



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ



ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ

& ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ

Διπλωματική εργασία

**Βέλτιστος χρονοπρογραμματισμός και συμπίεση έργου
«Εφαρμογή στην Αξιολόγηση των δράσεων εναρμόνισης οικογενειακής και
επαγγελματικής ζωής στο ΕΠ ΑΝΑΔ ΕΔΒΜ και στα ΠΕΠ»**



Αναστασία Σκανδαλάκη

ΑΜ: ΜΤΟ174

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Δρ. Μαρκάκη Μαρία

Ηράκλειο, Δεκέμβριος 2022

**“Time is the scarcest resource and unless
it is managed nothing else can be managed”**

Peter Drucker

Περίληψη

Η διαχείριση έργων έχει εξελιχθεί τις τελευταίες δεκαετίες, από μια φιλοσοφία διοίκησης που «καλό είναι να υπάρχει» και η οποία περιοριζόταν σε κάποια λειτουργικά τμήματα, σε ένα εταιρικό σύστημα που επηρεάζει κάθε λειτουργική μονάδα μιας ιδιωτικής επιχείρησης ή ενός δημόσιου οργανισμού. Ουσιαστικά, η διαχείριση έργων έχει εξελιχθεί σε επιχειρηματική διαδικασία και όχι απλώς σε μια διαδικασία διαχείρισης έργου (Kerzner H, 2009). Καθώς οι προκλήσεις με τις οποίες έρχονται αντιμέτωποι οι σημερινοί project managers, είναι όλο και πιο περίπλοκες σε σχέση με το παρελθόν, ως αποτέλεσμα των αντίξων περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν (υψηλοί παράγοντες κλιμάκωσης για μισθούς και πρώτες ύλες, πιθανότητα μακροπρόθεσμου υψηλού πληθωρισμού που συνοδεύεται από ήπια ύφεση και έλλειψη δανειοληπτικής δύναμης με χρηματοπιστωτικά ιδρύματα, κ.ο.κ.), είναι προφανές ότι η προσέγγιση της διαχείρισης έργου απαιτεί μια απόκλιση από την παραδοσιακή, κάθετη, οργανωτική μορφή, που δίνει έμφαση σε μια ισχυρή σχέση ανώτερου-υφιστάμενου, προς μία εργοστρεφή οργάνωση (Projectized Organization)¹, δηλαδή μία δομή με έμφαση στις ομάδες με διαλειτουργική τεχνογνωσία.

Τα παραπάνω δεδομένα, αποτελούν αντικείμενο έντονου ενδιαφέροντος και στον κλάδο των συμβουλευτικών υπηρεσιών διοίκησης, όπου δραστηριοποιείται μεγάλος αριθμός επιχειρήσεων, με το Management Consulting (MC) να έχει αποδειχθεί ένας αρκετά ανθεκτικός κλάδος, ιδιαίτερα καθώς η πανδημία του Covid19 φαίνεται να επηρέασε την ευρωπαϊκή βιομηχανία MC λιγότερο από τη συνολική οικονομία, σύμφωνα με στοιχεία της ετήσιας έρευνας feaco για το 2019-2021.

Η αύξηση της χρήσης εργαλείων διαχείρισης έργων τα τελευταία χρόνια, από όλους τους επιχειρησιακούς κλάδους, συνηγορεί στη θεώρηση ότι η διαχείριση έργου είναι υποχρεωτική για τη βιωσιμότητα μιας επιχείρησης, σ' ένα ιδιαίτερα ανταγωνιστικό περιβάλλον και παράλληλα αποτελεί ένα βασικό μοχλό για την περαιτέρω έρευνα πάνω στις μεθοδολογίες και τις τεχνικές της διαχείρισης έργων, με στόχο τη βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων.

Ένα από τα προβλήματα που συχνά εμφανίζονται κατά τον προγραμματισμό ή την εκτέλεση των έργων είναι η ανάγκη για συμπίεση του χρόνου εκτέλεσής τους. Το ερευνητικό ερώτημα της πτυχιακής αφορά: Πώς μπορεί να προσδιοριστεί η βέλτιστη διαδικασία συμπίεσης ενός έργου, δηλαδή μείωσης του χρόνου εκτέλεσής του με την προσθήκη περισσότερων πόρων; Ως εκ τούτου, αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας είναι η μαθηματική μοντελοποίηση του προβλήματος της συμπίεσης ενός έργου, λαμβάνοντας υπόψη χρονικούς και χρηματικούς περιορισμούς.

Η εργασία σκοπεύει:

¹ Εργοστρεφής οργάνωση (Projectized organization): Τα κύρια πλεονεκτήματα της εργοστρεφούς οργάνωσης είναι η ταχύτητα και η ευελιξία. Καθώς οι ειδικοί βρίσκονται συγκεντρωμένοι εντός της ομάδας και είναι πλήρως δεσμευμένοι στο Έργο, είναι ευκολότερη η ανταπόκριση σε μεταβαλλόμενες απαιτήσεις και η έγκαιρη ολοκλήρωση του Έργου. Η ευθύνη για την επιτυχία του Έργου είναι σαφώς προσδιορισμένη και ανήκει στον Υπεύθυνο Συντονιστή. Κύριο μειονέκτημα της εργοστρεφούς οργάνωσης είναι το υψηλό κόστος πόρων, καθώς ο οργανισμός συχνά αναγκάζεται να προσλάβει επιπλέον προσωπικό με συγκεκριμένη εμπειρία, ώστε να υλοποιήσει ταυτόχρονα διαφορετικά Έργα. Επιπλέον, αυτό το είδος δομής επιβαρύνει τα γενικά διοικητικά έξοδα (overheads), καθώς μπορεί να υπάρχουν χρονικά διαστήματα κατά τα οποία δεν απασχολούνται όλες οι Ομάδες Έργου. Πηγή: Οδηγός Βέλτιστων Πρακτικών διαθέσιμο στο: <https://www.publicprocurementuserguides.treasury.gov.cy/>

(α) να παραθέσει βασικές έννοιες της διαχείρισης έργων και του χρονοπρογραμματισμού, με αναφορά σε τεχνικές συμπίεσης των έργων, καθώς και σε βασικές αρχές βελτιστοποίησης και εφαρμογής γραμμικού προγραμματισμού στην επίλυση δικτύων.

