης λογισμικού με στόχο τη μοντελοποίηση της αβεβαιότητας. Οι συγγραφείς εστιάζουν στην πρόβλεψη καθυστερήσεων και στη διαχείριση κινδύνων, αναδεικνύοντας την αλληλεπίδραση μεταξύ των δραστηριοτήτων του έργου. Επίσης, συνδυάζουν την προσομοίωση με την ασαφή λογική, προκειμένου να αντιμετωπίσουν τις αβεβαιότητες που προκύπτουν από απρόβλεπτες αλλαγές.

Τα κύρια ευρήματα του άρθρου δείχνουν ότι η προσομοίωση Μόντε Κάρλο μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την ακρίβεια των προβλέψεων για την ολοκλήρωση του έργου. Επιπλέον, οι διαχειριστές έργων μπορούν να εντοπίζουν κρίσιμα σημεία όπου η αβεβαιότητα μπορεί να επηρεάσει το χρονοδιάγραμμα, διευκολύνοντας έτσι τη λήψη προληπτικών μέτρων.

Συγκεκριμένα, το άρθρο παρέχει παραδείγματα που παρουσιάζουν την πρακτική εφαρμογή της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο σε διαφορετικά στάδια του κύκλου ζωής ενός έργου λογισμικού. Τα στάδια αυτά περιλαμβάνουν αρχικό σχεδιασμό, παρακολούθηση προόδου και τελική αξιολόγηση απόδοσης. Με τη βοήθεια εμπειρικών δεδομένων, οι συγγραφείς δείχνουν πώς διαφορετικά σενάρια επηρεάζουν τη διάρκεια και το κόστος του έργου.

Ένα από τα σημαντικότερα συμπεράσματα του άρθρου είναι η αναγνώριση της ανάγκης για ποιοτικά δεδομένα κατά την εφαρμογή της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο. Οι **Özdamar και Alanya** αναφέρουν ότι η ακρίβεια των προβλέψεων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα δεδομένα εισόδου. Η μελέτη συνιστά τη δημιουργία μιας ολοκληρωμένης βάσης δεδομένων για την καλύτερη κατανόηση της αβεβαιότητας και την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης.

Συνοπτικά, η μελέτη των Özdamar και Alanya (2001) συμβάλλει σημαντικά στη βιβλιογραφία για τη διαχείριση έργων λογισμικού. Παρέχει ένα ισχυρό θεωρητικό και πρακτικό υπόβαθρο για την εφαρμογή της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο στην αβεβαιότητα, ενώ ανοίγει τον δρόμο για περαιτέρω έρευνα και εφαρμογές στον τομέα της διαχείρισης έργων.

Η συμβολή των Wyrozębski και Wyrozębska (2013a) επικεντρώνεται στην εφαρμογή της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο ως επέκταση της παραδοσιακής μεθόδου PERT, ενώ στο δεύτερο άρθρο τους (2013b) επεκτείνουν την ανάλυση χρησιμοποιώντας μια συγκριτική προσέγγιση που περιλαμβάνει τη GERT και άλλες πιθανές μεθόδους. Οι δύο μελέτες παρέχουν βασικές αναφορές για τη βελτίωση της ακρίβειας των προβλέψεων του προγραμματισμού έργων κάτω από συνθήκες αβεβαιότητας.

Στο πρώτο άρθρο, οι Wyrozębski και Wyrozębska (2013a) επικεντρώνονται στη βελτίωση της μεθόδου PERT μέσω της εφαρμογής προσομοίωσης Μόντε Κάρλο. Περιγράφουν πώς η προσομοίωση δημιουργεί κατανομές πιθανοτήτων για κάθε δραστηριότητα, ξεπερνώντας έτσι τις περιορισμένες δυνατότητες του παραδοσιακού PERT, το οποίο βασίζεται μόνο σε τρία σημεία εκτίμησης (αισιόδοξο, απαισιόδοξο, πιθανότερο). Σύμφωνα με την έρευνα, η ενσωμάτωση προσομοιώσεων οδηγεί σε πιο ακριβή προγράμματα έργου και βοηθά στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων.

Στο δεύτερο άρθρο (2013b), οι συγγραφείς παρουσιάζουν μια συγκριτική ανάλυση της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο, PERT και GERT. Η μελέτη υπογραμμίζει τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς κάθε προσέγγισης, ενώ συνιστά την ανάπτυξη υβριδικών μεθόδων για τη διαχείριση πολύπλοκων έργων. Ειδικότερα, οι Wyrozębski και Wyrozębska επισημαίνουν συγκεκριμένα ότι η GERT, αν και πολύπλοκη στη χρήση, παρέχει ευελιξία στη μοντελοποίηση κυκλικών διαδικασιών και επαναλήψεων, καθιστώντας τη πολύ χρήσιμη σε έργα με υψηλό βαθμό αβεβαιότητας.

Και στα δύο άρθρα, οι συγγραφείς χρησιμοποιούν εμπειρικά δεδομένα και παραδείγματα για να δείξουν πώς οι μέθοδοι αυτές μπορούν να εφαρμοστούν σε πραγματικά έργα. Υπογραμμίζουν τη σημασία της ακρίβειας των δεδομένων εισόδου, καθώς και η αποτελεσματικότητα της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα των δεδομένων που χρησιμοποιούνται.

Η χρησιμότητα αυτών των δύο άρθρων για την έρευνα βρίσκεται στο ότι προσφέρουν σαφή παραδείγματα εφαρμογής της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο και της GERT. Η συγκριτική ανάλυση δίνει χρήσιμες πληροφορίες για την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου, ενώ οι

προτάσεις τους για υβριδικές προσεγγίσεις ανοίγουν τον δρόμο για περαιτέρω έρευνα. Τέλος, η έμφαση στη βελτίωση της ακρίβειας μέσω ποιοτικών δεδομένων σχετίζεται άμεσα με τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει η σύγχρονη διαχείριση έργων.

Η μελέτη των **Pollack-Johnson και Liberatore (2005)** αποτελεί μια σημαντική συνεισφορά στη χρήση της ανάλυσης σεναρίων ως εργαλείου προγραμματισμού έργων σε συνθήκες αβεβαιότητας. Οι συγγραφείς παρουσιάζουν ένα καινοτόμο πλαίσιο που επιτρέπει στους διαχειριστές έργων να λαμβάνουν αποφάσεις με βάση διάφορα πιθανά σενάρια, βελτιώνοντας την ευελιξία και την προσαρμογή σε απρόβλεπτες καταστάσεις.

Η ανάλυση σεναρίων, όπως περιγράφεται στο άρθρο, επικεντρώνεται στην αναγνώριση κρίσιμων παραμέτρων που επηρεάζουν την επιτυχία ενός έργου και την εκτίμηση της επίδρασής τους μέσω της δημιουργίας διαφορετικών σεναρίων. Οι συγγραφείς τονίζουν τη σημασία της επιλογής ρεαλιστικών παραμέτρων και υποθέσεων για τη διασφάλιση ακριβών προβλέψεων.

Ένα βασικό πλεονέκτημα της ανάλυσης σεναρίων είναι η ικανότητα της να εντοπίζει ευκαιρίες και κινδύνους που δεν είναι εύκολα ορατοί με παραδοσιακές μεθόδους. Οι μελετητές αναδεικνύουν πώς η ανάλυση αυτή μπορεί να βελτιώσει τη λήψη αποφάσεων, δίνοντας στους διαχειριστές έργων τη δυνατότητα να αξιολογούν εναλλακτικές στρατηγικές και να προετοιμάζονται για ενδεχόμενες προσκλήσεις. Παραδείγματα εφαρμογών από τον κλάδο της πληροφορικής και των κατασκευών, δείχνουν πως η ανάλυση αυτή μπορεί να βελτιώσει τη διαχείριση χρόνου και πόρων.

Η μελέτη αναδεικνύει τη σημαντική συμβολή της ανάλυσης σεναρίων στη διαχείριση έργων υπό αβεβαιότητα, ενώ παράλληλα τονίζει την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα στη βελτίωση της μεθοδολογίας, ιδίως με τη χρήση τεχνολογιών αυτοματοποίησης της ανάπτυξης σεναρίων. Επίσης, προτείνεται ο συνδυασμός της μεθόδου με την προσομοίωση Μόντε Κάρλο για μεγαλύτερη ακρίβεια στις προβλέψεις.

Συνοψίζοντας, η εργασία παρέχει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την εφαρμογή της ανάλυσης σεναρίων στη διαχείριση έργων. Παρόλο που υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί, η μελέτη αναδεικνύει τις δυνατότητες του εργαλείου αυτού και παρέχει μια βάση για περαιτέρω έρευνα και βελτιώσεις στον τομέα της διαχείρισης έργων υπό αβεβαιότητα.

Η μελέτη των **Acebes et al. (2021)** εισάγει μια νέα προσέγγιση για την ενσωμάτωση της αβεβαιότητας τύχης (aleatory uncertainty) στον προγραμματισμό έργων μέσω της δημιουργίας βασικών γραμμών κινδύνου (risk baselines). Αυτή η καινοτόμος προσέγγιση

συνδυάζει τη θεωρία κινδύνου με πρακτικές τεχνικές προγραμματισμού έργων, προσφέροντας ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο για τη βελτίωση της αξιοπιστίας στις προβλέψεις χρονοδιαγραμμάτων.

Η αβεβαιότητα τύχης σχετίζεται με τυχαίες αποκλίσεις που προκύπτουν από φυσικούς ή περιβαλλοντικούς παράγοντες και είναι δύσκολο να προβλεφθούν. Οι συγγραφείς προτείνουν τη χρήση της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο για την ανάλυση της επίδρασης αυτής της αβεβαιότητας στα χρονοδιαγράμματα έργων. Με τη προσομοίωση δημιουργούνται πολλαπλά σενάρια που επιτρέπουν την καλύτερη αξιολόγηση κρίσιμων δραστηριοτήτων και πιθανών καθυστερήσεων.

Το βασικό πλεονέκτημα της προσέγγισης είναι η δυνατότητα εντοπισμού των κρίσιμων σημείων κινδύνου σε κάθε στάδιο του έργου βοηθώντας τους διαχειριστές να προβλέψουν προβλήματα και να τα αντιμετωπίσουν πιο αποτελεσματικά. Οι συγγραφείς παρουσιάζουν παραδείγματα από πραγματικά έργα, όπου οι βασικές γραμμές κινδύνου χρησιμοποιήθηκαν για τη βελτίωση την λήψης αποφάσεων και τη διαχείρισης πόρων.

Η χρησιμότητα της μελέτης αυτής για την έρευνα εστιάζεται στη δυνατότητά της να προσφέρει ένα ολοκληρωμένο εργαλείο για την πρόβλεψη και τη διαχείριση κινδύνων, όπως οι κατασκευές, η πληροφορική και τα έργα υποδομών. Επίσης, υπογραμμίζει τη σημασία των ποιοτικών δεδομένων και της διαφάνειας στη διαδικασία προσομοίωσης, προσφέροντας κατευθύνσεις για τη βελτίωση της διαχείρισης έργων.

Συνοψίζοντας, η έρευνα των Acebes et al. (2021) συμβάλλει ουσιαστικά στη διαχείριση έργων υπό συνθήκες αβεβαιότητας. Η καινοτόμος προσέγγιση που προτείνεται ενισχύει την ακρίβεια και την αξιοπιστία στην πρόβλεψη κινδύνων, ενώ ανοίγει νέες προοπτικές για περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη πιο επιλεγμένων μεθόδων διαχείρισης.

Η μελέτη των **DoVale και Carvalho (2017)** ασχολείται με τη διαχείριση κινδύνων και αβεβαιοτήτων στα έργα, παρουσιάζοντας ένα πλαίσιο που συνδυάζει θεωρητικές γνώσεις και πρακτικές μεθόδους. Το άρθρο υπογραμμίζει τη σημασία της αναγνώρισης και αξιολόγησης των κινδύνων σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός έργου, ενώ δίνονται πρακτικές οδηγίες για την αποτελεσματική διαχείρισή τους.

Οι συγγραφείς υπογραμμίζουν την ανάγκη για ενσωμάτωση της διαχείρισης κινδύνων στον προγραμματισμό έργων, σημειώνοντας ότι πολλές αποτυχίες έργων προκύπτουν από την έλλειψη σωστής αναγνώρισης και αντιμετώπισης κινδύνων. Το άρθρο προτείνει τη χρήση

εργαλείων όπως είναι η προσομοίωση Μόντε Κάρλο, η ανάλυση σεναρίων και η ανάλυση ευαισθησίας, με στόχο τη βελτίωση της λήψης αποφάσεων υπό συνθήκες αβεβαιότητας.

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα του άρθρου είναι η σύνδεση θεωρητικών εννοιών με πρακτικές εφαρμογές. Οι συγγραφείς παρέχουν παραδείγματα έργων από διάφορους τομείς, όπως οι κατασκευές και η πληροφορική, δείχνοντας πως οι τεχνικές αυτές μπορούν να εφαρμοστούν για τη καλύτερη διαχείριση χρόνου, κόστους και πόρων. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην παρακολούθηση των κινδύνων καθ' όλη τη διάρκεια του έργου, καθώς και στη χρήση ποσοτικών μεθόδων για πιο ακριβείς προβλέψεις.

Η μελέτη είναι χρήσιμη για έργα με υψηλή αβεβαιότητα, καθώς το προτεινόμενο πλαίσιο μπορεί να προσαρμοστεί για την αντιμετώπιση προκλήσεων που αφορούν χρόνο, κόστος και πόρους. Παρόλο που υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί, η έρευνα αυτή θέτει τις βάσεις για την ανάπτυξη πιο ολοκληρωμένων και αποτελεσματικών μεθόδων διαχείρισης έργων, ανοίγοντας τον δρόμο για περαιτέρω μελέτες και εφαρμογές στον τομέα.

Η μελέτη των **Fadjar et al. (2022)** εξετάζει τη χρήση της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο για την εκτίμηση του χρόνου ολοκλήρωσης έργων, τονίζοντας τη σημασία της ακρίβειας και της ποιότητας των δεδομένων εισόδου. Το άρθρο αναλύει συστηματικά τη μέθοδο, δείχνοντας πως μπορεί να αναβαθμίσει την αξιοπιστία των προβλέψεων σε περιβάλλοντα με μεγάλο βαθμό αβεβαιότητας.

Η προσομοίωση Μόντε Κάρλο βασίζεται στη δημιουργία πολλαπλών σεναρίων με τη χρήση στατιστικών μοντέλων, όπου οι χρονικές εκτιμήσεις υπολογίζονται με βάση πιθανότητες αντί για συγκεκριμένες τιμές. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει στους διαχειριστές έργων να λαμβάνουν υπόψη τους κινδύνους και αβεβαιότητες που επηρεάζουν τα χρονοδιαγράμματα. Το άρθρο παρουσιάζει εφαρμογές της μεθόδου, εστιάζοντας σε έργα κατασκευών, όπου οι καθυστερήσεις προκαλούνται συχνά από παράγοντες όπως το περιβάλλον, η διαθεσιμότητα πόρων και τα απρόβλεπτα γεγονότα.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο είναι η ικανότητά της να παρέχει ακριβέστερες εκτιμήσεις σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους προγραμματισμού, όπως η PERT ή η CPM. Οι Fadjar et al. επισημαίνουν ότι η μέθοδος επιτρέπει τη δημιουργία κατανομών πιθανότητας για τη διάρκεια των δραστηριοτήτων, προσφέροντας μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για πιθανά σενάρια καθυστερήσεων.

Η χρησιμότητα του άρθρου για την έρευνα εστιάζεται στην αναλυτική παρουσίαση των πλεονεκτημάτων και των περιορισμών της προσομοίωσης της Μόντε Κάρλο. Παράλληλα,

προτείνει στρατηγικές για τη βελτίωση της εφαρμογής της, όπως η ανάπτυξη καλύτερων βάσεων δεδομένων και η εκπαίδευση των ομάδων έργων στη χρήση της μεθόδου.

Συνοψίζοντας, η έρευνα των Fadjar et al. (2022) παρέχει ένα ισχυρό θεωρητικό και πρακτικό πλαίσιο για τη χρήση της εφαρμογής Μόντε Κάρλο στην εκτίμηση χρόνου ολοκλήρωσης έργων. Παρά τις δυσκολίες, τονίζεται η ανάγκη για περαιτέρω έρευνα για τη βελτίωση των δεδομένων και την ενσωμάτωση της μεθόδου σε έργα διαφορετικών μεγεθών και τομέων.

Η μελέτη του Avlijas (2018) εστιάζει στη χρήση της προσομοίωσης Monte Carlo για τη διαχείριση χρόνου σε έργα, προσφέροντας μια ακριβέστερη πρόβλεψη των καθυστερήσεων σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους. Ο Avlijas αναδεικνύει τη σημασία της τεχνικής Μόντε Κάρλο για την εκτίμηση πιθανών αποκλίσεων από το χρονοδιάγραμμα, ενισχύοντας την ακρίβεια των προβλέψεων.

Κύριο θέμα του άρθρου είναι η ικανότητα της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο να διαχειρίζεται την αβεβαιότητα στον προγραμματισμό έργων. Μέσω της δημιουργίας κατανομών πιθανοτήτων για τις χρονικές εκτιμήσεις, οι διαχειριστές έργων μπορούν να προβλέψουν απρόβλεπτες καθυστερήσεις και να διαχειριστούν πιο αποτελεσματικά τους πόρους. Ο Avlijas χρησιμοποιεί παραδείγματα από έργα πληροφορικής για να δείξει πώς εφαρμόζεται η μέθοδος στην πράξη, τονίζοντας τη χρησιμότητά της στην εκτίμηση του χρόνου ολοκλήρωσης και την ακρίβεια των χρονοδιαγραμμάτων.

Επίσης επισημαίνει τη σημαντικότητα της ποιότητας των δεδομένων εισόδου στην προσομοίωση Μόντε Κάρλο, καθώς επηρεάζει άμεσα την ακρίβεια των προβλέψεων. Παρόλα αυτά, το άρθρο αναγνωρίζει ότι η συλλογή και η επεξεργασία αυτών των δεδομένων μπορεί να είναι μια χρονοβόρα και απαιτητική διαδικασία.

Η χρησιμότητα του άρθρου βρίσκεται στη λεπτομερή ανάλυση των πλεονεκτημάτων και των περιορισμών της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο. Ο συγγραφέας προτείνει πρακτικές στρατηγικές για τη βελτίωση της εφαρμογής της μεθόδου, όπως η δημιουργία πιο ακριβών βάσεων δεδομένων και η εκπαίδευση των ομάδων έργων στη χρήση της προσομοίωσης.

Συνοψίζοντας, η έρευνα του Avlijas (2018) αποδεικνύει τη σημασία της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο στη διαχείριση έργων, παρέχοντας μια ισχυρή βάση για τη θεωρητική και πρακτική εφαρμογή της στη διαχείριση χρόνου και τη πρόβλεψη των καθυστερήσεων. Παρά τις δυσκολίες στη συλλογή δεδομένων και την εφαρμογή της μεθόδου, η έρευνα θέτει τη βάση για μελλοντικές βελτιώσεις και προσαρμογές σε έργα κάθε μεγέθους.

Η μελέτη του Karabulut (2017) και το άρθρο των Koulinas et al. (2020) εστιάζουν στη χρήση της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο για τη διαχείριση κινδύνων και χρονοδιαγραμμάτων στα κατασκευαστικά έργα, αναδεικνύοντας τη συμβολή της στην ακριβή εκτίμηση των καθυστερήσεων και των κινδύνων. Οι δύο μελέτες αναδεικνύουν τη χρησιμότητα της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο προσφέροντας μια πιο αξιόπιστη πρόβλεψη για την ολοκλήρωση έργων σε σχέση με παραδοσιακές εφαρμογές.

Η μελέτη του Karabulut (2017), συνδυάζει την προσομοίωση Μόντε Κάρλο με τις παραδοσιακές μεθόδους προγραμματισμού όπως η PERT/CPM για να ενισχυθεί η ακρίβεια των προβλέψεων. Μέσα από παραδείγματα αναδεικνύεται πως διάφοροι κίνδυνοι, όπως οι καιρικές συνθήκες ή η διαθεσιμότητα των πόρων, επηρεάζουν τη διάρκεια των δραστηριοτήτων, ενώ υπογραμμίζεται η χρησιμότητα της προσομοίωσης στη διαχείριση καθυστερήσεων και πόρων.

Αντίστοιχα, οι Koulinas et al. (2020) επικεντρώνεται στην ανάλυση καθυστερήσεων χρησιμοποιώντας ένα σύστημα βασισμένο σε προσομοίωση. Οι συγγραφείς δείχνουν πως η μέθοδος μπορεί να βοηθήσει τους διαχειριστές έργων να αναγνωρίσουν κρίσιμους κινδύνους, να αποτρέψουν προβλήματα και να βελτιώσουν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων σε περιβάλλοντα υψηλής αβεβαιότητας.

Η συνδυασμένη χρήση των δύο άρθρων αναδεικνύει τα πλεονεκτήματα της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο στη βελτίωση των παραδοσιακών μεθόδων προγραμματισμού. Και οι δύο μελέτες υπογραμμίζουν ότι η προσομοίωση μπορεί να προσφέρει πιο ακριβείς εκτιμήσεις καθυστερήσεων και επιτρέπει στους διαχειριστές έργων να αναπτύξουν πιο αξιόπιστα σχέδια και στρατηγικές.

Η χρησιμότητα αυτών των άρθρων είναι σημαντική, καθώς προσφέρουν πρακτικά παραδείγματα και αναδεικνύουν τη σημασία της προσομοίωσης στη διαχείριση κινδύνων και χρόνου. Η εφαρμογή αυτής της προσέγγισης μπορεί να βελτιώσει την ακρίβεια των χρονοδιαγραμμάτων και να αυξήσει την αποτελεσματικότητα του προγραμματισμού έργων.

Συνοψίζοντας, οι έρευνες των Karabulut (2017) και Koulinas et al. (2020) επιβεβαιώνουν τη σημασία της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο στη διαχείριση κατασκευαστικών έργων. Παρά τους περιορισμούς, η μέθοδος αποτελεί πολύτιμο εργαλείο για την πρόβλεψη καθυστερήσεων και κινδύνων, ενισχύοντας της αξιοπιστία και την αποτελεσματικότητα στη λήψη αποφάσεων.

Η μελέτη των **Yang και Tian (2012)** ασχολείται με τη χρήση της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο για να εκτιμηθεί η απόδοση σε έργα πληροφορικής. Εστιάζει στη διαχείριση κινδύνων και την αξιολόγηση των αποκλίσεων από τα προγραμματισμένα χρονοδιαγράμματα. Το άρθρο εξηγεί πώς αυτή η μέθοδος βοηθά στην αντιμετώπιση των κινδύνων και των αβεβαιοτήτων, οι οποίες είναι συνηθισμένες λόγω των τεχνολογικών και οργανωτικών δυσκολιών.

Η μέθοδος της προσομοίωσης χρησιμοποιείται για να υπολογιστούν οι πιθανοί χρόνοι ολοκλήρωσης και να εντοπιστούν οι παράγοντες που προκαλούν καθυστερήσεις ή αυξάνουν το κόστος. Με βάση παραδείγματα από πραγματικά έργα πληροφορικής, αναπτύσσεται ένα σύστημα που εντοπίζει τους κρίσιμους κινδύνους και προτείνει αλλαγές για τη βελτίωση του χρονοδιαγράμματος και των αποτελεσμάτων του.

Ένα βασικό πλεονέκτημα της έρευνας είναι ότι η προσομοίωση Μόντε Κάρλο δίνει πιο ακριβείς προβλέψεις από τις παραδοσιακές μεθόδους. Οι συγγραφείς εξηγούν πώς η μέθοδος μπορεί να εξετάσει διαφορετικά σενάρια, βοηθώντας τους διαχειριστές έργων να εντοπίσουν πιθανά προβλήματα και να προσαρμόσουν τα σχέδιά τους ανάλογα με τις αλλαγές που προκύπτουν.

Το άρθρο είναι χρήσιμο επειδή παρουσιάζει λεπτομερώς πώς η προσομοίωση Μόντε Κάρλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διαχείριση κινδύνων και την εκτίμηση της απόδοσης. Επιπλέον, τονίζει τη σημασία της χρήσης αξιόπιστων δεδομένων και της συνεχούς παρακολούθησης των κινδύνων για καλύτερες προβλέψεις και αποτελεσματικότερη διαχείριση.

Συνοψίζοντας, η έρευνα δείχνει ότι, παρά τις προκλήσεις, η προσομοίωση Μόντε Κάρλο είναι ένα πολύτιμο εργαλείο για τη διαχείριση κινδύνων σε έργα πληροφορικής με υψηλή αβεβαιότητα.

Η έρευνα των **Senova et al. (2023)** προτείνει νέες ιδέες για τη διαχείριση κινδύνων μέσω της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο, εστιάζοντας παράλληλα στη βιωσιμότητα. Δίνει έμφαση στο πώς οι περιβαλλοντικοί, κοινωνικοί και οικονομικοί παράγοντες μπορούν να συνδυαστούν για να γίνει η διαχείριση κινδύνων πιο βιώσιμη.

Η βασική ιδέα της μελέτης είναι ότι η βιωσιμότητα πρέπει να είναι αναπόσπαστο κομμάτι κάθε φάσης ενός έργου. Οι συγγραφείς παρουσιάζουν ένα ολοκληρωμένο σύστημα που λαμβάνει υπόψη όχι μόνο τους οικονομικούς και τεχνικούς κινδύνους αλλά και τις περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις. Μέσω της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο, μπορεί

να υπολογιστούν οι πιθανές συνέπειες των κινδύνων, παρέχοντας χρήσιμα στοιχεία για τη λήψη καλύτερων αποφάσεων.

Η μελέτη αναπτύσσει ένα μοντέλο που συνδυάζει τις παραδοσιακές μεθόδους διαχείρισης κινδύνων με δείκτες βιωσιμότητας. Αυτό το μοντέλο βοηθά τους διαχειριστές να ενσωματώσουν τη βιωσιμότητα στη στρατηγική τους και να λάβουν πιο ολοκληρωμένες αποφάσεις.

Η αξία της έρευνας είναι ότι προσφέρει ένα νέο πλαίσιο για τη διαχείριση κινδύνων σε έργα που δίνουν έμφαση στη βιωσιμότητα. Προτείνει πρακτικά εργαλεία για να υπολογιστούν και να παρακολουθούνται κοινωνικές και περιβαλλοντικές παράμετροι, συνδυάζοντάς τες με την παραδοσιακή ανάλυση κινδύνων.

Συνοπτικά, η έρευνα αυτή αναδεικνύει πώς η βιωσιμότητα μπορεί να ενσωματωθεί αποτελεσματικά στη διαχείριση κινδύνων μέσω της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο.

Η μελέτη των **Aghileh et al. (2024)** ασχολείται με τον προγραμματισμό πολλαπλών έργων σε συνθήκες αβεβαιότητας, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στην ευελιξία και πώς επηρεάζει τη διαχείριση έργων. Οι συγγραφείς πραγματοποιούν μια ανασκόπηση των διαθέσιμων μεθόδων για τη διαχείριση της αβεβαιότητας, εστιάζοντας στο πώς συνδέονται οι πόροι με τους κινδύνους.

Το βασικό συμπέρασμα της μελέτης είναι ότι η ευελιξία των πόρων αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την επιτυχία στη διαχείριση πολλαπλών έργων. Η ευελιξία αυτή αναφέρεται στην ικανότητα προσαρμογής ή ανακατανομής των πόρων με βάση τις αλλαγές ή τις προτάσεις που προκύπτουν. Η έρευνα δείχνει ότι η αποτελεσματική διαχείριση των πόρων μπορεί να μειώσει τις καθυστερήσεις και τις υπερβάσεις κόστους, μειώνοντας τους κινδύνους.

Επιπλέον, οι συγγραφείς τονίζουν τη σημασία της χρήσης της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές για την καλύτερη εκτίμηση των κινδύνων και την ενίσχυση της ευελιξίας των πόρων. Η προσομοίωση Μόντε Κάρλο επιτρέπει την αξιολόγηση των πιθανών σεναρίων υπό συνθήκες αβεβαιότητας, δίνοντας τη δυνατότητα στους διαχειριστές έργων να προσαρμόσουν τις στρατηγικές τους και να βελτιώσουν τα σχέδια τους σε πραγματικό χρόνο.

Αυτή η έρευνα είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για έργα με υψηλό βαθμό αβεβαιότητας, καθώς προσφέρει πρακτικές συμβουλές για την καλύτερη διαχείριση κινδύνων. Οι προτάσεις για την ενσωμάτωση της προσομοίωσης Monte Carlo και της προσαρμογής των πόρων παρέχουν

στρατηγικές για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και της ακρίβειας του προγραμματισμού έργων.

Συνοψίζοντας, η μελέτη των Aghileh et al. δείχνει πόσο σημαντική είναι η ευελιξία στη διαχείριση πόρων και η χρήση της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο σε έργα υπό αβεβαιότητα. Παρά το γεγονός ότι η εφαρμογή της είναι ακόμη περιορισμένη σε μεγάλα έργα, η μελέτη παρέχει πολύτιμες ιδέες για τη βελτίωση της διαχείρισης έργων, ενισχύοντας την αποτελεσματικότητα και τη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Η μελέτη του **Oluwabunmi Ayoade (2025)** επικεντρώνεται σε μια νέα προσέγγιση που συνδυάζει τη διαχείριση κινδύνων με τη χρηματοοικονομική ανάλυση, με στόχο τη βελτίωση της λήψης αποφάσεων σε έργα που αντιμετωπίζουν οικονομικές αβεβαιότητες. Οι συγγραφείς προτείνουν ένα πλαίσιο που συνδέει αυτούς τους δύο τομείς, ώστε να βοηθήσουν στη μείωση των οικονομικών επιπτώσεων που μπορεί να προκαλέσει την αβεβαιότητα και να διασφαλίσει καλύτερα αποτελέσματα για τα έργα.

Ένα από τα βασικά στοιχεία της μελέτης είναι η ιδέα της "χρηματοοικονομικής εκτίμησης κινδύνων", δηλαδή ο συνδυασμός της διαχείρισης κινδύνων με την ανάλυση της οικονομικής κατάστασης ενός έργου. Αυτό σημαίνει ότι οι διαχειριστές μπορούν να λαμβάνουν υπόψη τους παραδοσιακούς κινδύνους αλλά τις και πιθανές οικονομικές αξιολογήσεις αυτών των κινδύνων. Μέσα από αυτήν την προσέγγιση, η μελέτη παρέχει πρακτικά εργαλεία για την καλύτερη αξιολόγηση της οικονομικής βιωσιμότητας ενός έργου, ενώ παράλληλα βοηθά στη βελτίωση της ακρίβειας των προβλέψεων.

Η μεθοδολογία που προτείνεται βασίζεται στη συνδυαστική χρήση παραδοσιακών τεχνικών με πιο σύγχρονα εργαλεία. Για παράδειγμα, η ανάλυση ταμειακών ροών, τα σενάρια χρηματοδότησης και τα εργαλεία προσομοίωσης που βοηθούν στη λήψη αποφάσεων, ακόμη και όταν οι συνθήκες είναι αβέβαιες. Επιπλέον, παρέχονται πρακτικά παραδείγματα της μεθόδου σε έργα υποδομής και ανάπτυξης. Αυτά τα παραδείγματα δείχνουν πώς η χρήση χρηματοοικονομικών δεδομένων μπορεί να εφαρμόσει τη στρατηγική διαχείριση κινδύνων και να διευκολύνει την αντιμετώπιση των προβλεπόμενων καταστάσεων

Η μελέτη είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για έργα που επηρεάζονται από οικονομική αβεβαιότητα, καθώς παρέχει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την ενίσχυση της βιωσιμότητας και της σταθερότητας αυτών των έργων. Επισημαίνεται ότι οι μέθοδοι που προτείνονται μπορούν να βοηθήσουν τους διαχειριστές έργων να λαμβάνουν πιο

τεκμηριωμένες αποφάσεις, ενώ παράλληλα προσαρμόζονται καλύτερα στις προκλήσεις και τις αλλαγές που μπορούν να γίνουν.

Συνοψίζοντας, η μελέτη του Oluwabunmi Ayoade παρέχει μια καινοτόμο προσέγγιση που συνδυάζει τη διαχείριση κινδύνων και τη χρηματοοικονομική ανάλυση. Αυτή η συνδυαστική μέθοδος βοηθά στη βελτίωση της λήψης αποφάσεων, μειώνει τις οικονομικές αξιολογήσεις των κινδύνων και προσφέρει στους διαχειριστές έργων πρακτικά εργαλεία για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και της βιωσιμότητας των έργων.

Συγκριτική ανάλυση των μεθόδων

Η συγκριτική ανάλυση των μεθόδων διαχείρισης έργων υπό αβεβαιότητα δείχνει ότι καμία μέθοδος δεν μπορεί να καλύψει πλήρως όλες τις ανάγκες του έργου. Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου εξαρτάται από τη φύση του έργου, το επίπεδο πολυπλοκότητας, τις απαιτήσεις ακρίβειας των προβλέψεων και τη διαθεσιμότητα των πόρων. Η χρησιμότητα και τα πλεονεκτήματα κάθε μεθόδου σε διαφορετικά περιβάλλοντα εξετάζονται παρακάτω.

Monte Carlo Simulation

Η προσομοίωση Monte Carlo θεωρείται η πιο αξιόπιστη μέθοδος για την ποσοτικοποίηση της αβεβαιότητας. Είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για μεγάλα κατασκευαστικά έργα, καθώς προβλέπει με ακρίβεια τις πιθανές καθυστερήσεις και επιτρέπει τη διαχείριση των κρίσιμων διαδρομών. Μπορεί επίσης να εφαρμοστεί σε έργα υψηλής αβεβαιότητας, όπως τα έργα έρευνας και ανάπτυξης και τα τεχνολογικά έργα, όπου οι αβέβαιες παράμετροι μπορούν να μοντελοποιηθούν με ακρίβεια. Ωστόσο, απαιτεί υψηλή υπολογιστική ισχύ και ακριβή δεδομένα εισόδου. Μπορεί να μην είναι απαραίτητη σε περιβάλλοντα όπου οι πόροι είναι περιορισμένοι ή οι απαιτήσεις είναι απλές.

PERT και CPM

Οι PERT και CPM είναι κατάλληλες για τη διαχείριση απλών ή μέτριας πολυπλοκότητας έργων. Είναι ιδανικές για γραμμικά έργα όπως η παραγωγή ή γραφειοκρατικές διαδικασίες όπου οι δραστηριότητες είναι σχετικά προβλέψιμες. Σε περιβάλλοντα με περιορισμένα επίπεδα αβεβαιότητας, παρέχουν ταχεία κατανόηση και σχεδιασμό, αλλά δεν ενσωματώνουν εύκολα την πιθανότητα πολλαπλών κρίσιμων διαδρομών. Η περιορισμένη ευελιξία τους δεν είναι κατάλληλη για πολύπλοκα έργα ή έργα που απαιτούν συνεχή αναθεώρηση.

Ανάλυση σεναρίων

Η ανάλυση σεναρίων επιτρέπει την ευέλικτη αξιολόγηση πολλαπλών πιθανών αποτελεσμάτων και είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για έργα με εξωτερικές αβεβαιότητες, όπως στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, όπου οι διακυμάνσεις της προσφοράς ή της ζήτησης υλικών μπορεί να έχουν σημαντικό αντίκτυπο στα χρονοδιαγράμματα. Χρησιμοποιείται επίσης για τον στρατηγικό σχεδιασμό, όπου είναι σημαντικό να εξεταστούν διαφορετικά σενάρια πριν από την υλοποίηση. Αν και ευέλικτη, στερείται ποσοτικής ακρίβειας σε σύγκριση με άλλες προσεγγίσεις, όπως η προσομοίωση Monte Carlo.

GERT

Η GERT είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για έργα που περιλαμβάνουν επαναληπτικές διαδικασίες ή πολλαπλές διαδρομές. Εφαρμόζεται συχνά σε έργα έρευνας και ανάπτυξης, όπου η διαδικασία απαιτεί εναλλακτικές διαδρομές ή επαναλήψεις. Επίσης, είναι χρήσιμη σε πολύπλοκα τεχνικά έργα όπου απαιτείται δυναμική ενσωμάτωση διαδρομών. Ωστόσο, η GERT απαιτεί σημαντικούς υπολογιστικούς πόρους και, ως εκ τούτου, είναι δύσκολο να εφαρμοστεί σε μικρότερα έργα.

Ευέλικτη διαχείριση πόρων

Η ευέλικτη διαχείριση πόρων επικεντρώνεται στην κατανομή των διαθέσιμων πόρων σε πραγματικό χρόνο. Είναι αποτελεσματική για τη βελτιστοποίηση της χρήσης των διαθέσιμων ανθρώπινων και υλικών πόρων σε περιβάλλοντα με δυναμικά μεταβαλλόμενες απαιτήσεις, όπως η ανάπτυξη λογισμικού, και σε έργα με περιορισμένους πόρους. Ωστόσο, δεν είναι πάντα απαραίτητη σε έργα με σταθερές απαιτήσεις και περιορισμένη αβεβαιότητα.

Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των Μεθόδων Διαχείρισης Έργων

Η επιλογή της σωστής μεθοδολογίας μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο στην επιτυχία ενός έργου. Για έργα με υψηλή αβεβαιότητα, η προσομοίωση Monte Carlo μπορεί να παρέχει την ακρίβεια που απαιτείται για την πρόβλεψη των κρίσιμων σεναρίων. Όταν ο προϋπολογισμός και τα χρονοδιαγράμματα είναι αυστηρά, η PERT/CPM είναι η πιο ρεαλιστική επιλογή. Για τα στρατηγικά έργα που περιλαμβάνουν πολλαπλές δυνατότητες, η ανάλυση σεναρίων είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη εναλλακτικών λύσεων.

Ο συνδυασμός των μεθόδων είναι ιδιαίτερα χρήσιμος όταν πρόκειται για πολύπλοκα προβλήματα. Για παράδειγμα, η προσομοίωση Monte Carlo μπορεί να συνδυαστεί με την GERT για την πρόβλεψη της κρίσιμης διαδρομής σε έργα υψηλής πολυπλοκότητας, ενσωματώνοντας παράλληλα εναλλακτικές διαδρομές και επαναλήψεις. Ο συνδυασμός αυτός

παρέχει μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση, αυξάνοντας την ακρίβεια των προβλέψεων και βελτιώνοντας τη διαχείριση της αβεβαιότητας. Η ανάλυση σεναρίων μπορεί επίσης να ενσωματωθεί με παραδοσιακές μεθόδους όπως η PERT/CPM για τη δημιουργία ρεαλιστικών σεναρίων που λαμβάνουν υπόψη τις δυναμικές αλλαγές.

Η ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών, όπως η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική μάθηση, μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την αποτελεσματικότητα των υφιστάμενων μεθόδων. Για παράδειγμα, οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση μεγάλων συνόλων δεδομένων, βελτιώνοντας την ακρίβεια των προβλεψεων της Monte Carlo. Επιπλέον, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να εφαρμοστεί στη δυναμική διαχείριση πόρων και να παρέχει συστάσεις κατανομής πόρων σε πραγματικό χρόνο με βάση τις εξελισσόμενες απαιτήσεις ενός έργου. Οι τεχνολογίες αυτές έχουν τη δυνατότητα να ενισχύσουν τη διαφάνεια, να μειώσουν το χρόνο λήψης αποφάσεων και να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα στη διαχείριση έργων.