(β) να αναδείξει, μέσω βιβλιογραφικής ανασκόπησης, με έμφαση σε σύγχρονες τεχνικές συμπίεσης έργων, το εύρος του πεδίου έρευνας και τις βασικές παραμέτρους που εμπεριέχονται.

(γ) να εφαρμόσει τη μέθοδο του γραμμικού προγραμματισμού, κάνοντας χρήση ενός προσιτού σε όλους εργαλείου, του “Solver” σε περιβάλλον Microsoft Excel, για τον υπολογισμό του συντομότερου χρόνου ολοκλήρωσης των γεγονότων και κατ’ επέκταση του συντομότερου συνολικού χρόνου ολοκλήρωσης ενός μη τεχνικού έργου, που έχει ως αντικείμενο την αξιολόγηση ενός συγχρηματοδοτούμενου Επιχειρησιακού Προγράμματος του ΕΣΠΑ 2014-2020 (Υπηρεσία), προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα και προτάσεις.

Η έρευνα κρίνεται απαραίτητη, καθώς είναι σημαντικό και για τις επιχειρήσεις συμβούλων να γνωρίζουν τεχνικές που μπορούν να εφαρμόσουν για τη συμπίεση και την εξοικονόμηση πόρων, σε έργα συμβουλευτικής υποστήριξης. Σημαντική θεωρείται και η συνεισφορά στη βιβλιογραφία, καθώς δε φαίνεται να έχει διεξαχθεί σχετική ερευνητική εργασία που να αφορά σε μη τεχνικό έργο.

Η εργασία απευθύνεται σε όλες τις επιχειρήσεις και οργανισμούς που αναζητούν ένα εύχρηστο και προσιτό εργαλείο για τη διαχείριση χρόνου και πόρων στα έργα τους.

Abstract

Project management has evolved over the last decades, from a management philosophy which "does not harm to exist", to an enterprise tool that affects every functional unit of a private company or public organization. Essentially, project management has evolved into a business process rather than just a project management process (Kerzner H, 2009). Today's project managers are facing Challenges increasingly more complex than in the past, as a result of the prevailing adverse environmental conditions (high scaling factors for wages and raw materials, possibility of long-term high inflation, etc.), a fact that indicates the need for turning project management towards a Projectized Organization, i.e. a structure with an emphasis on teams with cross-functional know-how.

The above data also applies to the consulting services field, where many companies operate, with Management Consulting (MC) proving to be a resilient industry during the Covid19 pandemic and according to data from the annual feaco survey for 2019 -2021.

The increase in the use of project management tools in recent years, by all business sectors, advocates the view that project management is mandatory for the viability of a business, in a highly competitive environment, and at the same time is a key driver for further research on project management methodologies and techniques, with the aim of optimizing results.

One of the problems that often appear when planning or executing projects is the need to compress their execution time. The thesis research question concerns: How can the optimal process of compressing a project, i.e. reducing its execution time by adding more resources, be determined? Therefore, the subject of the thesis is the mathematical modeling of the problem of compressing a project, considering time and money constraints.

The work aims to:

(a) outline basic concepts of project management and scheduling, with reference to project compression techniques, as well as basic principles of optimization and application of linear programming to solving networks.

(b) to highlight, through a literature review, project compression techniques.

(c) to apply linear programming (LP), using the "Solver" of Microsoft Excel, an accessible tool, to calculate the shortest time to complete the events and, by extension, the shortest total time to complete a non-technical project.

The survey is aimed at consulting firms interested in enhancing their services and at the same time saving resources. The contribution to the bibliography is also considered important, as it does not seem to have been carried out a relevant research work concerning a non-technical project.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	6
Κεφάλαιο 2: Βασικές έννοιες του Χρονοπρογραμματισμού	9
2.1 Η έννοια του έργου και τα χαρακτηριστικά του	9
2.2 Η Διαχείριση Έργου	10
2.3. Εργαλεία διαχείρισης έργων - Χρονοπρογραμματισμός έργου	13
2.5 Το διάγραμμα Gantt.....	14
2.6 Δικτυωτή ανάλυση στη Διαχείριση Έργων.....	15
2.6.1 Μέθοδοι CPM & PERT	15
2.6.2 Δίκτυα προτεραιότητων AON & AOA.....	16
2.6.3 Η μέθοδος της κρίσιμης διαδρομής - Critical Path Method	20
2.6.4 PERT- Project Evaluation and Review Technique	21
2.7 Συμπύεση Έργου: Οικονομική διάσταση του έργου και η συντόμευση της διάρκειάς του	23
2.8 Βασικές Αρχές Μοντέλων Βελτιστοποίησης και ο Γραμμικός Προγραμματισμός στην επίλυση δικτύων	26
Κεφάλαιο 3: Βιβλιογραφική επισκόπηση μεθόδων συμπύεσης έργου.....	32
Κεφάλαιο 4: Πιλοτική εφαρμογή στο έργο «Αξιολόγηση των δράσεων εναρμόνισης οικογενειακής και επαγγελματικής ζωής στο ΕΠ ΑΝΑΔ ΕΔΒΜ και στα ΠΕΠ».	42
4.1 Σύντομη περιγραφή του ΕΠ ΑΝΑΔ – ΕΔΒΜ και του αντικειμένου του έργου της αξιολόγησης	42
4.2 Δομή Ανάλυσης Εργασιών (WBS) του Έργου	44
4.3 Ανάλυση Πακέτων Εργασίας.....	46
4.3.1 Παρουσίαση Πακέτων Εργασίας – Δραστηριοτήτων.....	46
4.3.2 Δίκτυο Έργου και Τεχνική CPM	51
4.3.4 Προγραμματισμός Έργου με τη μέθοδο PERT/CPM	52
4.3.5 Η μέθοδος PERT/CPM στο περιβάλλον του Microsoft Excel	57
4.3.6 Συντόμευση της διάρκειας του έργου σε περιβάλλον του Microsoft Excel	62
Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα - Προτάσεις	66
Βιβλιογραφία	69

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Ως διαχείριση έργου ορίζεται «η εφαρμογή γνώσεων, δεξιοτήτων, εργαλείων και τεχνικών για το σχεδιασμό δραστηριοτήτων, προκειμένου να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις του έργου» (PMBOK® Guide, 2008). Μέρος της αποστολής ενός project manager είναι να εξισορροπεί τις συχνά ανταγωνιστικές απαιτήσεις (εύρος, χρόνος, κόστος, ποιότητα, απαιτήσεις, προσδοκίες διαφόρων ενδιαφερομένων κ.λπ.), καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του έργου.