Η επιτυχής διαχείριση έργων υπό συνθήκες αβεβαιότητας εξαρτάται από τη σωστή επιλογή και ενσωμάτωση των μεθόδων που ανταποκρίνονται καλύτερα στις ανάγκες και τις προκλήσεις κάθε έργου. Ο συνδυασμός διαφορετικών προσεγγίσεων, όπως η ανάλυση Monte Carlo και η ανάλυση σεναρίων, μπορεί να προσφέρει μια πιο ολοκληρωμένη λύση και να αυξήσει την ακρίβεια και την ευελιξία της διαχείρισης έργων.

Μέθοδος	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Monte Carlo Simulation	Υψηλή ακρίβεια προβλέψεων, κατάλληλη για σύνθετα.	Υψηλή υπολογιστική απαίτηση.
PERT/CPM	Εύκολη κατανόηση, απλή εφαρμογή.	Περιορισμένη ευελιξία, λιγότερη ακρίβεια.
Scenario Analysis	Ευελιξία σε πολλαπλά σενάρια.	Χαμηλότερη λεπτομέρεια στις εκτιμήσεις.
GERT	Κατάλληλη για σύνθετα έργα, ενσωμάτωση πολλαπλών διαδρομών.	Υψηλότερη υπολογιστική απαίτηση.
Ευέλικτη Διαχείριση Πόρων	Ευελιξία στη διαχείριση πόρων.	Περιορισμένη υποστήριξη σε απλά έργα.

Πίνακας 2 - Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Μεθόδων Διαχείρισης Έργων

Ανάλυση Ευρημάτων

1. Εμβάθυνση στην εφαρμογή της Monte Carlo Simulation

Η βιβλιογραφία δείχνει ότι η προσομοίωση Monte Carlo είναι πολύ χρήσιμη για την εκτίμηση κινδύνου έργων με αβεβαιότητα. Ωστόσο, η εφαρμογή της διαφέρει από τομέα σε τομέα. Στον κατασκευαστικό τομέα, όπως τονίζεται από τους Karabulut (2017) και Koulinas et al.(2020), η μέθοδος χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό και την ανάλυση καθυστερήσεων και υπερβάσεων κόστους που προκύπτουν από αβέβαιους παράγοντες, όπως ο καιρός και η διαθεσιμότητα πόρων. Στον τομέα των έργων πληροφορικής, όπως επισημαίνουν οι Yang και Tian (2012), η αβεβαιότητα συνδέεται στενότερα με τεχνικές και οργανωτικές μεταβλητές.

Η μελέτη των Fadjar et al. (2022) δείχνει πως η Monte Carlo Simulation μπορεί να παρέχει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα των πιθανών καθυστερήσεων συγκριτικά με τις παραδοσιακές μεθόδους, όπως η PERT και η CPM. Ωστόσο, αξίζει να αναλυθούν με περισσότερη λεπτομέρεια οι πρακτικές διαφορές στις εφαρμογές της προσομοίωσης σε μικρότερα και μεγαλύτερα έργα. Ποιες είναι οι σημαντικότερες διαφοροποιήσεις στην ανάλυση αβεβαιότητας και ποιοι παράγοντες καθορίζουν τη στρατηγική προσαρμογής της μεθόδου;

2. Αναγνώριση των περιορισμών της μεθόδου

Ένα σημαντικό σημείο που αναδεικνύεται είναι οι περιορισμοί της Monte Carlo Simulation. Όπως επισημαίνουν οι Fadjar et al (2022), οι προσομοιώσεις Monte Carlo απαιτούν ακριβή και υψηλής ποιότητας δεδομένα εισόδου. Ωστόσο, σε μικρά έργα ή σε περιβάλλοντα με περιορισμένους πόρους, η έλλειψη τέτοιων δεδομένων μπορεί να περιορίσει την εφαρμογή της. Είναι απαραίτητο να αναγνωρίσουμε πόσο σημαντική είναι η ποιότητα των δεδομένων για την εφαρμογή της προσομοίωσης και να εξετάσουμε ποιες στρατηγικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν όταν τα δεδομένα είναι ασαφή ή ελλιπή.

Επιπλέον, πρέπει να αναπτυχθεί μια πιο λεπτομερής προσέγγιση σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο η μεθοδολογία μπορεί να προσαρμοστεί σε μικρότερα έργα ή σε έργα με περιορισμένα δεδομένα. Ποιες στρατηγικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν όταν η ποιότητα των δεδομένων δεν είναι υψηλή και ποια εργαλεία μπορούν να ενσωματωθούν για τη μείωση αυτού του περιορισμού;

3. Ενσωμάτωση βιωσιμότητας και κοινωνικών παραμέτρων

Η μελέτη των Senovaetal.(2023) παρέχει μια ιδιαίτερα καινοτόμο προσέγγιση, ενσωματώνοντας τη βιωσιμότητα στις μεθόδους προσομοίωσης κινδύνου. Η βιωσιμότητα ως κοινωνική, περιβαλλοντική και οικονομική διάσταση αποτελεί ένα νέο στοιχείο στη διαχείριση κινδύνων και μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικό εργαλείο για τη διαχείριση έργων. Ωστόσο, η ενσωμάτωση της βιωσιμότητας απαιτεί την απόκτηση και την αξιολόγηση δεδομένων που συχνά είναι δύσκολα προσβάσιμα ή ασαφή.

Η ανάλυση των κοινωνικών παραμέτρων στον τομέα των έργων είναι πολύ δύσκολη και απαιτεί ειδικά εργαλεία που να λαμβάνουν υπόψη τη συμπεριφορά των ανθρώπων, τις κοινωνικές επιπτώσεις και τις τοπικές αντιδράσεις στα μεγάλα έργα. Για παράδειγμα, στην περίπτωση των κατασκευαστικών έργων, η κοινωνική διάσταση αφορά τον αντίκτυπο του έργου στην τοπική κοινωνία. Πώς μπορούν να ενσωματωθούν οι κοινωνικοί δείκτες για την επίτευξη ακριβών προβλέψεων χωρίς να βασίζονται αποκλειστικά σε οικονομικά και τεχνικά δεδομένα;

4. Ευελιξία πόρων σε έργα υψηλής αβεβαιότητας

Η έννοια της ευελιξίας των πόρων από τον Aghilehetal (2024) τονίζει τη σημασία της προσαρμοστικότητας στον προγραμματισμό πολλαπλών έργων. Η ευελιξία των πόρων αναφέρεται στην ικανότητα ανακατανομής των πόρων ως απάντηση στις απαιτήσεις που προκύπτουν από την αβεβαιότητα. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η εφαρμογή αυτής της προσέγγισης απαιτεί τη διαχείριση μεγάλου αριθμού πόρων σε ένα έργο πολλαπλών σταδίων.

Ποιες είναι οι βασικές στρατηγικές για την εφαρμογή της ευελιξίας των πόρων σε έργα με υψηλό βαθμό αβεβαιότητας; Υπάρχουν συγκεκριμένοι τομείς που θα μπορούσαν να επωφεληθούν από την ανακατανομή των πόρων και ποιοι είναι οι περιορισμοί αυτής της στρατηγικής, ειδικά σε μεγάλα έργα και σε τομείς όπου υπάρχουν πολλοί απρόβλεπτοι παράγοντες;

5. Στρατηγικές διαχείρισης κινδύνου

Οι στρατηγικές διαχείρισης κινδύνου σε έργα με υψηλή αβεβαιότητα απαιτούν συνδυασμό των παραδοσιακών και σύγχρονων μεθόδων. Στις περιπτώσεις των Karabulut (2017) και Koulinas et al.(2020), η χρήση της προσομοίωσης Monte Carlo συνδυάζεται με τις παραδοσιακές μεθόδους προγραμματισμού, όπως η PERT/CPM. Αυτή η συνδυασμένη προσέγγιση παρέχει μια πληρέστερη εικόνα των κινδύνων και βοηθά στη λήψη στρατηγικών αποφάσεων, καθώς λαμβάνονται υπόψη όλες οι πιθανές καθυστερήσεις και υπερβάσεις κόστους.

Ποιες άλλες στρατηγικές και εργαλεία μπορούν να ενσωματωθούν για την ενίσχυση της διαχείρισης κινδύνου σε έργα υπό αβεβαιότητα; Ποιος είναι ο ρόλος των σύγχρονων τεχνολογιών, όπως τα εργαλεία ανάλυσης δεδομένων και η τεχνητή νοημοσύνη, στη βελτίωση της προσομοίωσης και της λήψης στρατηγικών αποφάσεων;

Αναγνώριση ερευνητικών κενών και προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση εντόπισε σημαντικά ερευνητικά κενά στην εφαρμογή και τη βελτίωση της προσομοίωσης Monte Carlo. Τα κενά αυτά εντοπίζονται κυρίως σε έργα μικρής κλίμακας και στην περιορισμένη ενσωμάτωση κοινωνικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων. Η κατανόηση και η αντιμετώπιση αυτών των κενών μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την αποτελεσματικότητα της μεθόδου, καθώς και τη διαχείριση έργων που περιλαμβάνουν σημαντική αβεβαιότητα.

Έλλειψη Εργαλείων για Μικρότερα Έργα

Ένα από τα σημαντικότερα κενά που εντοπίστηκαν είναι η έλλειψη εργαλείων και μεθοδολογιών για την υποστήριξη της εφαρμογής της προσομοίωσης Monte Carlo σε μικρά έργα και έργα με περιορισμένους πόρους. Ενώ η προσομοίωση Monte Carlo είναι μια ιδιαίτερα αποτελεσματική μεθοδολογία για μεγάλα και πολύπλοκα έργα με επαρκείς πόρους, η εφαρμογή της σε μικρότερα έργα παραμένει περιορισμένη. Οι κύριοι λόγοι περιλαμβάνουν την υψηλή υπολογιστική ισχύ που απαιτείται και την ανάγκη για δεδομένα υψηλής ποιότητας.

Στα μικρότερα έργα, συχνά οι διαθέσιμοι πόροι δεν επαρκούν για την υποστήριξη τέτοιων απαιτήσεων και οι προϋπολογισμοί είναι συνήθως περιορισμένοι. Για παράδειγμα, τα έργα πληροφορικής και κοινωνικής πολιτικής έχουν μικρότερους προϋπολογισμούς και πιο συγκεκριμένες απαιτήσεις, γεγονός που καθιστά τη χρήση της προσομοίωσης Monte Carlo πιο δύσκολη. Είναι αναγκαίο να αναπτυχθούν στρατηγικές και εργαλεία που να είναι πιο ευέλικτα και προσαρμοσμένα σε τέτοιου είδους έργα. Τα εργαλεία αυτά θα πρέπει να είναι πιο προσιτά, να απαιτούν λιγότερη υπολογιστική ισχύ και να μπορούν να λειτουργούν με λιγότερο ακριβή δεδομένα.

Απαιτήσεις για Δεδομένα Υψηλής Ποιότητας

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω οι προσομοιώσεις Monte Carlo βασίζονται σε δεδομένα υψηλής ποιότητας για την εξαγωγή αξιόπιστων αποτελεσμάτων. Όμως, σε πολλές περιπτώσεις τα δεδομένα που απαιτούνται, δεν είναι διαθέσιμα, είναι ασαφή ή ελλιπή. Το πρόβλημα αυτό είναι ιδιαίτερα έντονο σε έργα όπου τα συστήματα συλλογής και διαχείρισης δεδομένων δεν

είναι καλά οργανωμένα. Για παράδειγμα, τα έργα σε αναπτυσσόμενες χώρες ή τα έργα που διαχειρίζονται μικρές ομάδες, συχνά δεν διαθέτουν την υποδομή για τη συλλογή αξιόπιστων δεδομένων.

Η κατάσταση αυτή μπορεί να βελτιωθεί με την ανάπτυξη στρατηγικών που επιτρέπουν τη συλλογή δεδομένων, ακόμη και όταν τα διαθέσιμα δεδομένα είναι περιορισμένα. Η χρήση των νέων τεχνολογιών, όπως οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης και η τεχνητή νοημοσύνη, μπορεί να βελτιώσει τη διαδικασία συλλογής και ανάλυσης δεδομένων. Οι τεχνικές αυτές έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν την αβεβαιότητα και να βελτιώσουν την ακρίβεια των αποτελεσμάτων, ακόμη και σε περιπτώσεις όπου τα δεδομένα είναι περιορισμένα. Ταυτόχρονα, η ανάπτυξη εργαλείων για την αποτελεσματική διαχείριση της αβεβαιότητας στα δεδομένα εισόδου θα συμβάλει σε μεγάλο βαθμό στην πρόοδο των έργων.

Περιορισμένη Ενσωμάτωση Κοινωνικών και Περιβαλλοντικών Παραμέτρων

Η Μόντε Κάρλο όπως χρησιμοποιείται σήμερα συχνά επικεντρώνεται σε οικονομικές και τεχνικές παραμέτρους, αφήνοντας τις κοινωνικές και περιβαλλοντικές πτυχές σε δεύτερη μοίρα. Ωστόσο, για έργα με σημαντικές κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις, είναι ζωτικής σημασίας η ενσωμάτωση αυτών των παραμέτρων. Για παράδειγμα, οι τοπικές αντιδράσεις στα κατασκευαστικά έργα και ο αντίκτυπός τους στις τοπικές κοινότητες είναι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στη διαχείριση κινδύνων.

Η ανάπτυξη αξιόπιστων και μετρήσιμων δεικτών για τις κοινωνικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους αποτελεί μείζονα πρόκληση. Η ενσωμάτωση αυτών των δεικτών στα υφιστάμενα μοντέλα προσομοίωσης θα πρέπει να παρέχει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα των κινδύνων και των πιθανών επιπτώσεων. Επιπλέον, η ανάπτυξη εργαλείων που συνδυάζουν τις κοινωνικές, περιβαλλοντικές και οικονομικές πτυχές μπορεί να βελτιώσει την ακρίβεια και τη χρησιμότητα των προσομοιώσεων Monte Carlo για έργα με πολύπλοκες απαιτήσεις.

Διαχείριση Πολλαπλών Κινδύνων

Η διαχείριση πολλαπλών κινδύνων σε έργα με μεγάλη αβεβαιότητα αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις στη χρήση της προσομοίωσης Monte Carlo. Συχνά, τα έργα περιλαμβάνουν διαφορετικούς τύπους κινδύνων που μπορούν να επηρεάσουν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων και το τελικό αποτέλεσμα. Για παράδειγμα, σε έργα ανάπτυξης υποδομών, οι κίνδυνοι που σχετίζονται με το κόστος, τον χρόνο, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και την κοινωνική αποδοχή μπορεί να εμφανιστούν ταυτόχρονα.

Για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος, θα πρέπει να αναπτυχθούν εργαλεία που να συνδυάζουν την προσομοίωση Monte Carlo με άλλες τεχνικές διαχείρισης κινδύνου, όπως η ανάλυση σεναρίων και η μέθοδος GERT. Τα εργαλεία αυτά μπορούν να παρέχουν μια πιο ολιστική προσέγγιση στη διαχείριση κινδύνων και να επιτρέπουν στους διαχειριστές έργων να εντοπίζουν και να αντιμετωπίζουν ταυτόχρονα τους διάφορους τύπους κινδύνων.

Προσαρμογή της Monte Carlo Simulation σε Διαφορετικούς Τομείς

Η προσομοίωση Monte Carlo έχει εφαρμοστεί ευρέως σε κατασκευαστικά έργα, αλλά η εφαρμογή της σε άλλους τομείς, όπως η πληροφορική, η υγειονομική περίθαλψη και τα έργα κοινωνικής πολιτικής, είναι ακόμη περιορισμένη. Κάθε τομέας έχει τις δικές του απαιτήσεις και περιορισμούς, οι οποίοι πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την ανάπτυξη εργαλείων προσομοίωσης. Για παράδειγμα, στα έργα υγειονομικής περίθαλψης, οι κίνδυνοι σχετίζονται συχνά με την παροχή υπηρεσιών, ενώ στα έργα πληροφορικής, οι κίνδυνοι μπορεί να σχετίζονται με τεχνικές αστοχίες ή καθυστερήσεις.

Για να βελτιωθεί η χρήση της προσομοίωσης Monte Carlo, είναι απαραίτητο να αναπτυχθούν εξειδικευμένα εργαλεία προσαρμοσμένα στις απαιτήσεις του κάθε τομέα. Επιπλέον, η ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών, όπως η τεχνητή νοημοσύνη και η ανάλυση μεγάλων δεδομένων, μπορεί να αυξήσει την προσαρμοστικότητα αυτής της προσέγγισης και να την καταστήσει πιο ευέλικτη και χρήσιμη σε διαφορετικά περιβάλλοντα.

Ο εντοπισμός και η ανάλυση των ερευνητικών κενών δείχνει ότι υπάρχουν σημαντικές ευκαιρίες για τη βελτίωση της προσομοίωσης Monte Carlo. Η ανάπτυξη εργαλείων για μικρά έργα, η βελτίωση της διαχείρισης δεδομένων, η ενσωμάτωση κοινωνικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων, η διαχείριση πολλαπλών κινδύνων και η προσαρμογή των μεθόδων σε διαφορετικούς κλάδους αποτελούν σημαντικούς τομείς για μελλοντική έρευνα. Με την κατάλληλη προσαρμογή και τη χρήση νέων τεχνολογιών, η προσομοίωση Monte Carlo μπορεί να αποτελέσει ένα πιο αποτελεσματικό εργαλείο στη διαχείριση έργων υπό συνθήκες αβεβαιότητας.

Συμπεράσματα

Η έρευνα που παρουσιάζεται στο παρόν έγγραφο αναδεικνύει τη σημασία της προσομοίωσης Monte Carlo στη διαχείριση έργων υπό συνθήκες αβεβαιότητας. Ταυτόχρονα, αναδεικνύει τις προκλήσεις και τις ευκαιρίες που προκύπτουν από τη χρήση αυτής της τεχνικής

καθώς και τα ερευνητικά κενά που απαιτούν περαιτέρω διερεύνηση για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητάς της.

Η προσομοίωση Monte Carlo έχει αποδειχθεί ότι είναι ένα πολύ ισχυρό εργαλείο για την αξιολόγηση των κινδύνων, την πρόβλεψη των καθυστερήσεων και την υπέρβαση του κόστους σε μεγάλα έργα. Ωστόσο, η εφαρμογή της εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα των δεδομένων εισόδου. Η έλλειψη ακριβών και αξιόπιστων δεδομένων, ιδίως σε μικρά έργα ή έργα με περιορισμένους πόρους, περιορίζει τις δυνατότητες της μεθόδου αυτής. Για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, πρέπει να αναπτυχθούν εργαλεία και τεχνικές που να επιτρέπουν τη διαχείριση της αβεβαιότητας και τη χρήση λιγότερο εξειδικευμένων δεδομένων, διατηρώντας την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

Επιπλέον, υπάρχει σαφής ανάγκη προσαρμογής της προσομοίωσης Monte Carlo σε έργα με διαφορετικούς στόχους όπως οικονομικούς, κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς. Η ανάπτυξη εργαλείων και στρατηγικών που θα λαμβάνουν υπόψη αυτές τις παραλλαγές θα επιτρέψει την ευρύτερη χρήση της μεθόδου για διάφορες εφαρμογές.

Η εφαρμογή της προτεινόμενης στρατηγικής και η περαιτέρω ανάπτυξη των εργαλείων που σχετίζονται με την προσομοίωση Monte Carlo προσφέρουν μεγάλες δυνατότητες για τη βελτίωση της διαχείρισης των κινδύνων. Η χρήση αυτών των εργαλείων μπορεί να διευρύνει την εφαρμοσιμότητα της μεθοδολογίας, να προσφέρει νέες προοπτικές και να υποστηρίξει τη λήψη πιο ενημερωμένων και στρατηγικών αποφάσεων στη διαχείριση έργων υπό συνθήκες αβεβαιότητας.

Μέρος Γ

Μελέτη και Ανάπτυξη Πληροφοριακού Συστήματος

ΜΕΡΟΣ Γ: Μελέτη και Ανάπτυξη Πληροφοριακού Συστήματος

Πληροφοριακά Συστήματα

Η τεχνολογία των επικοινωνιών και των πληροφοριών έχει εξελιχθεί με ραγδαίους ρυθμούς τα τελευταία χρόνια, διαμορφώνοντας μια νέα πραγματικότητα για τις επιχειρήσεις και την οικονομία. Στη σύγχρονη κοινωνία της πληροφορίας, η ταχύτητα, η ποιότητα και η αποτελεσματική διαχείριση των πληροφοριών, αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες για την ανταγωνιστικότητα και τη βιώσιμη ανάπτυξη των επιχειρήσεων. Παράλληλα, η παγκοσμιοποίηση και η τεχνολογική πρόοδος έχουν δημιουργήσει ένα ασταθές επιχειρηματικό περιβάλλον, όπου οι οικονομικές προοπτικές και οι απαιτήσεις της αγοράς χαρακτηρίζονται από υψηλή αβεβαιότητα και πολυπλοκότητα. Είναι γεγονός ότι η παγκοσμιοποίηση έχει ενισχύσει τον ανταγωνισμό, και απαιτεί από τις επιχειρήσεις να είναι καινοτόμες και να προσαρμόζονται δυναμικά στις μεταβαλλόμενες συνθήκες. Σε αυτό το πλαίσιο, η αποτελεσματική χρήση των πληροφοριακών συστημάτων και των σύγχρονων τεχνικών διαχείρισης έργων αποτελεί στρατηγική ανάγκη για την επιτυχία και τη βιωσιμότητα κάθε οργανισμού.

Ένα πληροφοριακό σύστημα είναι ένα σύστημα το οποίο λαμβάνει δεδομένα στις εισόδους του. Το σύστημα επεξεργάζεται τα δεδομένα και στη συνέχεια εξάγει πληροφορίες. Κάποιες από τις εξόδους του μπορεί να ανατροφοδοτηθούν ως είσοδοι.

Σήμερα τα πληροφοριακά συστήματα χρησιμοποιούνται σε κάθε επιχείρηση ανεξάρτητα από το μέγεθός της και ανεξάρτητα από το τομέα στο οποίο δραστηριοποιείται. Ένα πληροφοριακό σύστημα αποτελείται από τα παρακάτω μέρη:

Είσοδος: Περιλαμβάνει τη συλλογή και εισαγωγή δεδομένων στο πληροφοριακό σύστημα. Τα δεδομένα μπορούν να προέρχονται από ανθρώπους, μηχανές ή άλλα συστήματα, και να μετατρέπονται σε κατάλληλη μορφή μέσω ειδικών προγραμμάτων.

Επεξεργασία: Περιλαμβάνει όλες τις διαδικασίες που μετατρέπουν τα δεδομένα σε πληροφορίες και τις προετοιμάζουν για την έξοδο. Οι διαδικασίες μπορούν να περιλαμβάνουν υπολογισμούς, συγκρίσεις και άλλες ενέργειες που καθορίζονται από το πρόγραμμα, και πρέπει να ολοκληρωθούν εντός συγκεκριμένου χρονικού πλαισίου, ειδικά σε συστήματα πραγματικού χρόνου.

Έξοδος: Είναι οι πληροφορίες που παράγονται από το πληροφοριακό σύστημα και διατίθενται στο περιβάλλον του. Οι αποδέκτες μπορούν να είναι άνθρωποι, μηχανές ή άλλες εφαρμογές, ενώ η μορφή τους ποικίλλει, όπως είναι οι εκτυπωμένες αναφορές ή τα γραφήματα σε οθόνες.

Ανατροφοδότηση: Η ανατροφοδότηση ελέγχει τις εξόδους και λαμβάνει διορθωτικά μέτρα, παρέχοντας νέα δεδομένα στην είσοδο.

Συνοπτική περιγραφή του έργου – Ορισμός έργου

Το έργο που εξετάζεται στην πτυχιακή εργασία αφορά την μελέτη και ανάπτυξη πληροφοριακού συστήματος για την υποστήριξη των αναγκών μιας επιχείρησης ή οργανισμού. Ο στόχος είναι να αναπτυχθεί ένα σύστημα που θα αυτοματοποιεί και θα βελτιώσει τις λειτουργίες της επιχείρησης, ενισχύοντας την αποδοτικότητα και τη λήψη στρατηγικών αποφάσεων. Το έργο περιλαμβάνει όλα τα στάδια της ανάπτυξης ενός πληροφοριακού συστήματος: από τη συλλογή απαιτήσεων μέχρι την υλοποίηση και εκπαίδευση των χρηστών.

Ένας κρίσιμος παράγοντας για την επιτυχία του έργου είναι η διαχείριση της αβεβαιότητας που συνοδεύει τις εκτιμήσεις των χρονικών πόρων, καθώς και των τεχνικών απαιτήσεων. Η διαχείριση αυτής της αβεβαιότητας αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του έργου και θα επιτευχθεί μέσω της χρήσης προηγμένων τεχνικών προγραμματισμού έργων και αναλυτικών μεθόδων κινδύνου.

Για την ακριβέστερη εκτίμηση των παραμέτρων και της συνολικής διάρκειας του έργου, θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος Προσομοίωσης Μόντε Κάρλο, η οποία επιτρέπει τη μοντελοποίηση της αβεβαιότητας σε κάθε στάδιο του έργου και την ανάλυση της πιθανότητας εμφάνισης διαφορετικών σεναρίων καθυστέρησης. Με τη μέθοδο αυτή, θα υπολογιστεί η πιθανότητα ολοκλήρωσης του έργου εντός των προγραμματισμένων χρονικών πλαισίων λαμβάνοντας υπόψη τις αναγκαίες παραδοχές για τις εκτιμήσεις του χρόνου. Επιπλέον, κατά τη διάρκεια του έργου, θα χρησιμοποιηθούν εργαλεία και τεχνικές για τη διαχείριση κινδύνων και την ανάλυση της κρίσιμης διαδρομής (CPM), μέσω της κατασκευής διαγραμμάτων ΑΟΝ και του υπολογισμού των χρονικών περιθωρίων και της αβεβαιότητας στις δραστηριότητες του έργου. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης με τη μέθοδο Προσομοίωσης Μόντε Κάρλο θα συνδράμουν στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων και στην καλύτερη προετοιμασία για ενδεχόμενους κινδύνους.

Αρχικά, θα παρουσιαστεί ο τρόπος διαμόρφωσης ενός δικτύου, το οποίο απεικονίζει γραφικά το έργο. Στη συνέχεια, θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος Pert/CPM για τον σχεδιασμό και τον προγραμματισμό της καλής υλοποίησης του έργου, δίνοντας απαντήσεις σε ερωτήματα όπως:

- ποιος είναι ο μικρότερος χρόνος ολοκλήρωσης του έργου,
- πότε πρέπει να προγραμματίσουμε την έναρξη και τη λήξη των επιμέρους εργασιών για να πετύχουμε την ολοκλήρωση του έργου στον μικρότερο δυνατό χρόνο,
- πως μπορούμε να παρακολουθούμε και να ελέγχουμε την πορεία ολοκλήρωσης του έργου,
- ποιες είναι οι γενικές αρχές και κατευθύνσεις για τον προγραμματισμό της υλοποίησης τους έργου κάτω από περιορισμένο δυναμικό.

Τέλος, θα εξετάσουμε θέματα του προγραμματισμού ενός έργου με τη μέθοδο CPM αλλά και με συνθήκες αβεβαιότητας στους χρόνους ολοκλήρωσης των εργασιών με τη μέθοδο Pert.

Η χρήση αυτών των εργαλείων και τεχνικών διασφαλίζει ότι το έργο θα παρακολουθείται συνεχώς και οποιεσδήποτε αποκλίσεις ή καθυστερήσεις θα εντοπίζονται και θα αντιμετωπίζονται άμεσα, επιτρέποντας την ομαλή και επιτυχή ολοκλήρωσή του, με σεβασμό στους χρονικούς περιορισμούς.

Δομή Ανάλυσης Εργασιών (WBS)

Η Δομή Ανάλυσης Εργασιών είναι ένα από τα πολύ σημαντικά εργαλεία της διαχείρισης έργων, καθώς αποτελεί τη βάση για το συνολικό σχεδιασμό, την παρακολούθηση και τον έλεγχο του έργου. Πρόκειται για μια διαγραμματική ανάλυση του έργου που αντικατοπτρίζεται σε μια ιεραρχική διάταξη. Διαχωρίζει το αντικείμενο σε διαχειρίσιμα μέρη, καθιστώντας το ευκολότερο στην κατανόηση και τον έλεγχο. Χρησιμοποιείται με σκοπό την αποσαφήνιση και την κατηγοριοποίηση των επιμέρους στοιχείων των απαιτούμενων εργασιών και βοηθά στην οργάνωση και τον καθορισμό του συνολικού αντικειμένου εργασιών. Η ελλιπής χαρτογράφηση των απαιτούμενων εργασιών μπορεί να οδηγήσει σε αποτυχία του έργου.

Η δομή ανάλυσης των εργασιών για τον σχεδιασμό και υλοποίηση του Πληροφοριακού Συστήματος παρατίθεται στους παρακάτω πίνακες:

Επίπεδο	Κωδικός	Όνομα
1	1	Σχεδίαση και Υλοποίηση Πληροφοριακού Συστήματος
2	1.1	Ανάλυση Σκοπιμότητας
3	1.1.1	Τεχνική
3	1.1.2	Οικονομική
3	1.1.3	Λειτουργική
3	1.1.4	Νομική
2	1.2	Ορισμός Απαιτήσεων
3	1.2.1	Λειτουργικές Απαιτήσεις
3	1.2.2	Μη Λειτουργικές Απαιτήσεις
2	1.3	Μοντέλα
3	1.3.1	Λειτουργικά Μοντέλα
3	1.3.2	Δομικά Μοντέλα
3	1.3.3	Συμπεριφορικά Μοντέλα
2	1.4	Υλοποίηση Συστήματος
3	1.4.1	Εισαγωγή Δεδομένων
3	1.4.2	Αναζήτηση και Ανάκτηση Δεδομένων
3	1.4.3	Επεξεργασία Δεδομένων
3	1.4.4	Αποθήκευση Δεδομένων
3	1.4.5	Παρουσίαση Δεδομένων
3	1.4.6	Αναφορά και Ενημέρωση
2	1.5	Υποστήριξη Πληροφοριακού Συστήματος
3	1.5.1	Εκπαίδευση χρηστών
3	1.5.2	Εκσφαλμάτωση
3	1.5.3	Αναβάθμιση και Συντήρηση Λογισμικού
3	1.5.4	Αξιολόγηση και Βελτίωση
3	1.5.5	Αναφορά και Παρακολούθηση

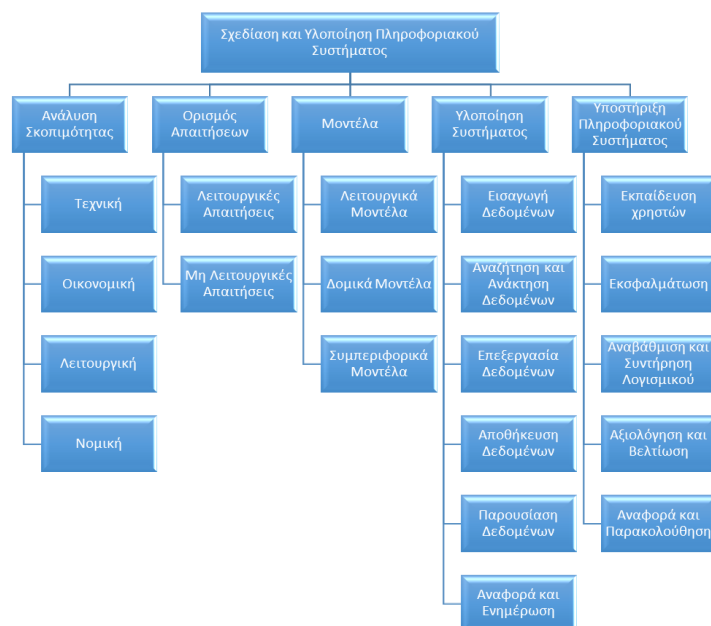
Πίνακας 3 - Δομή εργασιών

● WBS σε μορφή πίνακα

Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3
1 Σχεδίαση και Υλοποίηση Πληροφοριακού Συστήματος	1.1 Ανάλυση Σκοπιμότητας	1.1.1 Τεχνική
		1.1.2 Οικονομική
		1.1.3 Λειτουργική
		1.1.4 Νομική
	1.2 Ορισμός Απαιτήσεων	1.2.1 Λειτουργικές Απαιτήσεις
		1.2.2 Μη Λειτουργικές Απαιτήσεις
	1.3 Μοντέλα	1.3.1 Λειτουργικά Μοντέλα
		1.3.2 Δομικά Μοντέλα
		1.3.3 Συμπεριφορικά Μοντέλα
	1.4 Υλοποίηση Συστήματος	1.4.1 Εισαγωγή Δεδομένων
		1.4.2 Αναζήτηση και Ανάκτηση Δεδομένων
		1.4.3 Επεξεργασία Δεδομένων
		1.4.4 Αποθήκευση Δεδομένων
		1.4.5 Παρουσίαση Δεδομένων
		1.4.6 Αναφορά και Ενημέρωση
	1.5 Υποστήριξη Πληροφοριακού Συστήματος	1.5.1 Εκπαίδευση χρηστών
		1.5.2 Εκσφαλμάτωση
		1.5.3 Αναβάθμιση και Συντήρηση Λογισμικού
		1.5.4 Αξιολόγηση και Βελτίωση
		1.5.5 Αναφορά και Παρακολούθηση

Πίνακας 4 - Δομή εργασιών σε ανάλυση πίνακα

- WBS σε μορφή δένδρου



Πίνακας 5 - Δομή εργασιών σε διάγραμμα WBS

Ανάλυση πακέτων εργασιών σε δραστηριότητες

Η ανάλυση πακέτων εργασιών αποτυπώνεται στον ακόλουθο πίνακα, ο οποίος περιέχει: τις δραστηριότητες του έργου, αριθμημένες (π.χ. Α, Β, Γ κ.λπ.), σύντομη περιγραφή, τη διάρκειά κάθε δραστηριότητας και τις μεταξύ τους λογικές σχέσεις.

Δραστηριότητα	Σύντομη Περιγραφή	Προηγούμενη Δραστηριότητα	Διάρκεια (σε ημέρες)
A	Τεχνική Ανάλυση Σκοπιμότητας	---	5
B	Οικονομική Ανάλυση Σκοπιμότητας	---	4
C	Λειτουργική Ανάλυση Σκοπιμότητας	---	6
D	Νομική Ανάλυση Σκοπιμότητας	---	3
E	Λειτουργικές Απαιτήσεις	A, B, C, D	7
F	Μη λειτουργικές Απαιτήσεις	A, B, C, D	5
G	Λειτουργικά Μοντέλα	E	8
H	Δομικά Μοντέλα	F	6
I	Συμπεριφορικά Μοντέλα	E, F	7
J	Εισαγωγή Δεδομένων	G	5
K	Αναζήτηση και Ανάκτηση Δεδομένων	G	6
L	Επεξεργασία Δεδομένων	I	8
M	Αποθήκευση Δεδομένων	H	6
N	Παρουσίαση Δεδομένων	I	7
O	Αναφορά και Ενημέρωση	G, H, I	6
P	Εκπαίδευση χρηστών	J	4
Q	Εκκαθάριση	J, K, L, M, N	5
R	Αναβάθμιση και Συντήρηση Λογισμικού	L, O	6
S	Αξιολόγηση και Βελτίωση	K, L, N, O	7
T	Αναφορά και Παρακολούθηση	M, N, O	5

Πίνακας 6 - Δραστηριότητες

Προγραμματισμός Έργου και Διαχείριση Αβεβαιότητας

Δίκτυο έργου με τη μέθοδο AON (Activity On Node)

Ο υπολογισμός της κρίσιμης διαδρομής μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας είτε την αναπαράσταση AOA (Activity On Arrow), είτε την αναπαράσταση AON (Activity On Node). Στην παρούσα περίπτωση, θα επιλεγεί η αναπαράσταση AON, στην οποία οι δραστηριότητες του έργου αντιστοιχούν στους κόμβους του δικτύου.

Για τη διαμόρφωση του δικτύου ενός έργου, είναι απαραίτητο να προηγηθεί η ανάλυση του έργου στα επιμέρους δομικά στοιχεία από τα οποία αυτό συντίθεται. Η ανάλυση αυτή περιλαμβάνει την αναγνώριση και τη καταγραφή όλων των εργασιών που πρέπει να εκτελεστούν, την εκτίμηση του χρόνου εκτέλεσης κάθε εργασίας και τη καταγραφή των τεχνολογικών περιορισμών που υπάρχουν στη σειρά εκτέλεσής τους. Με τα στοιχεία αυτά είναι δυνατή η διαμόρφωση του κατάλληλου δικτύου, το οποίο θα απεικονίζει γραφικά το έργο και με τη βοήθεια του θα προχωρήσουμε στον χρονικό προγραμματισμό της ολοκλήρωσής του έργου.

Στην αναπαράσταση του έργου με χρήση δικτύου AON ισχύουν οι παρακάτω κανόνες:

1. Υπάρχει ένα αρχικός και ένας τελικός κόμβος.
2. Όλοι οι κόμβοι έχουν τουλάχιστον έναν επόμενο κόμβο, εκτός από τον τελικό.
3. Όλοι οι κόμβοι έχουν τουλάχιστον έναν προηγούμενο κόμβο, εκτός από τον αρχικό.
4. Κάθε ακμή θα πρέπει να συνδέει υποχρεωτικά δύο κόμβους.
5. Το δίκτυο που προκύπτει από τις δραστηριότητες του έργου και από τις σχέσεις μεταξύ τους είναι ακυκλικό.

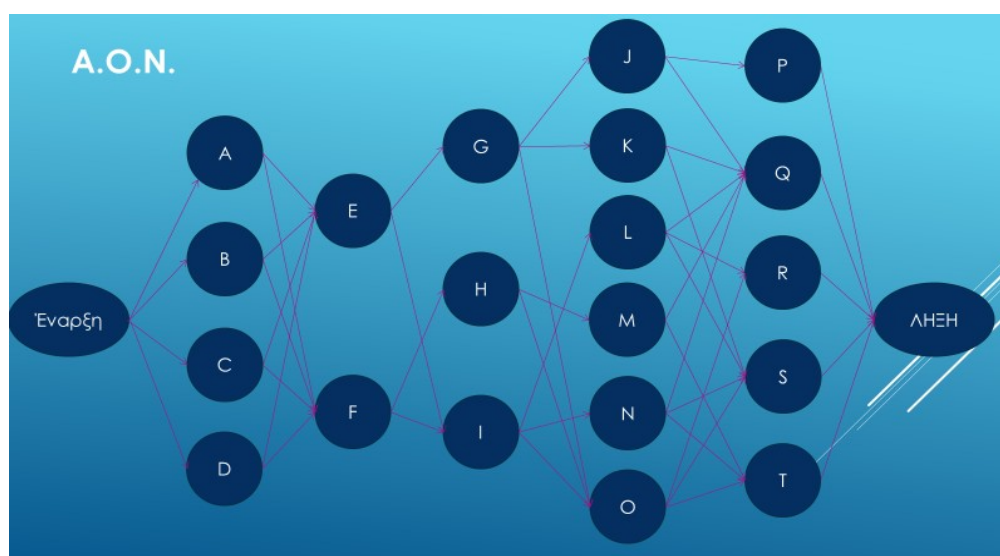
Η σωστή κατασκευή του δικτύου AON είναι σημαντική για την εκτίμηση της συνολικής διάρκειας του έργου και τη διαχείριση της κρίσιμης διαδρομής, η οποία καθορίζει τις δραστηριότητες του έργου που δεν επιδέχονται καθυστέρηση χωρίς να επηρεαστεί η ολοκλήρωση του έργου.

Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι δραστηριότητες του έργου, η σειρά εκτέλεσής τους, και η εκτιμώμενη διάρκεια κάθε δραστηριότητας. Η σειρά των δραστηριοτήτων καθορίζεται με βάση τις λογικές συνδέσεις τους.

Δραστηριότητα	Σύντομη Περιγραφή	Προηγούμενη Δραστηριότητα	Διάρκεια (σε ημέρες)
A	Τεχνική Ανάλυση Σκοπιμότητας	---	5
B	Οικονομική Ανάλυση Σκοπιμότητας	---	4
C	Λειτουργική Ανάλυση Σκοπιμότητας	---	6
D	Νομική Ανάλυση Σκοπιμότητας	---	3
E	Λειτουργικές Απαιτήσεις	A, B, C, D	7
F	Μη λειτουργικές Απαιτήσεις	A, B, C, D	5
G	Λειτουργικά Μοντέλα	E	8
H	Δομικά Μοντέλα	F	6
I	Συμπεριφορικά Μοντέλα	E, F	7
J	Εισαγωγή Δεδομένων	G	5
K	Αναζήτηση και Ανάκτηση Δεδομένων	G	6
L	Επεξεργασία Δεδομένων	I	8
M	Αποθήκευση Δεδομένων	H	6
N	Παρουσίαση Δεδομένων	I	7
O	Αναφορά και Ενημέρωση	G, H, I	6
P	Εκπαίδευση χρηστών	J	4
Q	Εκσφαλμάτωση	J, K, L, M, N	5
R	Αναβάθμιση και Συντήρηση Λογισμικού	L, O	6
S	Αξιολόγηση και Βελτίωση	K, L, N, O	7
T	Αναφορά και Παρακολούθηση	M, N, O	5

Πίνακας 7 - Δραστηριότητες

Όταν οριστούν τα παραπάνω, μπορεί να σχεδιαστεί το δίκτυο των δραστηριοτήτων με τη χρήση AON.



Εικόνα 6 - Διάγραμμα AON

Συνολική διάρκεια με την τεχνική CPM

Η μέθοδος της κρίσιμης διαδρομής (CPM: Critical Path Method) χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της συνολικής διάρκειας του έργου και τον προσδιορισμό της κρίσιμης διαδρομής. Η κρίσιμη διαδρομή καθορίζει τη συνολική διάρκεια του έργου και περιλαμβάνει δραστηριότητες που δεν μπορούν να καθυστερήσουν χωρίς να επηρεαστεί η ολοκλήρωση του έργου.

Η μέθοδος αυτή απαιτεί τον υπολογισμό βασικών εννοιών και χρόνων για κάθε δραστηριότητα. Αρχικά, χρειάζεται να ορίσουμε τις παρακάτω έννοιες:

➤ **Νωρίτερη έναρξη (EarlyStart, ES):** η νωρίτερη ημερομηνία κατά την οποία μπορεί να ξεκινήσει μια δραστηριότητα, με την προϋπόθεση ότι όλες οι προηγούμενες δραστηριότητες έχουν ολοκληρωθεί κανονικά.

➤ **Νωρίτερη λήξη (Early Finish, EF):** η νωρίτερη ημερομηνία κατά την οποία μπορεί να ολοκληρωθεί μια δραστηριότητα, με την προϋπόθεση ότι όλες οι προηγούμενες δραστηριότητες έχουν ολοκληρωθεί κανονικά.

➤ **Αργότερη έναρξη (LateStart, LS):** η αργότερη ημερομηνία κατά την οποία μπορεί να ξεκινήσει μια δραστηριότητα, έτσι ώστε το έργο να ολοκληρωθεί την προγραμματισμένη ημερομηνία.

➤ **Αργότερη λήξη (LateFinish, LF):** η αργότερη ημερομηνία κατά την οποία μπορεί να λήξει μια δραστηριότητα, έτσι ώστε το έργο να ολοκληρωθεί την προγραμματισμένη ημερομηνία.

➤ **Χρονικό περιθώριο (slack, SL):** το πλεόνασμα χρόνου που υπάρχει πριν την καθυστέρηση του έργου, δηλαδή η διαφορά μεταξύ του χρόνου που μπορεί να ξεκινήσει ή να ολοκληρωθεί μια δραστηριότητα και του χρόνου που προγραμματίζεται να ξεκινήσει ή να ολοκληρωθεί. Ο υπολογισμός του είναι: $SL = LS - ES$ ή $SL = LF - EF$

Για τον υπολογισμό της κρίσιμης διαδρομής, διατρέχουμε το δίκτυο από την αρχή του έργου προς τη λήξη του έργου (forward pass) υπολογίζοντας τους χρόνους της νωρίτερης έναρξης και της νωρίτερης λήξης. Στη συνέχεια, διατρέχουμε το δίκτυο αντίστροφα, από τις τελικές δραστηριότητες προς τις αρχικές (backward pass) και υπολογίζουμε τους χρόνους της αργότερης έναρξης και της αργότερης λήξης.

Οι δραστηριότητες που έχουν μηδενικό χρονικό περιθώριο ($Slack = 0$) ανήκουν στην κρίσιμη διαδρομή. Δεν είναι όλες οι δραστηριότητες του έργου κρίσιμες. Κρίσιμες είναι αυτές που καθορίζουν τη συνολική διάρκεια του έργου. Μια διαδρομή στο δίκτυο, οι δραστηριότητες της οποίας έχουν μηδενικό χρονικό περιθώριο, ονομάζεται κρίσιμη διαδρομή. Οι δραστηριότητες που ανήκουν στην κρίσιμη διαδρομή ονομάζονται κρίσιμες δραστηριότητες.

Στον πίνακα που ακολουθεί, βλέπουμε αναλυτικά για όλες τις δραστηριότητες, τον νωρίτερο και αργότερο χρόνο έναρξης και λήξης.

Δραστηριότητα	Προηγούμενη Δραστηριότητα	Διάρκεια (Εβδομάδα)	Νωρίτερη Έναρξη (ES)	Νωρίτερη Λήξη (EF)	Αργότερη Έναρξη (LS)	Αργότερη Λήξη (LF)	Περιθώριο		Κρίσιμες Διαδρομές
							LF-EF	LS-ES	
A	---	5	0	5	1	6	1	1	Όχι
B	---	4	0	4	2	6	2	2	Όχι
C	---	6	0	6	0	6	0	0	Ναι
D	---	3	0	3	3	6	3	3	Όχι
E	A,B,C,D	7	6	13	6	13	0	0	Ναι
F	A,B,C,D	5	6	11	8	13	2	2	Όχι
G	E	8	13	21	14	22	1	1	Όχι
H	F	6	11	17	16	22	5	5	Όχι
I	E,F	7	13	20	13	20	0	0	Ναι
J	G	5	21	26	25	31	5	4	Όχι
K	G	6	21	27	22	28	1	1	Όχι
L	I	8	20	28	20	28	0	0	Ναι
M	H	6	17	23	24	30	7	7	Όχι
N	I	7	20	27	21	28	1	1	Όχι
O	G,H,I	6	21	27	22	28	1	1	Όχι
P	J	4	26	30	31	35	5	5	Όχι
Q	J,K,L,M,N	5	28	33	30	35	2	2	Όχι
R	L,O	6	28	34	29	35	1	1	Όχι
S	K,L,N,O	7	28	35	28	35	0	0	Ναι
T	M,N,O	5	27	32	30	35	3	3	Όχι

Πίνακας 8 - Νωρίτερη / Αργότερη Έναρξη / Λήξη – Κρίσιμες Διαδρομές

Σύμφωνα με τον ορισμό, οι δραστηριότητες A,B,C και D είναι αρχικές, και για το λόγο αυτό, οι χρόνοι Έναρξης (ES) αυτών των δραστηριοτήτων είναι 0.

$$ES(A)=0, ES(B)=0, ES(C)=0 \text{ και } ES(D)=0.$$

Η διάρκεια της δραστηριότητας A είναι 6 εβδομάδες, άρα:

$$EF(A)=ES(A)+L(A)=0+5=5$$

Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζουμε τους χρόνους Έναρξης και Λήξης για τις άλλες δραστηριότητες:

$$ES(B)= 4, ES(C)= 2 \text{ και } ES(D)=3$$

Για τις δραστηριότητες που έχουν περισσότερες από μία προηγούμενες δραστηριότητες, ο υπολογισμός του ES γίνεται με το μέγιστο των EF των προηγούμενων δραστηριοτήτων:

E: Προηγούμενες δραστηριότητες: A, B, C, D.

$$ES(E)=\max \{EF(A), EF(B), EF(C), EF(D)\} = \max \{5,4,6,3\} = 6$$

Διάρκεια L(E)=7, οπότε:

$$EF(E)= ES(E) + L(E) = 6 + 7 = 13$$

F: Προηγούμενες δραστηριότητες: A, B, C,

$$ES(F)=\max \{EF(A), EF(B), EF(C), EF(D)\} = \max \{5,4,6,3\} = 6$$

Διάρκεια L(F)=5, οπότε:

$$EF(F)= ES(F) + L(F) = 6 + 5 = 11$$

G: Προηγούμενη δραστηριότητα: E.

$$ES(G)=EF(E)= 13$$

Διάρκεια L(G)=8, οπότε:

$$EF(G)=ES(G)+L(G)=13+8=21$$

H: Προηγούμενη δραστηριότητα: F.

$$ES(H)=EF(F)=11$$

Διάρκεια $L(H)=6$, οπότε:

$$EF(H)=ES(H)+L(H)=11+6=17$$

I: Προηγούμενες δραστηριότητες: E, F.

$$ES(I)=\max \{EF(E), EF(F)\} = \max \{13,11\} =13$$

Διάρκεια $L(I)=7$, οπότε:

$$EF(I)=ES(I)+L(I)=13+7=20$$

J: Προηγούμενη δραστηριότητα: G.

$$ES(J)=EF(G)=21$$

Διάρκεια $L(J)=5$, οπότε:

$$EF(J)=ES(J)+L(J)=21+5=26$$

Η λογική πίσω από την επιλογή του μεγαλύτερου χρόνου EF είναι ότι για να ξεκινήσει μια δραστηριότητα πρέπει πρώτα να ολοκληρωθούν όλες οι προηγούμενες δραστηριότητες. Η χρονική σειρά ολοκλήρωσης καθορίζει τον χρόνο έναρξης των επόμενων.

Αφού έχουμε υπολογίσει τους χρόνους ES και EF, προχωράμε στον υπολογισμό των χρόνων LS και LF με τη μέθοδο "backward pass", ξεκινώντας από τις τελικές δραστηριότητες και κινούμενοι προς τις αρχικές.

Στο παράδειγμά μας οι δραστηριότητες P,Q,R,S, και T είναι τελικές και συνεπώς

- **G:** Προηγούμενη δραστηριότητα για J.

$$LF(G)=\min(LS(J))=21$$

Διάρκεια $L(G)=8$, οπότε:

$$LS(G)=LF(G)-L(G)=21-8=13$$

- **H:** Επόμενη δραστηριότητα για I,

$$LF(H)=\min(LS(I))=15$$

Διάρκεια $L(H)=6$, άρα:

$$LS(H)=LF(H)-L(H)=15-6=9$$

- **I:** Έχει ως επόμενη δραστηριότητα το H και το G

$$LF(I)=\min(LS(G),LS(H))=\min(13,9)=9$$

Διάρκεια $L(I)=7$, άρα:

$$LS(I) = LF(I) - L(I) = 9 - 7 = 2$$

- **F: Έχει ως επόμενη δραστηριότητα το H**

$$LF(F) = \min(LS(H)) = 9$$

Διάρκεια **L(F) = 5**, άρα:

$$LS(F) = LF(F) - L(F) = 9 - 5 = 4$$

- **E: Έχει ως επόμενη δραστηριότητα το G**

$$LF(E) = \min(LS(G)) = 13$$

Διάρκεια **L(E) = 7**, άρα:

$$LS(E) = LF(E) - L(E) = 13 - 7 = 6$$

- **A, B, C, D:** Αυτές οι δραστηριότητες είναι αρχικές, και οι LF τους υπολογίζονται βάσει της ελάχιστης τιμής των LS των δραστηριοτήτων που εξαρτώνται από αυτές:

$$\circ \quad LF(A) = \min(LS(E), LS(F)) = \min(6, 4) = 4$$

$$\circ \quad LF(B) = \min(LS(E), LS(F)) = \min(6, 4) = 4$$

$$\circ \quad LF(C) = \min(LS(E), LS(F)) = \min(6, 4) = 4$$

$$\circ \quad LF(D) = \min(LS(E)) = 6$$

Στην τελευταία στήλη του παραπάνω πίνακα παρουσιάζεται το χρονικό περιθώριο (Slack) της κάθε δραστηριότητας, το οποίο υπολογίζεται από τη διαφορά μεταξύ LS και ES ή LF και EF.

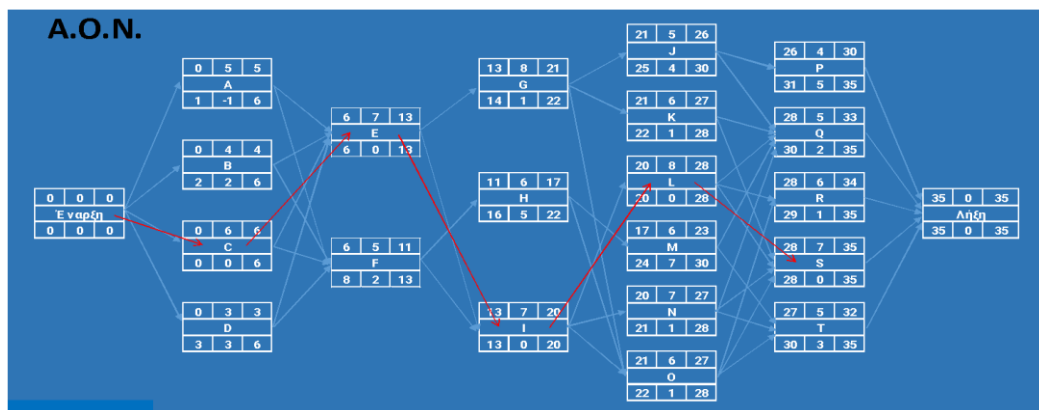
Για παράδειγμα:

$$SL(D) = LS(D) - ES(D) = 6 - 6 = 0 \text{ ή}$$

$$SL(D) = LF(D) - EF(D) = 11 - 11 = 0$$

Οι δραστηριότητες με μηδενικό χρονικό περιθώριο δεν μπορούν να καθυστερήσουν, γιατί στην περίπτωση αυτή θα καθυστερήσει όλο το έργο.

Στο έργο μας, οι δραστηριότητες με μηδενικό χρονικό περιθώριο (Slack) ανήκουν στην κρίσιμη διαδρομή: **C → E → I → L → S**.



Εικόνα 4 - Διάγραμμα AON - CPM

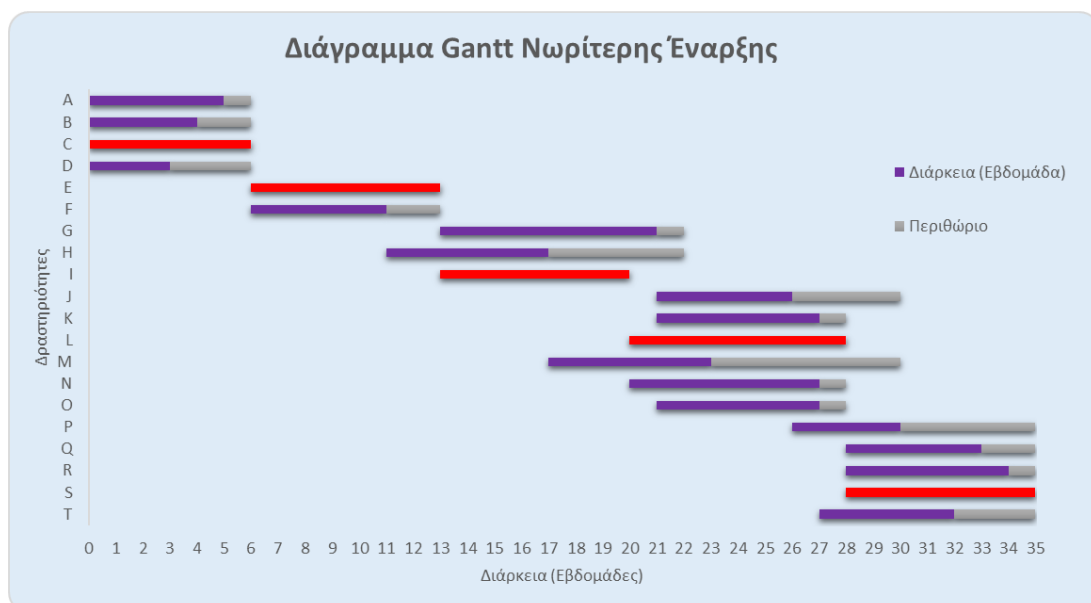
Διάγραμμα Gantt με βάση τη Νωρίτερη Έναρξη (Early Start) και Αργότερη Έναρξη (Later Start)

Έχοντας τα παραπάνω αριθμητικά αποτελέσματα, μπορούμε να παραστήσουμε, με τη βοήθεια του διαγράμματος Gantt, τον προγραμματισμό της χρονικής υλοποίησης του έργου, όταν όλες οι δραστηριότητες ξεκινήσουν στον συντομότερο χρόνο έναρξής τους.

α) Την εκτέλεση του έργου με βάση την Νωρίτερη Έναρξη (Early Start)

Οι γραμμές που αποτυπώνουν τη χρονική διάρκεια κάθε δραστηριότητας είναι τοποθετημένες με βάση τις νωρίτερες χρονικές στιγμές που επιτρέπουν την ολοκλήρωση του έργου.