Έτσι, η πρώτη πρόκληση που αντιμετωπίζουμε στη διαχείριση έργων είναι να εξασφαλίσουμε ότι το έργο εκτελείται σωστά και παραδίδεται έγκαιρα λαμβάνοντας υπόψη καθορισμένους περιορισμούς (ανεπαρκής διαθέσιμος χρόνος, περιορισμένος προϋπολογισμός κ.ά.). Η δεύτερη πρόκληση που είναι και η πιο φιλόδοξη, είναι η βελτιστοποίηση που απαιτείται να γίνει σε όλους τους παράγοντες που επηρεάζουν την εκτέλεση ενός έργου. Αυτό σημαίνει ότι, σε ένα έργο επιλέγουμε τις δραστηριότητες που απαιτούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να γίνεται βέλτιστη χρήση των πόρων (χρόνος, χρήματα, άνθρωποι, υλικά, μηχανήματα, ενέργεια, χώρος κ.ά.).

Γίνεται σαφές από τα παραπάνω ότι ο χρονικός προγραμματισμός αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο του συστήματος διαχείρισης των έργων, συνθέτοντας, εδώ και χρόνια, ένα πεδίο εντατικής έρευνας τόσο σε επίπεδο ακαδημαϊκών εργασιών όσο και στην επιχειρηματική κοινότητα. Τα έργα πρέπει να παραδίδονται πιο γρήγορα από ότι στο παρελθόν, συχνά με λιγότερους πόρους και με υψηλή αξιοπιστία και ποιότητα. Αυτή ακριβώς η πίεση είναι η κινητήρια δύναμη για την συνεχόμενη ανάπτυξη του θέματος της διαχείρισης των έργων από την επιστημονική κοινότητα (Πολύζος, 2011).

Συχνά, ένα έργο δεν εκτελείται σύμφωνα με το προγραμματισμένο χρόνο του, εξαιτίας καθυστερήσεων για διάφορους λόγους, όπως ατυχήματα στο χώρο, καιρικές συνθήκες, φυσικές καταστροφές, οικονομικές κρίσεις, κ.λπ. Σε αυτές τις περιπτώσεις, το έργο πρέπει να «κερδίσει» τον «χαμένο» χρόνο και η **συμπίεση** των δραστηριοτήτων του έργου είναι η καλύτερη λύση. Καθώς, η επίλυση με χειρωνακτικό τρόπο για μεγάλα έργα είναι αρκετή πολύπλοκη, εφαρμόζονται τεχνικές γραμμικού προγραμματισμού για τη συμπίεση των εργασιών του έργου. Το 1961 το πρόβλημα της συμπίεσης χρονοδιαγράμματος διατυπώθηκε μαθηματικά για πρώτη φορά. Έκτοτε, η συντριπτική πλειοψηφία της επιστημονικής βιβλιογραφίας έχει προτείνει ένα ευρύ φάσμα τεχνικών βελτιστοποίησης, με τις περισσότερες έρευνες να υποθέτουν ότι η σχέση διάρκειας-κόστους δραστηριότητας, από την οποία εξαρτάται η συνολική συμπίεση και το κόστος του έργου, είναι γραμμική και/ή διακριτή, ενώ αρκετοί είναι οι συγγραφείς που έχουν παράσχει εμπειρικά δεδομένα ισχυριζόμενοι ότι πολλές από τις αρχικές υποθέσεις δεν ισχύουν στα πραγματικά κατασκευαστικά έργα.

Στην παρούσα εργασία, μετά από μια συνοπτική αναφορά σε βασικές έννοιες και τεχνικές της διαχείρισης έργων, καθώς και παρουσίαση μιας βιβλιογραφικής ανασκόπησης σύγχρονων τεχνικών συμπίεσης, εφαρμόζεται ένας γραμμικός προγραμματισμός με τη χρήση του εργαλείου Microsoft Excel για τη διερεύνηση της δυνατότητας συμπίεσης ενός μη τεχνικού έργου. Πρόκειται για ένα έργο αξιολόγησης του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση & Δια βίου Μάθηση 2014-2020» (ΕΠ ΑΝΑΔ-ΕΔΒΜ), που αποτελεί ένα σύνηθες αντικείμενο των εταιρειών συμβούλων και περιέχει συγκεκριμένα ορόσημα και χρονικούς περιορισμούς που επιβάλλονται από τις Αναθέτουσες Αρχές. Εν προκειμένω, το έργο της Αξιολόγησης, δομήθηκε σε συγκεκριμένες Δραστηριότητες

με συγκεκριμένη χρονική διάρκεια και σχέσεις προτεραιότητας και αποτυπώθηκε ως δίκτυο ΑΟΑ. Χρησιμοποιήθηκε αρχικά η μέθοδος PERT/CPM και υπολογίστηκαν τρία χαρακτηριστικά μεγέθη για καθένα από τα γεγονότα του δικτύου: Ο Συντομότερος χρόνος ET(i) του γεγονότος i (Earliest Time), ο βραδύτερος χρόνος LT(i) του γεγονότος i (Latest Time) και το χρονικό περιθώριο ES(i) του γεγονότος i (Event Slack). Στη συνέχεια χρησιμοποιείται το υπολογιστικό περιβάλλον του Microsoft Excel που είναι ένα προσιτό σε όλους εργαλείο, για την επίλυση του δικτύου του πιλοτικού έργου, με την παράσταση του τοξωτού δικτύου του έργου σε Excel και τον υπολογισμό του συντομότερου χρόνου ολοκλήρωσης των γεγονότων και του συντομότερου χρόνου ολοκλήρωσης του συνόλου του έργου (εύρεση κρίσιμης διαδρομής). Τελικά, κάνοντας χρήση των χρονικών περιθωρίων για κάθε δραστηριότητα, του κόστους συμπίεσης ανά δραστηριότητα και ανά μονάδα χρόνου και του έμμεσου κόστους, προκύπτει ότι είναι εφικτή η συμπίεση της συνολικής διάρκειας του έργου κατά τρεις (3) ημέρες.