- Με κόκκινο χρώμα, απεικονίζεται η κρίσιμη διαδρομή
- Με μωβ χρώμα, απεικονίζεται η διάρκεια της δραστηριότητας
- Με γκριζο χρώμα, απεικονίζει δραστηριότητες με περιθώριο χρόνου Slack > 0

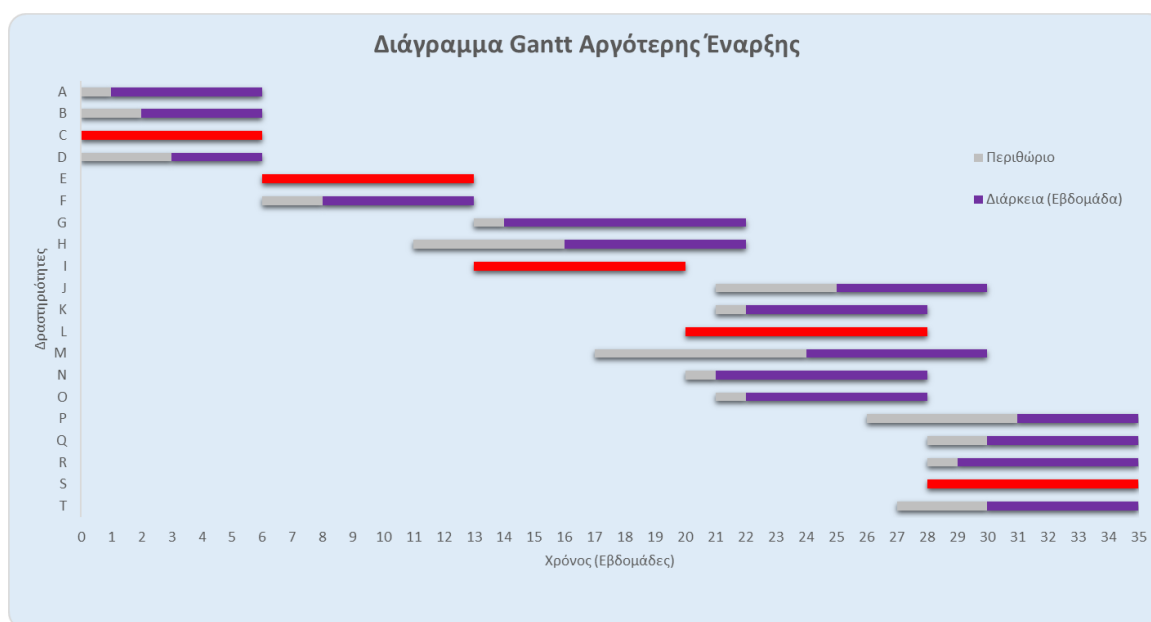


Εικόνα 5 - Διάγραμμα Gantt Νωρίτερης Έναρξης

β) Την εκτέλεση του έργου με βάση την Αργότερη Έναρξη (LS)

Το διάγραμμα **Αργότερης Έναρξης (LS)** δίνει τη δυνατότητα αναπροσαρμογής του χρονοδιαγράμματος με βάση τις νέες εκτιμήσεις ή τις αλλαγές στις δραστηριότητες. Σε περιπτώσεις αβεβαιότητας, όπου οι δραστηριότητες ενδέχεται να καθυστερήσουν, το σύστημα υπολογίζει το νέο περιθώριο καθυστέρησης για δραστηριότητες που δεν ανήκουν στην κρίσιμη διαδρομή, βοηθώντας στη διαχείριση των κινδύνων χωρίς να επηρεάζεται η ολοκλήρωση του έργου.

- Με κόκκινο χρώμα, απεικονίζεται η κρίσιμη διαδρομή
- Με μωβ χρώμα, απεικονίζεται η διάρκεια της δραστηριότητας
- Με γκριζο χρώμα, το περιθώριο που υπάρχει για να εκτελεστεί η εργασία



Εικόνα 6 - Διάγραμμα Gantt Αργότερης Έναρξης

Το διάγραμμα Νωρίτερης Έναρξης (ES) αναφέρει την πρώτη χρονική στιγμή που μπορεί να ξεκινήσει μια δραστηριότητα, εφόσον όλες οι προηγούμενες δραστηριότητες έχουν ολοκληρωθεί. Στην περίπτωση του έργου μας, το διάγραμμα μας βοηθά να υπολογίσουμε το ελάχιστο χρονικό διάστημα για την ολοκλήρωση του έργου, όπως καθορίζεται από την τελευταία δραστηριότητα του διαγράμματος. Στην περίπτωση αυτή, το συνολικό έργο μπορεί να ολοκληρωθεί σε 35 εβδομάδες.

Οι δραστηριότητες που ανήκουν στην κρίσιμη διαδρομή του έργου (με περιθώριο χρόνου ή slack ίσο με 0) είναι οι δραστηριότητες **D, E, I, L, S**. Αυτές οι δραστηριότητες πρέπει να εκτελούνται αυστηρά στο χρονοδιάγραμμα, χωρίς καθυστέρηση, προκειμένου το έργο να ολοκληρωθεί έγκαιρα. Όλες οι υπόλοιπες δραστηριότητες έχουν κάποιο περιθώριο καθυστέρησης και δεν επηρεάζουν άμεσα την ολοκλήρωση του έργου.

Το διάγραμμα ES, λοιπόν, απαντά σε ερωτήματα όπως:

- Ποιος είναι ο ελάχιστος χρόνος για την ολοκλήρωση του έργου; (Είναι 43 εβδομάδες, όπως υποδεικνύεται από την τελευταία δραστηριότητα).
- Ποιες δραστηριότητες πρέπει να ξεκινήσουν στον ακριβή χρόνο τους για να μην καθυστερήσουν το έργο; (Όλες οι δραστηριότητες στην κρίσιμη διαδρομή).

Το διάγραμμα Αργότερης Έναρξης (LS) αναφέρει την τελευταία χρονική στιγμή που μπορεί να ξεκινήσει κάθε δραστηριότητα χωρίς να καθυστερήσει την ολοκλήρωση του έργου. Σε αντίθεση με το διάγραμμα Νωρίτερης Έναρξης, το LS χρησιμοποιεί το περιθώριο καθυστέρησης που έχει κάθε δραστηριότητα.

Το διάγραμμα LS μας δείχνει τις δραστηριότητες που έχουν κάποιο περιθώριο καθυστέρησης (δηλαδή, τις δραστηριότητες που μπορούν να καθυστερήσουν χωρίς να επηρεαστεί το συνολικό χρονοδιάγραμμα του έργου). Στο έργο μας, οι δραστηριότητες **A, B, C, F, H, I, P, S** έχουν περιθώριο καθυστέρησης ($slack > 0$). Μπορούν, λοιπόν, να καθυστερήσουν έως το μέγιστο περιθώριο χωρίς να επηρεάσουν την τελική ολοκλήρωση του έργου.

Το διάγραμμα LS απαντά σε ερωτήματα όπως:

- Ποιες δραστηριότητες μπορούν να καθυστερήσουν και για πόσο; (Π.χ. η δραστηριότητα **C** μπορεί να καθυστερήσει 5 εβδομάδες, ενώ η δραστηριότητα **B** μπορεί να καθυστερήσει 3 εβδομάδες).
- Ποιο είναι το μέγιστο χρονικό περιθώριο καθυστέρησης για κάθε δραστηριότητα;
- Ποιες δραστηριότητες μπορούν να προγραμματιστούν πιο ελεύθερα, ανάλογα με τη διαθέσιμη ευελιξία; (Π.χ. δραστηριότητες που βρίσκονται εκτός της κρίσιμης διαδρομής).

Συγκριτική Ανάλυση των Διαγραμμάτων

- Το διάγραμμα **Νωρίτερης Έναρξης (ES)** είναι χρήσιμο για τον αρχικό προγραμματισμό του έργου και την εκτίμηση του ελάχιστου χρόνου ολοκλήρωσης. Βοηθά στην αναγνώριση των δραστηριοτήτων που είναι κρίσιμες για την έγκαιρη ολοκλήρωση του έργου και αυτών που δεν έχουν ευελιξία στον χρόνο.
- Το διάγραμμα **Αργότερης Έναρξης (LS)** παρέχει πληροφορίες για τις δραστηριότητες που έχουν ευχέρεια καθυστέρησης και αναδεικνύει τα περιθώρια ευελιξίας που υπάρχουν για τις μη κρίσιμες δραστηριότητες. Βοηθά στην καλύτερη κατανομή πόρων και στην πιο αποδοτική διαχείριση του έργου.

Η συνδυασμένη χρήση αυτών των διαγραμμάτων επιτρέπει τη βελτιστοποίηση του χρονοδιαγράμματος και την εξασφάλιση της ολοκλήρωσης του έργου στον προβλεπόμενο χρόνο, παρά τις οποιεσδήποτε καθυστερήσεις σε μη κρίσιμες δραστηριότητες.

Χρονική αβεβαιότητα

Μέθοδος PERT – Τεχνική Αξιολόγησης και Αναθεώρησης Προγράμματος

Η μέθοδος PERT στηρίζεται στην υπόθεση ότι ο χρόνος ολοκλήρωσης κάθε δράσης του έργου είναι στοχαστική μεταβλητή που ακολουθεί την κατανομή Beta. Αντί μιας σταθερής τιμής για τη διάρκεια αυτού του χρόνου δίνονται τρεις εκτιμήσεις για αυτή την τιμή:

- **Ελάχιστη ή αισιόδοξη εκτίμηση a (optimistic)**, που αντιστοιχεί στην πιο αισιόδοξη εκτίμηση της διάρκειας της δράσης, που θα προκύψει υπό τις ευνοϊκότερες συνθήκες εκτέλεσής της.
- **Συντηρητική ή πλέον πιθανή εκτίμηση m (most likely)**, που είναι η τιμή που θα προέκυπτε συχνότερα, αν η δράση επαναλαμβανόταν πολλές φορές, ή που αποτελούσε την εκτίμηση της διάρκειας, αν επρόκειτο να γίνει μια μοναδική τέτοια εκτίμηση.
- **Μέγιστη ή απαισιόδοξη εκτίμηση b (pessimistic)**, που θα προκύψει κάτω από τις δυσμενέστερες συνθήκες.

Από αυτές τις τρεις εκτιμήσεις, υπολογίζεται η προσδοκώμενη τιμή (d) από τη σχέση:

$$\hat{d} = \frac{1}{3} \left[2m + \frac{1}{2}(a + b) \right] = \frac{a + 4m + b}{6} \quad (1.1)$$

Για τον υπολογισμό της τυπικής απόκλισης, υποθέτουμε ότι το εύρος τιμών μεταξύ του αισιόδοξου και του απαισιόδοξου χρόνου ισούται με έξι τυπικές αποκλίσεις, με αποτέλεσμα η τυπική απόκλιση να προκύπτει από τη σχέση:

$$\hat{s} = \frac{b-a}{6} \quad (1.2)$$

Οι διαδικασίες A,B,C και D αφορούν την Ανάλυση Σκοπιμότητας της επιχείρησης και συγκεκριμένα την Τεχνική, Οικονομική, Λειτουργική και Νομική Σκοπιμότητα. Πρόκειται για μια διαδικασία που αξιολογεί το πόσο κατάλληλο και βιώσιμο είναι το εγχείρημα της δημιουργία ενός πληροφοριακού συστήματος για τις ανάγκες της επιχείρησης.

Η διαδικασία E και F αφορούν τις λειτουργικές και μη λειτουργικές απαιτήσεις του συστήματος.

Οι διαδικασίες G,H, I που αφορούν την κατασκευή των μοντέλων, εξαρτώνται από το πόσο πολύπλοκες είναι οι απαιτήσεις του συστήματος.

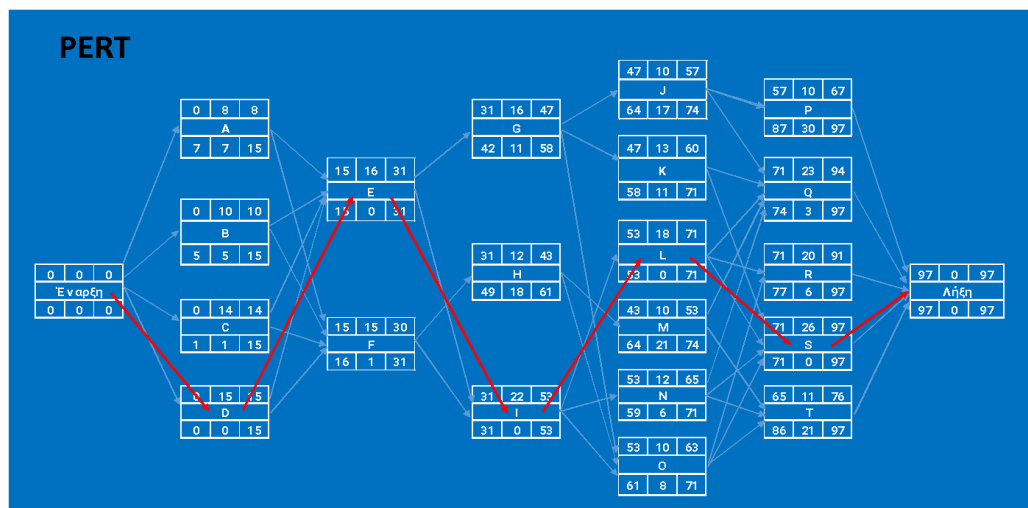
Οι διαδικασίες J,K,L,M,N,O που αφορούν την υλοποίηση του συστήματος. Εξαρτώνται από τις ικανότητες των προγραμματιστών, την δυσκολία του συστήματος αλλά το πόσο σωστή δουλειά έχει γίνει κατά τα προηγούμενα στάδια.

Τέλος, οι διαδικασίες P,Q,R,S και T αφορούν την υποστήριξη του πληροφοριακού συστήματος, όπως η εκπαίδευση των χρηστών του συστήματος, η εκσφαλμάτωση του προγράμματος, κ.α..

Συνεπώς, όλες οι διαδικασίες A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L,M,N,O,P,Q,R,S και T υπόκεινται σε χρονική αβεβαιότητα, όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα, σύμφωνα με την μέθοδο PERT.

Σύντομη Περιγραφή	Δραστηριότητα	Προηγούμενη Δραστηριότητα	Αιτιόδοξος χρόνος, a	Πιθανότατος χρόνος, m	Απαιτιόδοξος χρόνος, b	Προσδοκώμενη τιμή, d (a+4*m+b)/6	Τυπική απόκλιση, s ((b-a)/6)	Τετράγωνο τυπικής απόκλισης, s*2
Τεχνική Ανάλυση Σκοπιμότητας	A	---	4	8	16	8,67	2,00	
Οικονομική Ανάλυση Σκοπιμότητας	B	---	5	10	18	10,50	2,17	
Λειτουργική Ανάλυση Σκοπιμότητας	C	---	7	14	16	13,17	1,50	
Νομική Ανάλυση Σκοπιμότητας	D	---	10	15	25	15,83	2,50	6,25
Λειτουργικές Απαιτήσεις	E	A,B,C,D	8	16	25	16,17	2,83	8,03
Μη λειτουργικές Απαιτήσεις	F	A,B,C,D	10	15	25	15,83	2,50	
Λειτουργικά Μοντέλα	G	E	11	16	22	16,17	1,83	
Δομικά Μοντέλα	H	F	6	12	24	13,00	3,00	
Συμπεριφορικά Μοντέλα	I	E,F	10	22	30	21,33	3,33	11,11
Εισαγωγή Δεδομένων	J	G	5	10	25	11,67	3,33	
Αναζήτηση και Ανάκτηση Δεδομένων	K	G	6	13	27	14,17	3,50	
Επεξεργασία Δεδομένων	L	I	7	18	34	18,83	4,50	20,25
Αποθήκευση Δεδομένων	M	H	5	10	24	11,50	3,17	
Παρουσίαση Δεδομένων	N	N	6	12	24	13,00	3,00	
Αναφορά και Ενημέρωση	O	G,H,I	5	10	26	11,83	3,50	
Εκπαίδευση χρηστών	P	J	4	10	18	10,33	2,33	
Εκσφαλμάτωση	Q	J,K,L,M,N	12	23	35	23,17	3,83	
Αναβάθμιση και Συντήρηση Λογισμικού	R	L,O	15	20	28	20,50	2,17	
Αξιολόγηση και Βελτίωση	S	K,L,N,O	14	26	27	24,17	2,17	4,69
Αναφορά και Παρακολούθηση	T	M,N,O	5	11	18	11,17	2,17	
50,33								

Πίνακας 9 - Χρονική αβεβαιότητα



Εικόνα 7 - Μέθοδος Pert

Η κρίσιμη διαδρομή είναι D,E,I,L,S. Επομένως, η συνολική διάρκεια του έργου αποτελείται:

- Αναμενόμενη διάρκεια του έργου θα είναι:

$$T = dD + dE + dI + dL + dS = 96,3 \text{ εβδομάδες με}$$

- Τυπική απόκλιση

$$\sigma = \sqrt{\sigma_D^2 + \sigma_E^2 + \sigma_I^2 + \sigma_L^2 + \sigma_S^2} = 7,09$$

Από τα παραπάνω, συμπεραίνουμε ότι η συνολική διάρκεια του έργου είναι 96,33 εβδομάδες, η οποία έχει μια πιθανή απόκλιση $\pm 7,09$ λόγω αβεβαιότητας στις διάρκειες των δραστηριοτήτων.

- Πιθανότητα

$$\text{Ας υποθέσουμε ότι ο χρονικός στόχος } T \text{ είναι } 100 \text{ εβδομάδες: } Z = \frac{T - \tau}{\sigma} = \frac{100 - 96,3}{7,09} \approx$$

0,52 Τότε:

Η Κανονική Κατανομή Z είναι περίπου 0,52 τυπικές αποκλίσεις.

Από τον Πίνακα της Κανονικής Κατανομής, το $Z=0,52$ αντιστοιχεί σε 69,75% πιθανότητα ολοκλήρωσης εντός 100 εβδομάδων.

Στο Excel, η πιθανότητα υπολογίζεται με τη συνάρτηση NORM.S.DIST:

$$\text{Πιθανότητα} = \text{NORM.S.DIST}(0,52; \text{TRUE}) \approx 0,698$$

Προσομοίωση Μόντε Κάρλο

Η μέθοδος Προσομοίωσης **Μόντε Κάρλο (Monte Carlo Simulation)** χρησιμοποιείται για τη **προσομοίωση της αβεβαιότητας** και την **εκτίμηση της πιθανότητας ολοκλήρωσης του έργου** εντός ενός συγκεκριμένου χρονικού πλαισίου. Χρησιμοποιώντας τις εκτιμήσεις των δραστηριοτήτων, πραγματοποιούνται 500 επαναλήψεις για την προσομοίωση της διάρκειας του έργου. Κάθε επανάληψη υπολογίζει μια διαφορετική διάρκεια ολοκλήρωσης, λαμβάνοντας υπόψη τις πιθανές διακυμάνσεις στον χρόνο κάθε δραστηριότητας.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης Monte Carlo προσφέρουν κατευθυντήριες γραμμές για την κατανομή πόρων και την παρακολούθηση των κινδύνων. Προτείνεται η εστίαση στις δραστηριότητες με τη μεγαλύτερη συμβολή στην αβεβαιότητα και η εφαρμογή επιπρόσθετων μέτρων μετριασμού κινδύνου, όπως βελτιωμένη παρακολούθηση και αναπροσαρμογή του χρονοδιαγράμματος όπου απαιτείται.

Σχεδιασμός και ανάπτυξη της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο

Ορίζουμε τις τυχαίες μεταβλητές του συστήματος και τις αντίστοιχες κατανομές πιθανοτήτων για καθεμία από αυτές.

Στη συνέχεια ορίζουμε τις μεταβλητές εξόδου του συστήματος, δηλαδή τις μεταβλητές που καθορίζουν την απόδοση ή τη συμπεριφορά του συστήματος και περιγράφουν μεγέθη που ενδιαφέρουν τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων.

Αναπτύσσουμε το μοντέλο της προσομοίωσης και ορίζουμε τις μεταβλητές ελέγχου ή αποφάσεων, δηλαδή τις μεταβλητές που ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων θέλει να εξετάσει την απόδοση ή τη συμπεριφορά του συστήματος.

Διεξάγονται πειράματα προσομοίωσης με τη χρήση μεθόδων Μόντε Κάρλο για τον προσδιορισμό τυχαίων τιμών για τις τυχαίες μεταβλητές.

Τέλος, αναλύονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης και συγκρίνονται οι εναλλακτικές λύσεις.

Προσομοίωση του έργου στο MS-Excel

Η διαδικασία της προσομοίωσης της εκτέλεσης το έργου έχει την εξής διαδικασία:

Μεταβλητές εισόδου: Οι στοχαστικές μεταβλητές του συστήματος είναι οι χρόνοι διάρκειας κάθε δραστηριότητας του έργου που ακολουθούν κατανομή Beta με τις παραμέτρους και οι τιμές τους προσομοιώνονται από τη συνάρτηση του excel BETA.INV().