Το παραπάνω εύρημα, αποκτά ιδιαίτερη αξία, εφόσον πρόκειται για εφαρμογή σε μη τεχνικό (κατασκευαστικό) έργο και συγκεκριμένα αφορά στον κλάδο των συμβουλευτικών υπηρεσιών διοίκησης, όπου δραστηριοποιείται πολύ μεγάλος αριθμός επιχειρήσεων, οι περισσότερες μικρού μεγέθους, με τις μεγαλύτερες από τις εταιρείες του κλάδου να παρέχουν ευρύ φάσμα συμβουλευτικών υπηρεσιών και να απασχολούν αξιόλογο αριθμό συμβούλων, ορισμένες δε εξ' αυτών αποτελούν μέλη διεθνών οργανισμών. Σύμφωνα με στοιχεία του Senior Consultant Οικονομικών Μελετών της ICAP Group² (2018), οι υπηρεσίες Στρατηγικής κάλυψαν το μεγαλύτερο ποσοστό στο σύνολο των πωλήσεων των συμβουλευτικών υπηρεσιών στην Ελλάδα με ποσοστό 20% το 2016, ενώ ακολούθησε η Διαχείριση Έργων με 19% και οι Συμβουλές Πληροφορικής που απέσπασαν μερίδιο 18% το ίδιο έτος. Σύμφωνα με στοιχεία της ετήσιας έρευνας feaco³ για το 2019-2021, το Management Consulting (MC) αποδείχθηκε ένας αρκετά ανθεκτικός κλάδος. Η πανδημία Covid19 επηρέασε την ευρωπαϊκή βιομηχανία MC λιγότερο από τη συνολική οικονομία: το 2020 ο κύκλος εργασιών του MC μειώθηκε κατά 2,3% - έναντι τάσης του ΑΕΠ -5,2% - και το επίπεδο απασχόλησης του MC παρέμεινε σταθερή (+0,3%) έναντι τάσης -0,5% στη συνολική απασχόληση. Στις περισσότερες χώρες του Ευρωπαϊκού πάνελ, ο κύκλος εργασιών της Consulting Management ανέκαμψε γρήγορα το 2021 και ήταν ήδη υψηλότερο από το 2019, με εντυπωσιακό ρυθμό ανάπτυξης (+11,5%) που αναμένεται να διατηρηθεί το 2022 (+9,9%) επίσης. Κύριος μοχλός αυτής της εξέλιξης ήταν ο ψηφιακός μετασχηματισμός τα τελευταία χρόνια και πριν την πανδημία, με την παροχή συμβουλών τεχνολογίας να αποτελούν τις οι ταχύτερα αναπτυσσόμενες υπηρεσίες. Κατά τη διάρκεια της πανδημίας, οι ριζικές αλλαγές στην αγορά και τα κοινωνικά σενάρια έχουν ωθήσει πολλές αγορές και πελάτες να ζητήσουν περισσότερες συμβουλές όσον αφορά τη στρατηγική επανατοποθέτηση. Σύμφωνα με στοιχεία που δημοσίευσε ο Economist⁴ για τέσσερις διεθνείς ομίλους συμβουλευτικών/ελεγκτικών υπηρεσιών, που δραστηριοποιούνται και στην Ελλάδα, τα έσοδα των εταιρειών, κυρίως λόγω της έκρηξης συμβολαίων για συμβουλευτικές υπηρεσίες, εκτοξευτήκαν από περίπου 293 εκατ. ευρώ το 2019 σε 403 εκατ. ευρώ το 2020, με τις προβλέψεις να κάνουν λόγο για ακόμα μεγαλύτερη αύξηση κύκλου εργασιών, που αναμένεται να φτάσει τα 450 εκατ. στο σύνολο του 2022, καθώς βρίσκονται σε εξέλιξη νέοι

² <https://www.capital.gr/epixeiriseis/3295624/icap-anodiki-poreia-gia-ton-klado-ton-sumbouleutikon-upiresion>

³ <file:///C:/Users/Anastasia/Downloads/Feaco%20Survey%202020-2021.pdf>

⁴ <https://www.powergame.gr/epichirisis/340860/pos-oi-big-4-afxisan-ta-esoda-tous-kata-100-ekat-se-tria-chronia/>

διαγωνισμοί, όχι μόνο παραδοσιακών συμβουλευτικών υπηρεσιών, αλλά και έργων τεχνολογίας.

Από τα παραπάνω στοιχεία, εξάγεται το συμπέρασμα ότι η εφαρμογή μεθόδων βελτιστοποίησης έργων, θα πρέπει να επεκταθεί και στα έργα συμβουλευτικής υποστήριξης και στρατηγικού σχεδιασμού, με το πεδίο να αποτελεί πρόσφορο έδαφος για περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη, αναφορικά με την εφαρμογή σύγχρονων και εργαλείων και μεθόδων προγραμματισμού.

Κεφάλαιο 2: Βασικές έννοιες του Χρονοπρογραμματισμού

2.1 Η έννοια του έργου και τα χαρακτηριστικά του

Ο Turner (1993), προσδιόρισε το έργο ως ένα εγχείρημα με συγκεκριμένο αντικείμενο εργασιών, όπου πρώτες ύλες, μηχανές, ανθρώπινοι και οικονομικοί πόροι οργανώνονται, ώστε να επιτευχθεί ένα ωφέλιμο αποτέλεσμα που θα πληροί συγκεκριμένες προδιαγραφές (ποιοτικός στόχος) κάτω από χρονικούς και κοστολογικούς περιορισμούς (ποσοτικοί στόχοι), με τον ίδιο αργότερα (Turner, 2009) να αποδίδει έναν πιο σύντομο ορισμό, όπου «έργο είναι ένας προσωρινός οργανισμός, στον οποίο ανατίθενται πόροι, οι οποίοι θα εργαστούν με σκοπό να επιτύχουν μια ευεργετική αλλαγή» .