Δραστηριότητες		Προαπαιτούμενες	Αισιόδοξη (Α)	Μέση (Μ)	Απαισιόδοξη (Β)	Παράμετροι α & β		Αναμενόμενη τιμή d	Διάρκεια (Εβδομάδα)
						Beta Κατανομή α	β		
A	Τεχνική Ανάλυση Σκοπιμότητας	---	4	8	16	3	5	9	7
B	Οικονομική Ανάλυση Σκοπιμότητας	---	5	10	18	3	4	11	10
C	Λειτουργική Ανάλυση Σκοπιμότητας	---	7	14	16	5	2	13	11
D	Νομική Ανάλυση Σκοπιμότητας	---	10	15	25	3	5	16	13
E	Λειτουργικές Απαιτήσεις	A,B,C,D	8	16	25	4	4	16	16
F	Μη λειτουργικές Απαιτήσεις	A,B,C,D	10	15	25	3	5	16	16
G	Λειτουργικά Μοντέλα	E	11	16	22	4	4	16	18
H	Δομικά Μοντέλα	F	6	12	24	3	5	13	13
I	Συμπεριφορικά Μοντέλα	E,F	10	22	30	4	3	21	28
J	Εισαγωγή Δεδομένων	G	5	10	25	2	5	12	7
K	Αναζήτηση και Ανάκτηση Δεδομένων	G	6	13	27	3	5	14	12
L	Επεξεργασία Δεδομένων	I	7	18	34	3	4	19	21
M	Αυτοθήκευση Δεδομένων	H	5	10	24	2	5	12	14
N	Παρουσίαση Δεδομένων	I	6	12	24	3	5	13	8
O	Αναφορά και Ενημέρωση	G,H,I	5	10	26	2	5	12	6
P	Εκπαίδευση χρηστών	J	4	10	18	4	4	10	9
Q	Εκφορμάτωση	J,K,L,M,N	12	23	35	4	4	23	23
R	Αναβάθμιση και συντήρηση λογισμικού	L,O	15	20	28	3	4	21	22
S	Αξιολόγηση και Βελτίωση	K,L,N,O	14	26	27	4	1	24	25
T	Αναφορά και Παρακολούθηση	M,N,O	5	11	18	4	4	11	12

Μεταβλητές εξόδου: Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για τα οποία θα συλλεχθούν στατιστικά στοιχεία αφορούν τη διάρκεια του έργου και τις κρίσιμες δραστηριότητες.

Αρτηριογραφία		Προσπονητής	Ανταθλητής (Α)	Μέση (Μ)	Ανταθλητής (Β)	Προσπονητής Α & Β Μέση (Α+Β)/2	Αρτηριογραφία πρώτη δ	Διάρκεια (Σφάλματα)	Νευρίτιση Τυφλής (Σ)	Νευρίτιση Αότης (Ε)	Αρτηρία Τυφλής (Σ)	Αρτηρία Αότης (Ε)	Παράρτημα	Κρίσιμος Διαφορικός	
Α	Β	Α	Β	Α	Β	Α	Β	Α	Β	Α	Β	Α	Β	Α	Β
4	A	Τυφλική Ανάλυση Στοιβαγμάτων	---	4	8	16	2,0	4,6	9-BETAIN-VBAND0125440-6F-6	0	---	4F-4,4	4M-N3M5S12M5S	4F-4,4	4F-0402-0,0
5	B	Οπισθογενής Ανάλυση Στοιβαγμάτων	---	9	10	18	3,0	4,0	11-BETAIN-VBAND0130350-6F-6	0	4M-4,0	4M-N3	4F-0903-0,0	4F-0903-0,0	
6	C	Ακτινογενής Ανάλυση Στοιβαγμάτων	---	7	14	16	4,6	2,1	13-BETAIN-VBAND0135060-6F-6	0	4M-6,0	4M-N3M5S12M5S	4F-6,6	4F-0606-0,0	
7	D	Μεταγενής Ανάλυση Στοιβαγμάτων	---	10	18	25	2,6	4,0	16-BETAIN-VBAND0137200-2F-7	0	4F-7,7	4M-N3M5S12M5S	4F-7,7	4F-07-0,0	
8	E	Ακτινογενής Ακτινογένεση	A,B,C,D	6	16	20	3,0	4,1	18-BETAIN-VBAND0138080-6F-6	4M-X1 (431,60,7)	4M-6,0	4M-N10	4F-0808-0,0	4F-0808-0,0	
9	F	M Μεταγενής Ακτινογένεση	A,B,C,D	10	15	25	2,0	4,6	16-BETAIN-VBAND0138080-6F-6	4M-X1 (431,60,7)	4M-9,0	4M-N3113M12	4F-9,0	4F-0909-0,0	
10	G	Ακτινογενής Μονοκύτταρο	E	13	16	22	3,7	3,4	16-BETAIN-VBAND0138100-10F-10	4,8	4M-10,0	4M-N3113M14M10	4F-10,0	4F-10-0,0	
11	H	Ακτινογενής Μονοκύτταρο	E	15	24	12	4,0	4,0	16-BETAIN-VBAND0138100-10F-10	4,8	4M-11,0	4M-N3113M14	4F-11,0	4F-11-0,0	
12	I	Στοιβαγμάτων Μονοκύτταρο	E,F	10	22	30	4,4	3,4	21-BETAIN-VBAND0138100-10F-10	4,8	4M-12,0	4M-N3M13M17M10	4F-12,0	4F-12-0,0	
13	J	Επισπονητική Διεύθυνση	G	5	10	25	2,6	4,7	12-BETAIN-VBAND0138180-18F-18	4,0	4M-13,0	4M-N18M20	4F-13,0	4F-03-0,0	
14	K	Ακτινογενής Ανάλυση Στοιβαγμάτων	G	6	13	27	2,6	4,6	16-BETAIN-VBAND0138180-18F-18	4,0	4M-14,0	4M-N18M22M20	4F-14,0	4F-04-0,0	
15	L	Ακτινογενής Ανάλυση Στοιβαγμάτων	G	14	19	34	3,4	4,4	16-BETAIN-VBAND0138180-18F-18	4,0	4M-15,0	4M-N18M22M20	4F-15,0	4F-05-0,0	
16	M	Ακτινογενής Ανάλυση Στοιβαγμάτων	H	9	10	24	2,4	4,7	12-BETAIN-VBAND0138180-18F-18	4,0	4M-16,0	4M-N18M22M20	4F-16,0	4F-06-0,0	
17	N	Παρενχυσιακή Διεύθυνση	I	6	12	24	2,0	4,6	13-BETAIN-VBAND0137200-2F-7	10,1	4M-17,0	4M-N24M22M20	4F-17,0	4F-07-0,0	
18	O	Ακτινογενής Ανάλυση Στοιβαγμάτων	G,M,N	10	26	24	2,4	4,7	12-BETAIN-VBAND0138180-18F-18	4M-N11133112	4M-18,0	4M-N2116M22M20	4F-18,0	4F-08-0,0	
19	P	Ακτινογενής Ανάλυση Στοιβαγμάτων	G,M,N	12	26	24	4,0	4,3	12-BETAIN-VBAND0138180-18F-18	4M-N11133112	4M-19,0	4M-N216M22M20	4F-19,0	4F-09-0,0	
20	Q	Ακτινογενής Ανάλυση Στοιβαγμάτων	J,K,L,M,N	12	23	36	3,6	5,1	28-BETAIN-VBAND012200-20F-20	2M-N11811611516117	4M-20,0	4M-N20	4F-20-0,0	4F-20-0,0	
21	B	Ακτινογενής Ανάλυση Στοιβαγμάτων	K,L,O	10	20	38	3,8	4,0	12-BETAIN-VBAND0138180-18F-18	4M-N118116	4M-21,0	4M-N21	4F-21-0,0	4F-21-0,0	
22	A	Ακτινογενής Ανάλυση Στοιβαγμάτων	K,L,N,O	14	26	27	4,0	5,1	28-BETAIN-VBAND012200-20F-20	2M-N11811611718	4M-22,0	4M-N22	4F-22-0,0	4F-22-0,0	
23	T	Ακτινογενής Ανάλυση Στοιβαγμάτων	M,N,O	9	11	18	1,8	4,2	11-BETAIN-VBAND0138180-18F-18	4M-N118117	4M-23,0	4M-N23	4F-23-0,0	4F-23-0,0	
24															
Διάρκεια του Τυφλού									4M-X1 (42,23)						

Παρατηρούμε τους τύπους δημιουργίας τυχαίων τιμών της Beta κατανομής για τη διάρκεια των δραστηριοτήτων, τους υπολογισμούς των νωρίτερων και αργότερων χρόνων έναρξης και λήξης κάθε δραστηριότητας και τον υπολογισμό του περιθωρίου καθυστέρησης. Τα αποτελέσματα (μεταβλητές εξόδου) είναι οι δείκτες των κρίσιμων διαδρομών, 1 για κρίσιμες/ 0 για μη κρίσιμες, και ο συνολικός χρόνος διάρκειας του έργου.

	Δραστηριότητες	Προαπαιτούμενες	Αισιόδοξη (Α)	Μέση (Μ)	Απαισιόδοξη (Β)	Παράμετροι α & β Βεβαιωτική		Αναμενόμενη τιμή d	Διάρκεια (Εβδομάδα)	Νωρίτερη Έναρξη (ΕS)	Νωρίτερη Λήξη (ΕF)	Αργότερη Έναρξη (LS)	Αργότερη Λήξη (LF)	Περίθωριο	Κρίσιμες Διαδρομές
						α	β								
A	Τεχνική Ανάλυση Σκοπιμότητας	---	4	8	16	3	5	9	7	0	7	13	7	0	
B	Οικονομική Ανάλυση Σκοπιμότητας	---	5	10	18	3	4	11	10	0	10	3	13	3	0
C	Λειτουργική Ανάλυση Σκοπιμότητας	---	7	14	16	5	2	13	11	0	11	2	13	2	0
D	Νομική Ανάλυση Σκοπιμότητας	---	10	15	25	3	5	16	13	0	13	0	13	0	1
E	Λειτουργικές Απαιτήσεις	A,B,C,D	8	16	25	4	4	16	16	13	30	31	47	17	0
F	Μη λειτουργικές Απαιτήσεις	A,B,C,D	10	15	25	3	5	16	16	13	29	13	29	0	1
G	Λειτουργικά Μοντέλα	E	11	16	22	4	4	16	18	30	48	47	65	17	0
H	Δομικά Μοντέλα	F	6	12	24	3	5	13	13	29	42	51	64	22	0
I	Συμπεριφορικά Μοντέλα	E,F	10	22	30	4	3	21	28	29	57	29	57	0	1
J	Εισαγωγή Δεδομένων	G	5	10	25	2	5	12	7	48	55	71	78	23	0
K	Αναζήτηση και Ανάκτηση Δεδομένων	G	6	13	27	3	5	14	12	48	60	65	77	17	0
L	Επεξεργασία Δεδομένων	I	7	18	34	3	4	19	21	57	77	57	77	0	1
M	Αποθήκευση Δεδομένων	H	5	10	24	2	5	12	14	42	56	64	78	22	0
N	Παρουσίαση Δεδομένων	I	6	12	24	3	5	13	8	57	64	69	77	13	0
O	Αναφορά και Ενγύμνωση	G,H,I	5	10	26	2	5	12	6	57	63	71	77	14	0
P	Εκπαίδευση χρηστών	J	4	10	18	4	4	10	9	55	64	92	102	37	0
Q	Εκπαίδευση	J,K,L,M,N	12	23	35	4	4	23	23	77	101	78	102	1	0
R	Αναβάθμιση και Συντήρηση λογισμικού	L,O	15	20	28	3	4	21	22	77	99	80	102	3	0
S	Αξιολόγηση και Βελτίωση	K,L,N,O	14	26	27	4	1	24	25	77	102	77	102	0	1
T	Αναφορά και Παρακολούθηση	M,N,O	5	11	18	4	4	11	12	64	76	90	102	25	0
									0	102	102	102	0		
									Διάρκεια Έργου		102				

Σχήμα 7 - Αριθμητικά αποτελέσματα προσομοίωσης έργου στο Excel

Με κάθε επανυπολογισμό του φύλλου εργασίας (πλήκτρο F9) ή νέας καταχώρησης τιμών, οι τιμές των τυχαίων μεταβλητών της διάρκειας των δραστηριοτήτων αλλάζουν, με αποτέλεσμα τον υπολογισμό νέας διάρκειας του έργου και νέας κρίσιμης διαδρομής.

Επανάληψεις – Δημιουργία αποτελεσμάτων προσομοίωσης

Το μοντέλο προσομοίωσης του Σχήματος 6 παράγει τυχαίες τιμές της διάρκειας του έργου και των κρίσιμων δραστηριοτήτων. Αυτό που μας ενδιαφέρει στη μέθοδο της προσομοίωσης είναι η επανάληψη της εκτέλεσης των πράξεων του μοντέλου αρκετές φορές και η συγκέντρωση των αποτελεσμάτων κάθε επανάληψης.

Η διαδικασία των επαναλήψεων της προσομοίωσης στο Excel και της συγκέντρωσης των αποτελεσμάτων γίνεται ως εξής:

Δημιουργία πίνακα δεδομένων:

- 1) Η πρώτη στήλη του πίνακα περιέχει τον αύξοντα αριθμό της επανάληψης, από το 1 έως το 500 (στήλη A18:A517)
- 2) Η πρώτη σειρά του πίνακα (B17:J17) περιέχει τους τύπους που αναφέρονται στα κελιά με τις μεταβλητές εξόδου.

	Δραστηριότητες	Προαπαιτούμενες	Αισιόδοξη (A)	Μέση (M)	Απαισιόδοξη (B)	Παράμετροι α & β Beta Κατανομή		Αναμενόμενη τιμή d	Διάρκεια α (Εβδομάδα)	Νωρίτερη Έναρξη (ES)	Νωρίτερη Λήξη (EF)	Αργότερη Έναρξη (LS)	Αργότερη Λήξη (LF)	Περιθώριο	Κρίσιμες Διαδρομές
A	Τεχνική Ανάλυση Σκοπιμότητας	---	4	8	16	3	5	9	7	0	7	13	7	0	
B	Οικονομική Ανάλυση Σκοπιμότητας	---	5	10	18	3	4	11	10	0	10	13	3	0	
C	Λειτουργική Ανάλυση Σκοπιμότητας	---	7	14	16	5	2	13	11	0	11	2	13	2	0
D	Νομική Ανάλυση Σκοπιμότητας	---	10	15	25	3	5	16	13	0	13	0	13	0	1
E	Λειτουργικές Απαιτήσεις	A,B,C,D	8	16	25	4	4	16	16	13	30	31	47	17	0
F	Μη λειτουργικές Απαιτήσεις	A,B,C,D	10	15	25	3	5	16	16	13	29	13	29	0	1
G	Λειτουργικά Μοντέλα	E	11	16	22	4	4	16	18	30	48	47	65	17	0
H	Δομικά Μοντέλα	F	6	12	24	3	5	13	13	29	42	51	64	22	0
I	Συμπεριφορικά Μοντέλα	E,F	10	22	30	4	3	21	28	29	57	29	57	0	1
J	Εισαγωγή Δεδομένων	G	5	10	25	2	5	12	7	48	55	71	78	23	0
K	Αναζήτηση και Ανάκτηση δεδομένων	G	6	13	27	3	5	14	12	48	60	65	77	17	0
L	Επεξεργασία Δεδομένων	I	7	18	34	3	4	19	21	57	77	57	77	0	1
M	Αποθήκευση Δεδομένων	H	5	10	24	2	5	12	14	42	56	64	78	22	0
N	Παρουσίαση Δεδομένων	I	6	12	24	3	5	13	8	57	64	69	77	13	0
O	Αναφορά και Ενγύμνωση	G,H,I	5	10	26	2	5	12	6	57	63	71	77	14	0
P	Εκπαίδευση χρηστών	J	4	10	18	4	4	10	9	55	64	92	102	37	0
Q	Εκπαίδευση	J,K,L,M,N	12	23	35	4	4	23	23	77	101	78	102	1	0
R	Αναβάθμιση και Συντήρηση λογισμικού	L,O	15	20	28	3	4	21	22	77	99	80	102	3	0
S	Αξιολόγηση και Βελτίωση	K,L,N,O	14	26	27	4	1	24	25	77	102	77	102	0	1
T	Αναφορά και Παρακολούθηση	M,N,O	5	11	18	4	4	11	12	64	76	90	102	25	0
										0	102	102	102	0	
									Διάρκεια Έργου			102			

ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΡΓΟΥ	ΚΡΙΣΙΜΟΤΗΤΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ																			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
102	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0

Σχήμα 8 - Διαδικασία επαναλήψεων προσομοίωσης

Επαναλήψεις προσομοίωσης

Η εκτέλεση των επαναλήψεων και η καταχώρηση των αποτελεσμάτων, γίνεται με τα εξής βήματα:

- 1) Επιλογή της περιοχής του πίνακα, συμπεριλαμβανομένων της πρώτης σειράς και στήλης (A12:A512)
- 2) Επιλογή από το βασικό μενού της καρτέλας «Δεδομένα»
- 3) Από τη καρτέλα δεδομένα, επιλογή εργασιών «Ανάλυση Πιθανοτήτων» και στη συνέχεια
- 4) Επιλογή της εντολής «Πίνακας Δεδομένων»
- 5) Στις επιλογές του πίνακα συμπληρώνουμε στη θέση Κελί εισαγωγής στήλης ένα οποιοδήποτε κελί. Η διαδικασία αυτή οδηγεί σε 500 επαναλήψεις της προσομοίωσης και της καταγραφής των αποτελεσμάτων.

Ανάλυση αποτελεσμάτων προσομοίωσης

Από τον συγκεντρωτικό πίνακα των 500 επαναλήψεων στις προσομοίωσης μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα σε ότι αφορά τον μέσο χρόνο διάρκειας του έργου και την τυπική απόκλιση, όπως και την πιθανότητα μια δραστηριότητα του έργου να είναι κρίσιμη.