Από την άλλη, οι Φιτσιλής και Σταμέλος (2007) καταλήγουν σε έναν ορισμό για το έργο, σύμφωνα με τον οποίο: *«Έργο είναι ένα εγχείρημα κατά το οποίο άνθρωποι πόροι, μηχανές, οικονομικοί πόροι και πρώτες ύλες οργανώνονται κατά καινοφανή τρόπο, με στόχο την ανάληψη συγκεκριμένου αντικειμένου εργασιών που έχουν συγκεκριμένες προδιαγραφές και υπόκεινται σε δεδομένους κοστολογικούς και χρονικούς περιορισμούς, ώστε να παραχθεί μια επωφελής μεταβολή, η οποία ορίζεται μέσω ποιοτικών και ποσοτικών στόχων».*

Το Project Management Body of Knowledge (PMBOK®) αποτελεί ένα παγκόσμιο πρότυπο το οποίο ασχολείται με την εφαρμογή δεξιοτήτων, γνώσεων, τεχνικών και εργαλείων ώστε να καλυφθούν οι απαιτήσεις ενός έργου. Είναι, γενικώς, αποδεκτό σαν μία βέλτιστη πρακτική στο πλαίσιο της διαχείρισης έργων. Σύμφωνα με το εγχειρίδιο PMBOK (4^η έκδοση), Project Management Body of Knowledge, ως «έργο» ορίζεται ένα προσωρινό εγχείρημα το οποίο υλοποιείται με σκοπό τη δημιουργία ενός μοναδικού προϊόντος, υπηρεσίας ή αποτελέσματος. Προσωρινό, διότι κάθε έργο έχει πεπερασμένη διάρκεια και Μοναδικό, διότι δημιουργεί ένα προϊόν (αγαθό ή υπηρεσία) το οποίο διαφέρει από το προϊόν που δημιουργούσαν τα προηγούμενα έργα.

Τέλος, στον πιο σύγχρονο ορισμό του, κατά Kerzner (2017), κάθε έργο είναι πολυλειτουργικό και αποτελείται από μια σειρά δραστηριοτήτων που έχουν συγκεκριμένο στόχο με εστίαση στη δημιουργία επιχειρηματικής αξίας, προκαθορισμένη διάρκεια ως προς το χρόνο έναρξης και το χρόνο λήξης τους και υπό την ύπαρξη περιορισμένης χρηματοδοτικής συνεισφοράς, απαιτούν τόσο υλικούς (εξοπλισμός, χρήματα και πρώτες ύλες) όσο και άυλους (ανθρώπινο δυναμικό) πόρους.

Τα έργα, ανεξάρτητα από το μέγεθός τους, παρουσιάζουν στο σύνολό τους κάποια κοινά χαρακτηριστικά, τα οποία σύμφωνα με τους Λαμπρινουδάκη και Μαστραντώνη (2006) συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- ❑ Έχουν έναρξη και λήξη, η οποία συνήθως επέρχεται με την ολοκλήρωση του έργου, εάν δεν υπάρξει πρόωρη αναγκαστική διακοπή.
- ❑ Για την επιτυχία τους απαιτούν τον ακριβή προσδιορισμό των στόχων και την αποσαφήνιση αυτών σε όλα τα εμπλεκόμενα μέλη, ώστε να υπάρξει συμφωνία επ' αυτών.
- ❑ Για την εκτέλεσή τους απαιτούν συλλογική προσπάθεια. Αυτό επιφέρει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ομάδας κατά την έναρξη του έργου και τη διάλυση της ομάδας με την ολοκλήρωση αυτού.
- ❑ Το τελικό αποτέλεσμα είναι μοναδικό, καθώς το κάθε έργο πραγματοποιείται υπό διαφορετικές συνθήκες.

- Υφίστανται τον περιορισμό της ποιότητας και των αρχικά προσδιορισμένων παραδοτέων, του χρόνου με την έννοια της καθορισμένης διάρκειας και του κόστους, με την έννοια του αυστηρού ελέγχου για την τήρηση του προϋπολογισμού.

2.2 Η Διαχείριση Έργου

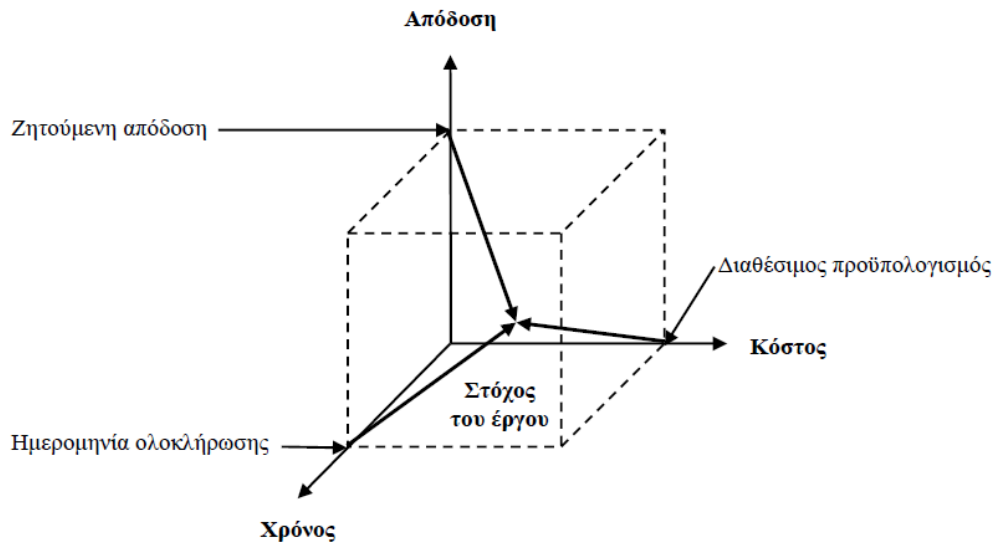
Σύμφωνα με το PMBOK (Project Management Body of Knowledge), διαχείριση έργων ορίζεται ως η διαδικασία κατά την οποία εφαρμόζουμε γνώσεις (knowledge), δεξιότητες (skills), εργαλεία (tools) και τεχνικές (techniques) κατά την εκτέλεση των δραστηριοτήτων του έργου με στόχο να ικανοποιήσουμε τις απαιτήσεις και τις προσδοκίες των συμμετεχόντων. Επομένως, διαχείριση έργου (project management) είναι η διαδικασία οργάνωσης της εκτέλεσης του έργου, μέσω της οποίας επιτυγχάνεται:

- βελτίωση του σχεδιασμού του έργου
- βελτίωση της υλοποίησης και ελέγχου των διαφόρων εργασιών και
- Βελτίωση του βαθμού αξιοποίησης των παραγωγικών μέσων και πόρων (προσωπικού, μηχανημάτων, κεφαλαίων, κα)

Έτσι, η πρώτη πρόκληση που αντιμετωπίζουμε στη διαχείριση έργων είναι να εξασφαλίσουμε ότι το έργο εκτελείται σωστά και παραδίδεται έγκαιρα λαμβάνοντας υπόψη καθορισμένους περιορισμούς. Οι περιορισμοί αυτοί μπορεί να είναι ο ανεπαρκής διαθέσιμος χρόνος, ο περιορισμένος προϋπολογισμός κ.ά. Η δεύτερη πρόκληση που είναι και η πιο φιλόδοξη, είναι η βελτιστοποίηση που απαιτείται να γίνει σε όλους τους παράγοντες που επηρεάζουν την εκτέλεση ενός έργου. Αυτό σημαίνει ότι, σε ένα έργο επιλέγουμε τις δραστηριότητες που απαιτούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να γίνεται βέλτιστη χρήση των πόρων (χρόνος, χρήματα, άνθρωποι, υλικά, μηχανήματα, ενέργεια, χώρος κ.ά.).

Η μέτρηση της προόδου ενός έργου εξαρτάται από έναν αριθμό παραγόντων όπως είναι η τεχνολογία (προδιαγραφές, απόδοση, ποιότητα), ο χρόνος (ορόσημα, ημερομηνίες παράδοσης), το κόστος (μέγεθος επένδυσης, ταμειακές ροές). Ο συνδυασμός αυτών των παραγόντων καθώς και η σχετική τους βαρύτητα αποτελεί βασική απόφαση για τη μέτρηση της απόδοσης αλλά και της επιτυχίας ενός έργου. Η τριάδα αυτή των περιορισμών συχνά αναφέρεται επίσης ως **τρίγωνο διαχείρισης του έργου**, όπου κάθε πλευρά αντιπροσωπεύει έναν περιορισμό. Αλλαγή στη μια κορυφή του τριγώνου προκαλεί αλλαγή στους περιορισμούς που σχετίζονται με τους άλλους παράγοντες. Έτσι αλλαγή στο αντικείμενο των εργασιών του έργου προκαλεί αλλαγή στη διάρκεια του έργου αλλά και στον προϋπολογισμό (Rosen, 2004).

Το σχήμα 1 παρουσιάζει την έννοια της επιτυχίας του έργου. Σύμφωνα με το σχήμα, η επιτυχία ενός έργου εξαρτάται από το παραγόμενο αποτέλεσμα σε σχέση με το ζητούμενο, το κόστος του έργου σε σχέση με τον διαθέσιμο προϋπολογισμό και τον χρόνο ο οποίος απαιτήθηκε για την ολοκλήρωσή του σε σχέση με τον διαθέσιμο.



Σχήμα 1: Οι παράγοντες επιτυχίας ενός έργου.

Ο Maylor (2006) διακρίνει τέσσερις φάσεις διαχείρισης που αποτελούν αυτό που ονομάζεται **κύκλος ζωής** του έργου:

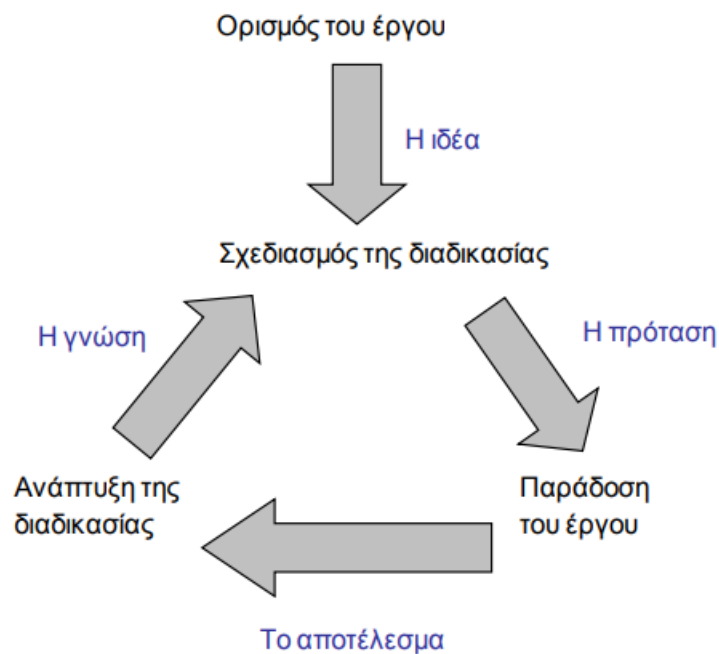
- Ορισμός του έργου,
- Σχεδιασμός της διαδικασίας του έργου,
- Παράδοση του έργου,
- Ανάπτυξη της διαδικασίας.

Στη φάση **Ορισμού του Έργου** καθορίζονται οι λόγοι ύπαρξης του έργου, οι στόχοι του, εξετάζονται οι εναλλακτικές λύσεις για τα προβλήματα που προβλέπονται ότι θα παρουσιασθούν.

Στη φάση του **Σχεδιασμού της διαδικασίας** κατασκευάζεται ένα μοντέλο το οποίο θα αποτελεί τον βέλτιστο τρόπο εκτέλεσης του έργου λαμβάνοντας υπόψη τους διαθέσιμους πόρους, ενώ υπολογίζεται ο πιθανός χρόνος έναρξης και η διάρκειά του έργου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ακόμη και σε αυτό το σημείο δεν έχει δοθεί ακόμη η έγκριση για την έναρξη του έργου, μια και η έγκριση του έργου έρχεται αφού πρώτα αξιολογηθεί το χρηματοοικονομικό κόστος και το όφελος του έργου.

Η φάση της **παράδοσης του έργου** ξεκινά με τη συγκρότηση των ομάδων του έργου, τη συγκέντρωση των απαιτούμενων πόρων, συνεχίζεται με την εκτέλεση των δραστηριοτήτων που έχουν προγραμματιστεί και την παράδοση του τελικού παραδοτέου του έργου.