Δραστηριότητες	Προαπαιτούμενες	Αισιόδοξη (A)	Μέση (M)	Απαισιόδοξη (B)	Παράμετροι α & β Beta Κατανομής	Αναμενόμενη τιμή d	Διάρκεια (Εβδομάδα)	Νωρίτερη Έναρξη (ES)	Νωρίτερη Λήξη (EF)	Αργότερη Έναρξη (LS)	Αργότερη Λήξη (LF)	Περιθώριο	Κρίσιμες Διαδρομές
A Τεχνική Ανάλυση Σκοπιμότητας	---	4	8	16	3 5	9	7	0	7	7	13	7	0
B Οικονομική Ανάλυση Σκοπιμότητας	---	5	10	18	3 4	11	10	0	10	3	13	3	0
C Λειτουργική Ανάλυση Σκοπιμότητας	---	7	14	16	5 2	13	11	0	11	2	13	2	0
D Νομική Ανάλυση Σκοπιμότητας	---	10	15	25	3 5	16	13	0	13	0	13	0	1
E Λειτουργικές Απαιτήσεις	A,B,C,D	8	16	25	4 4	16	16	13	30	31	47	17	0
F Μη Λειτουργικές Απαιτήσεις	A,B,C,D	10	15	25	3 5	16	16	13	29	33	29	0	1
G Λειτουργικά Μοντέλα	E	11	16	22	4 4	16	18	30	48	47	65	17	0
H Δομικά Μοντέλα	F	6	12	24	3 5	13	13	29	42	51	64	22	0
I Συμπεριφορικά Μοντέλα	E,F	10	22	30	4 3	21	28	29	57	29	57	0	1
J Εισαγωγή δεδομένων	G	5	10	25	2 5	12	7	48	55	71	78	23	0
K Αναζήτηση και Ανάκτηση δεδομένων	G	6	13	27	3 5	14	12	48	60	65	77	17	0
L Επεξεργασία δεδομένων	I	7	18	34	3 4	19	21	57	77	57	77	0	1
M Αποθήκευση δεδομένων	H	5	10	24	2 5	12	14	42	56	64	78	22	0
N Παρουσίαση δεδομένων	I	6	12	24	3 5	13	8	57	64	69	77	13	0
O Αναφορά και Ενθάρμυνση	G,H,I	5	10	26	2 5	12	6	57	63	71	77	14	0
P Εκπαίδευση χρηστών	J	4	10	18	4 4	10	9	55	64	92	102	37	0
Q Ενοφθαλμική	J,K,L,M,N	12	23	35	4 4	23	23	77	101	78	102	1	0
R Αναβάθμιση και Συντήρηση Λογισμικού	L,O	15	20	28	3 4	21	22	77	99	80	102	3	0
S Διεξαγωγή και Βελτίωση	K,L,N,O	14	26	27	4 1	24	25	77	102	77	102	0	1
T Αναφορά και Παρακολούθηση	M,N,O	5	11	18	4 4	11	12	64	76	90	102	25	0
							0	102	102	102	102	0	
							Διάρκεια Έργου		102				

ΚΡΙΣΙΜΟΤΗΤΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ																			
Διάρκεια Έργου	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
102	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
97	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
93	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
102	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
498	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
499	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
99	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
100	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0

Πιθανότητα Κρίσιμης Δραστηριότητας																			
Μέση Τιμή / Τυπ. Απόκλιση	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
98	2	21	85	377	56	444	56	-	444	9	38	361	-	53	39	-	191	38	271
6	0%	4%	17%	75%	11%	89%	11%	0%	89%	2%	8%	72%	0%	11%	8%	0%	38%	8%	54%

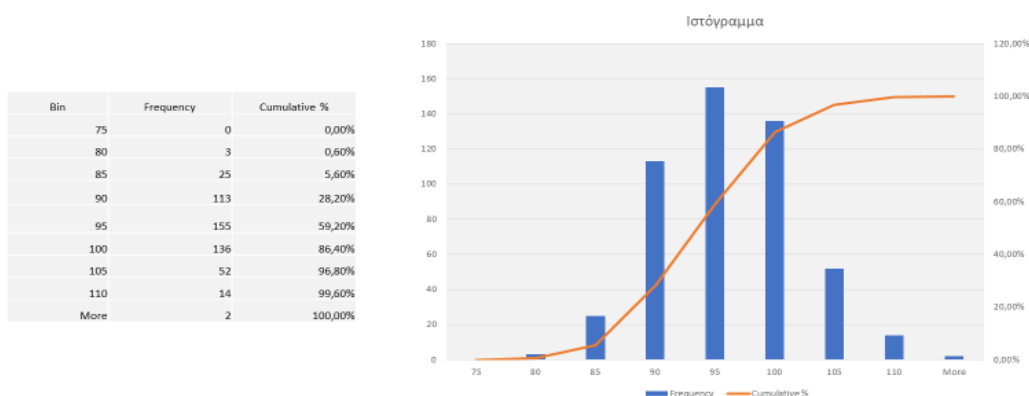
Σχήμα 9 - Αποτελέσματα επαναλήψεων προσομοίωσης

Για τον υπολογισμό της μέση τιμής των συνολικών χρόνων διάρκειας, χρησιμοποιήσαμε την συνάρτηση Average, η οποία επιστρέφει τον αριθμητικό μέσο όλων των επαναλήψεων. Αντίστοιχα, η διάμεση τιμή προσδιορίστηκε με τη συνάρτηση Median, η οποία εντοπίζει τη μεσαία τιμή και την ελάχιστη, μέγιστη διάρκεια υπολογίστηκαν με τις συναρτήσεις Min και Max, αντίστοιχα.

Διάμεση Τιμή	98,2
Μέση Τιμή	98,7
Max	119,15
Min	81,31

Για την ανάλυση της κατανομής των συνολικών χρονικών διαρκειών, δημιουργήθηκε πίνακας διαστημάτων (bin), στον οποίο καταγράφηκε η συχνότητα (Frequency) που μετράει τον αριθμό των επαναλήψεων που ανήκουν σε κάθε διάστημα. Επίσης, υπολογίζεται το συσσωρευμένο ποσοστό (Cumulative %).

Για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων, κατασκευάστηκε ένα ιστόγραμμα στο Excel, χρησιμοποιώντας τα παραπάνω δεδομένα, διάστημα, συχνότητα, συσσωρευμένο ποσοστό.



Εικόνα 8 - Δεδομένα και Ιστόγραμμα Κατανομής Διάρκειας Έργου

Το ιστόγραμμα δείχνει την κατανομή της συνολικής διάρκειας του έργου από την προσομοίωση του Μόντε Κάρλο.

- Μπλε μπάρες: Συχνότητα των συνολικών χρόνων ολοκλήρωσης του έργου
- Κόκκινη γραμμή: Συσσωρευμένο ποσοστό των προσομοιώσεων %
- Άξονας Χ: Συνολική διάρκεια έργου σε εβδομάδες
- Άξονας Ψ: Αριθμός προσομοιώσεων σε κάθε bin

Αν κοιτάξουμε τα δεδομένα και το ιστόγραμμα παρατηρούμε:

- Η κατανομή είναι σχεδόν συμμετρική, με μικρή τάση προς μεγαλύτερες τιμές >100 εβδομάδες
- Η πιο πιθανή διάρκεια του έργου είναι μεταξύ 95-100 εβδομάδων, καθώς εκεί καταγράφονται οι περισσότερες προσομοιώσεις.
- Υπάρχει 86,4% πιθανότητα το έργο να ολοκληρωθεί σε περισσότερες από 100 εβδομάδες
- Η πιθανότητα ολοκλήρωσης σε περισσότερες από 95 εβδομάδες είναι 59,2%
- Η πιθανότητα καθυστέρησης περισσότερο από 100 εβδομάδες είναι 13,6%
- Το 59,2 των προσομοιώσεων έδειξαν διάρκεια μεγαλύτερη από 95 εβδομάδες
- Το 40,8% των προσομοιώσεων δείχνουν διάρκεια μικρότερη από 95 εβδομάδες
- Άρα, το έργο θα διαρκέσει πάνω από 95 εβδομάδες.

Πιθανότητα Ολοκλήρωσης εντός Στόχου

Η πιθανότητα να ολοκληρωθεί το έργο εντός ενός δεδομένου χρονικού στόχου 100 εβδομάδες, είναι εφικτό με 86,4% πιθανότητες επιτυχίας.

Αν ο στόχος είναι 95 εβδομάδες, υπάρχει 40,8% πιθανότητα το έργο να καθυστερήσει πέρα από αυτό το όριο.

Η πιθανή διάρκεια του έργου ολοκλήρωσης του έργου είναι κοντά στις 95-100 εβδομάδες, με ορισμένες περιπτώσεις να ξεπεράσουν τις 110 εβδομάδες.

Τελικό Συμπέρασμα και σύγκριση μεθόδων Pert – Monte Carlo

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εξετάζει τη σημασία της διαχείρισης έργων υπό συνθήκες αβεβαιότητας, εστιάζοντας στη χρήση προηγμένων μεθόδων προγραμματισμού και προσομοίωσης. Μέσα από τη μελέτη της βιβλιογραφίας και την ανάλυση των μεθόδων PERT/CPM και Monte Carlo, προέκυψε ότι η ορθολογική διαχείριση κινδύνων μπορεί να ενισχύσει σημαντικά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων, να μειώσει τις καθυστερήσεις και να εξασφαλίσει την επιτυχή ολοκλήρωση των έργων.

Η προσομοίωση Μόντε Κάρλο αναδείχθηκε ως ένα από τα πιο αξιόπιστα εργαλεία για την ανάλυση της αβεβαιότητας και την πρόβλεψη πιθανών αποκλίσεων, δίνοντας τη δυνατότητα στους διαχειριστές έργων να προβλέψουν τους κινδύνους, να εντοπίσουν πιθανές καθυστερήσεις και να βελτιώσουν τον προγραμματισμό του έργου. Ωστόσο, η επιτυχία της εξαρτάται από το πόσο ακριβής και αξιόπιστα είναι τα δεδομένα εισόδου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ποιότητα των δεδομένων επηρεάζει άμεσα την ακρίβεια των προβλέψεων. Αυτό υπογραμμίζει την ανάγκη για σωστή και συστηματική συλλογή δεδομένων, ώστε τα αποτελέσματα της προσομοίωσης να είναι όσο το δυνατόν πιο ακριβή και χρήσιμα στη λήψη αποφάσεων.

Η σύγκριση των μεθόδων PERT και Monte Carlo ανέδειξε τις διαφορές τους στην ανάλυση αβεβαιότητας. Η μέθοδος PERT είναι εύκολη στην εφαρμογή, καθώς βασίζεται σε τρεις χρονικές εκτιμήσεις (αισιόδοξη, πιθανότερη, απαισιόδοξη) και χρησιμοποιεί έναν μαθηματικό τύπο για την εκτίμηση της συνολικής διάρκειας του έργου. Η ακρίβεια της είναι περιορισμένη, καθώς βασίζεται στην υπόθεση ότι η διάρκεια κάθε δραστηριότητας ακολουθεί μια κατανομή Beta, ενώ η συνολική διάρκεια του έργου θεωρείται ότι κατανέμεται κανονικά, κάτι που δεν ισχύει πάντα στην πράξη. Αντίθετα, η μέθοδος Monte Carlo επιτρέπει τη χρήση ποικίλων κατανομών πιθανότητας και ενσωματώνει πραγματικά ιστορικά δεδομένα, οδηγώντας σε πιο αξιόπιστες και ακριβείς προβλέψεις.

Επίσης, στη μέθοδο PERT, η κρίσιμη διαδρομή ενός έργου υπολογίζεται με βάση ένα σταθερό δίκτυο δραστηριοτήτων και δεν λαμβάνει υπόψη τις δυναμικές μεταβολές της κρίσιμης διαδρομής καθώς το έργο εξελίσσεται. Σε αντίθεση, η προσομοίωση Μόντε Κάρλο μπορεί να προσδιορίσει εναλλακτικές κρίσιμες διαδρομές σε διαφορετικά σενάρια, επιτρέποντας στους διαχειριστές έργων να είναι καλύτερα προετοιμασμένοι για πιθανές αποτυχίες. Επιπλέον, η μέθοδος Monte Carlo παράγει μια συνολική κατανομή πιθανότητας για τον χρόνο

ολοκλήρωσης του έργου, διευκολύνοντας την ανάλυση κινδύνου μέσω δεικτών όπως P50, P80 ή P90.

Βασικό συμπέρασμα είναι ότι η διαχείριση της αβεβαιότητας σε μικρά έργα είναι δύσκολη, καθώς οι διαθέσιμοι πόροι και τα δεδομένα είναι περιορισμένα. Επιπλέον, η ενσωμάτωση κοινωνικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων στη διαχείριση έργων αποτελεί μια σημαντική πρόκληση για το μέλλον, αφού απαιτούνται νέες μεθόδους και εργαλεία. Η χρήση πληροφοριακών συστημάτων με τεχνολογίες όπως η τεχνητή νοημοσύνη και η ανάλυση δεδομένων μπορεί να βελτιώσει την ακρίβεια των εκτιμήσεων και να κάνει τη διαχείριση πιο αποτελεσματική και ευέλικτη.

Συμπερασματικά, η μελέτη επιβεβαιώνει ότι η χρήση προηγμένων τεχνικών και πληροφοριακών συστημάτων στη διαχείριση έργων δεν είναι απλώς μια επιλογή, αλλά απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχή ολοκλήρωσή τους στη σημερινή επιχειρηματική πραγματικότητα. Ο συνδυασμός διαφορετικών μεθόδων μπορεί να βελτιώσει την ακρίβεια των προβλέψεων, να μειώσει την αβεβαιότητα και να διασφαλίσει την αποτελεσματική υλοποίηση έργων, ακόμα και σε συνθήκες υψηλής αβεβαιότητας. Μελλοντικές έρευνες μπορούν να επικεντρωθούν στη βελτίωση των εργαλείων προσομοίωσης και στην προσαρμογή τους σε διαφορετικούς κλάδους, με στόχο την ακόμα μεγαλύτερη βελτίωση του προγραμματισμού και της διαχείρισης έργων.

Σύγκριση και Σύσταση Pert - Monte Carlo

Κριτήριο	Pert	Monte Carlo
Ευκολία	✓ Εύχρηστο, βασίζεται σε τρεις χρονικές εκτιμήσεις (αισιόδοξη, απαισιόδοξη, πιθανή)	✗ Απαιτεί ειδικό λογισμικό και καλή κατανόηση στατιστικών μεθόδων
Ανάλυση κινδύνου και Αβεβαιότητας	✗ Εστιάζει στον υπολογισμό του κρίσιμου μονοπατιού	✓ Αναλύει πολλαπλά πιθανά κρίσιμα μονοπάτια
Μοντελοποίηση Κατανομών	✗ Όλες οι δραστηριότητες ακολουθούν τη ίδια κατανομή Beta	✓ Δίνει τη δυνατότητα χρήσης διαφορετικών κατανομών (κανονική, τριγωνική, beta κλπ)
Διαχείριση Κρίσιμης Διαδρομής	✗ Σταθερή κρίσιμη διαδρομή, δεν προσαρμόζεται σε αλλαγές	✓ Εντοπίζει και αξιολογεί εναλλακτικές κρίσιμες διαδρομές
Ακρίβεια Αποτελεσμάτων	✗ Παρέχει ένα αναμενόμενο χρόνο ολοκλήρωσης με βασικές πιθανότητες	✓ Παράγει κατανομή πιθανών συνολικών χρόνων, επιτρέποντας τον υπολογισμό διαφορετικών δεικτών
Κατάλληλο για	❖ Έργα με μικρή έως μέτρια αβεβαιότητα ❖ Γρήγορος υπολογισμός	❖ Έργα με υψηλή αβεβαιότητα ❖ Πολύπλοκα έργα με δυναμικά μονοπάτια

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Δημητριάδης, Σ. και Μιχιώτης, Α. (2007) *Διοίκηση παραγωγικών συστημάτων: Βασικές θεωρητικές αρχές και εφαρμογές στη λήψη επιχειρηματικών αποφάσεων*. Αθήνα: Εκδόσεις Κριτική.
- Κολέτσος, Ι. και Στογιάννης, Δ. (2021) *Επιχειρησιακή Έρευνα: θεωρία, αλγόριθμοι & εφαρμογές*. Αθήνα: Εκδόσεις Συμεών.
- Μητάκος, Θ. (2015) *Πληροφοριακά συστήματα διοίκησης: Μελέτη, ανάλυση και διαχείριση πληροφοριακών συστημάτων*. Αθήνα: Εκδόσεις Κάλλιπος.
- Πραστάκος, Γ. (2019) *Διοικητική Επιστήμη: Λήψη επιχειρησιακών αποφάσεων στην κοινωνία της πληροφορίας*. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη.
- Υψηλάντης, Π. (2015) *Επιχειρησιακή Έρευνα: Μελέτη και τεχνικές λήψης αποφάσεων*. 5η έκδοση. Αθήνα: Εκδόσεις Προπομπός.
- Σίσκος, Γ. (χ.χ.) *Μοντελοποίηση ρίσκου και αβεβαιότητας στη διοίκηση έργων με τη βοήθεια του λογισμικού Crystal Ball*. Διπλωματική εργασία. Πανεπιστήμιο Πειραιώς. [Διαδικτυακό] Διαθέσιμο σε: <https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/1778/Siskos.pdf?isAllowed=y&sequence=3>

Ξένη Βιβλιογραφία

- Burke, R. (2014) *Project Management: Tools and Techniques*. Αθήνα: Εκδόσεις Κριτική.
- Raychaudhuri, S. (2008) *Πρακτικά του 2008 Winter Simulation Conference*, SJ

Πηγές στο Διαδίκτυο

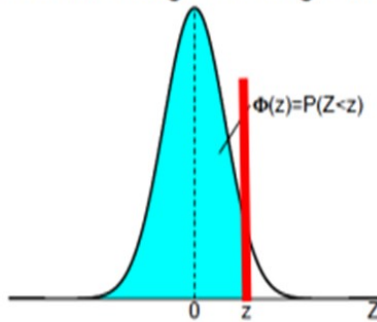
- Wikipedia (2025) *Monte Carlo method*. [Online] Διαθέσιμο σε: https://en.wikipedia.org/wiki/Monte_Carlo_method
- Wikipedia (2025) *Διοίκηση και Διαχείριση Έργου*. [Online] Διαθέσιμο σε: https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%BF%CE%AF%CE%BA%CE%B7%CF%83%CE%B7_%CE%BA%CE%B1%CE%B9_%CE%94%CE%B9%CE%B1%CF%87%CE%B5%CE%AF%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%B7_%CE%88%CF%81%CE%B3%CE%BF%CF%85#%CE%A4%CE%B9_%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9_%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%BF
- Wikipedia (2025) *Μέθοδος κρίσιμης διαδρομής*. [Online] Διαθέσιμο σε: https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%AD%CE%B8%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CF%82_%CE%BA%CF%81%CE%AF%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%AF%CE%BD%CE%B4%CF%85%CE%BD%CE%BF%CF%82>

- Wikipedia (2025) *Κίνδυνος*. [Online] Διαθέσιμο σε: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%AF%CE%BD%CE%B4%CF%85%CE%BD%CE%BF%CF%82>
- Project Management Academy (2025) *Understanding the Monte Carlo Analysis in Project Management*. [Online] Διαθέσιμο σε: <https://projectmanagementacademy.net/resources/blog/understanding-the-monte-carlo-analysis-in-project-management/>
- LinkedIn (2025) *Importance and Benefits of Schedule Risk Analysis in Enhancing Project*. [Online] Διαθέσιμο σε: <https://www.linkedin.com/pulse/importance-benefits-schedule-risk-analysis-enhancing-project-alan/>
- Wikipedia (2025) *Project risk management*. [Online] Διαθέσιμο σε: https://en.wikipedia.org/wiki/Project_risk_management [Πρόσβαση 2 Φεβρουαρίου 2025].
- Eclass HMU (χ.χ.) *[Διαδικτυακό υλικό]* [Online] Διαθέσιμο σε: <https://eclass.hmu.gr/modules/document/file>.
- Eclass Πανεπιστήμιο Πατρών (χ.χ.) *Εισαγωγή στη Διαχείριση και στον Προγραμματισμό Έργων*. [Online] Διαθέσιμο σε: <https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CIV1529/5.1%20%CE%95%CE%B9%CF%83%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE%20%CF%83%CF%84%CE%B7%20%CE%94%CE%B9%CE%B1%CF%87%CE%B5%CE%AF%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%B7%20%CE%BA%CE%B1%CE%B9%20%CF%83%CF%84%CE%BF%CE%BD%20%CE%A0%CF%81%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CE%BC%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%20%CE%88%CF%81%CE%B3%CF%89%CE%BD.pdf>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Στατιστικός Πίνακας Τυπικής Κανονικής Κατανομής



Παράδειγμα:

$$z = 1.28 \iff \Phi(z) = 0.90$$

$$z = 1.65 \iff \Phi(z) = 0.95$$

$$z = 2.33 \iff \Phi(z) = 0.99$$

$$z = 3.08 \iff \Phi(z) = 0.999$$

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.53
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.57
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.61
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.65
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.68
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.72
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.75
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.78
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.81
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.83
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.86
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.88
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.90
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.91
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.93
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.94
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.95
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.96
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.97
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.97
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.98
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.98
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.98
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.99
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.99
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.99
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.99
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.99