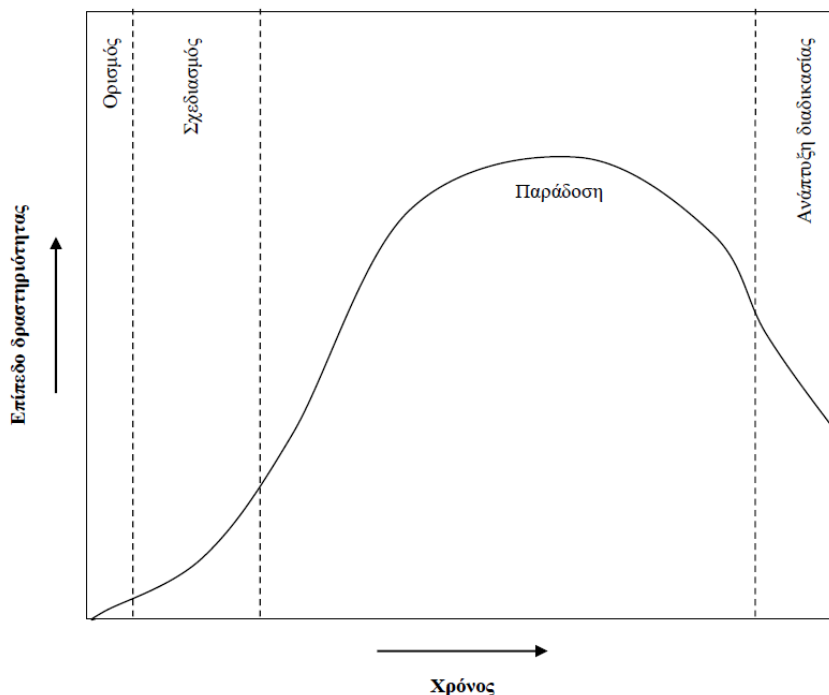
Η τελική φάση είναι αυτή της **ανάπτυξης της διαδικασίας**, όπου γίνεται η ανάλυση των αποτελεσμάτων του έργου για όλους τους συμμετέχοντες. Το αποτέλεσμα είναι η εφαρμογή βελτιώσεων σε διαδικασίες και μεθόδους. Επομένως η φάση της ανάπτυξης της διαδικασίας είναι η φάση αξιολόγησης του έργου και εξαγωγής συμπερασμάτων.



Διάγραμμα 1: Οι φάσεις διαχείρισης ενός έργου (Φιτσιλής, Π., Σταμέλος, Γ. 2007)

Οι παραπάνω φάσεις δεν γίνονται σειριακά, δηλαδή η μια μετά την άλλη, αλλά αντίθετα στην πράξη υπάρχει πάντα επικάλυψη. Για παράδειγμα, μέρος του ορισμού του έργου γίνεται παράλληλα με

τον σχεδιασμό της διαδικασίας. Αν και όλες οι φάσεις του έργου είναι σημαντικές και απαραίτητες, δίνουμε ιδιαίτερη έμφαση στον σχεδιασμό της διαδικασίας, η οποία αποτελεί τη βάση της διαχείρισης του έργου αφού είναι η φάση που ορίζουμε τον τρόπο με



Διάγραμμα 2: Επίπεδο δραστηριότητας ανά φάση του έργου.

τον οποίο θα εκτελεστεί το έργο. Ο σχεδιασμός της διαδικασίας του έργου από την ομάδα διαχείρισης του έργου είναι χρονοβόρα και επίπονη διαδικασία η οποία μάλιστα πρέπει να γίνει σε περιορισμένο χρονικό διάστημα, έτσι ώστε να μπορέσουν να ξεκινήσουν οι υπόλοιπες δραστηριότητες του έργου.

2.3. Εργαλεία διαχείρισης έργων - Χρονοπρογραμματισμός έργου

Προκειμένου για την αποτελεσματική διαχείριση ενός έργου, υιοθετούνται μία σειρά εργαλείων που περιλαμβάνουν τη Δομή Ανάλυσης Εργασιών (WBS), τα Διαγράμματα Δικτύου (ADM, PDM), Gantt, τις μεθόδους CPM και PERT (Project Management Institute, 2013).

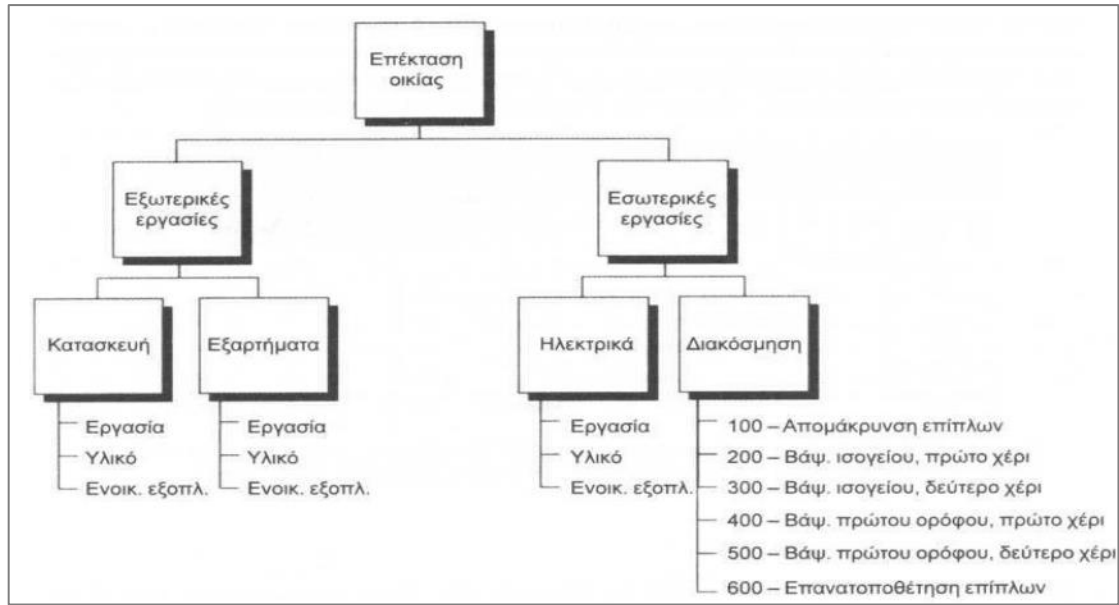
Ειδικότερα, ο χρονοπρογραμματισμός (schedule) του έργου αποτελεί ένα από τα βασικά εργαλεία για την παρακολούθηση και τον έλεγχο ενός έργου. Η βασική του προσέγγιση αφορά στην ανάπτυξη ενός δικτύου δραστηριοτήτων και σχέσεων μεταξύ τους, οι οποίες αναπαριστούν γραφικά την ακολουθία με την οποία θα πρέπει να εκτελεστούν οι δραστηριότητες ενός έργου. Επιπλέον, στο χρονοδιάγραμμα παρουσιάζονται οι πόροι που απαιτούνται για την ολοκλήρωση κάθε δραστηριότητας, το κόστος αυτών, καθώς και οι υπάρχοντες περιορισμοί. Ο χρονοπρογραμματισμός καλείται να απαντήσει σε βασικά ερωτήματα της διαχείρισης έργου:

- Ποια η ημερομηνία ολοκλήρωσης του έργου;
- Ποιες είναι οι κρίσιμες δραστηριότητες του έργου, δηλαδή οι δραστηριότητες εκείνες που αν καθυστερήσουν, καθυστερεί το έργο συνολικά;
- Ποιες είναι οι δραστηριότητες που μπορούν να καθυστερήσουν χωρίς να καθυστερήσει συνολικά το έργο και πόση καθυστέρηση επιτρέπεται να έχουν αυτές οι δραστηριότητες;
- Πότε πρέπει να ξεκινήσει και πότε πρέπει να τελειώσει η κάθε δραστηριότητα;
- Είναι αποδοτικό να επιταχύνουμε την εκτέλεση κάποιων δραστηριοτήτων, για να επιτύχουμε τη συντόμευση της συνολικής διάρκειας του έργου;
- Ποιο είναι το κόστος που έχει το έργο μια δεδομένη χρονική στιγμή και πως αυτό συγκρίνεται με το προϋπολογισθέν κόστος;
- Ποια η πιθανότητα ολοκλήρωσης ενός έργου μια δεδομένη χρονική στιγμή;

Διάφορες τεχνικές έχουν αναπτυχθεί για την προσέγγιση του χρονοδιαγράμματος με πιο γνωστές τη μέθοδο PERT (Program Evaluation and Review Technique) και τη μέθοδο της κρίσιμης διαδρομής (Critical Path Method, CPM).

2.4 Διάγραμμα Αναλυτικής Ιεραρχικής Δομής (Work Breakdown Structure)

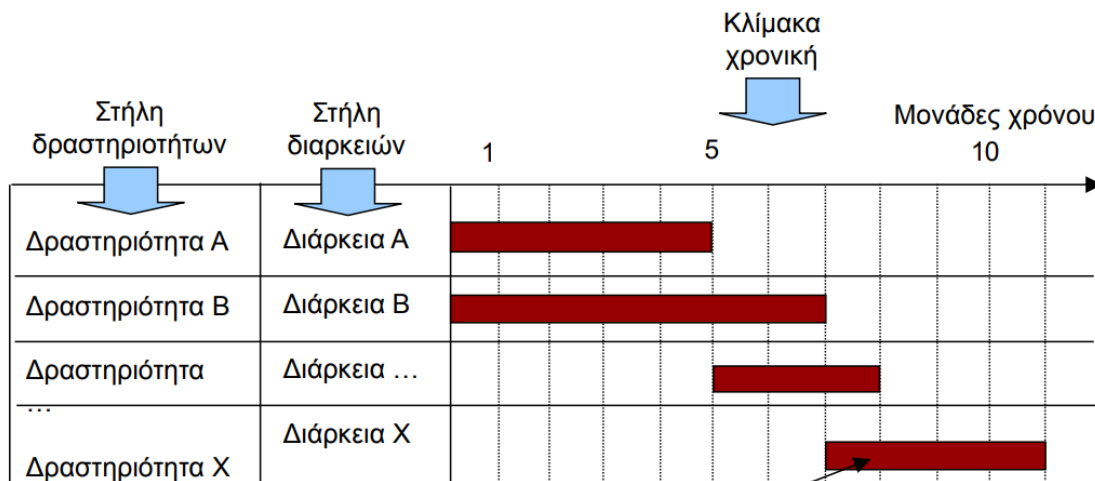
Η Αναλυτική Ιεραρχική Δομή (Work Breakdown Structure - WBS) αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο της διαδικασίας του σχεδιασμού και ένα σημαντικό εργαλείο της Διαχείρισης Έργων. Εφαρμόζοντας την WBS, ένα έργο υποδιαιρείται σε στοιχειώδεις ανεξάρτητες δραστηριότητες (ή πακέτα εργασίας) διαχειρίσιμες και μετρήσιμες, με αποτέλεσμα να διευκολύνεται ο έλεγχος και η παρακολούθηση των δύο σημαντικότερων περιορισμών του, του χρόνου και του κόστους. Πρόκειται ουσιαστικά, για μια διατεταγμένη ιεραρχική λίστα που στην κορυφή της ανάλυσης βρίσκεται το τελικό αποτέλεσμα (έργο ή προϊόν), ενώ στα κατώτερα επίπεδα βρίσκονται οι επιμέρους δραστηριότητες (ή πακέτα εργασίας) που πρέπει να εκπονηθούν ώστε να θεωρηθεί το έργο ολοκληρωμένο. Είναι κατανοητό, ότι ο υπεύθυνος έργου θα ξεκινήσει τη διαμόρφωση της WBS από πάνω προς τα κάτω (TopDown approach), δηλαδή ορίζοντας με σαφήνεια πρώτα το τελικό αποτέλεσμα και στη συνέχεια υποδιαιρώντας το σε τόσα μικρότερα έργα, όσα απαιτούνται για την πλήρη υλοποίηση και τον έλεγχό του έργου (Klastorin, 2004).



Σχήμα 2: WBS Λίστα δραστηριοτήτων (ΕΝΟΤΗΤΑ 5. ΧΡΟΝΟΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΡΓΟΥ ΔΙΚΤΥΑ ΕΡΓΟΥ – ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΡΙΣΙΜΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ (CPM) – Μ. Μαρκάκη, 2020)

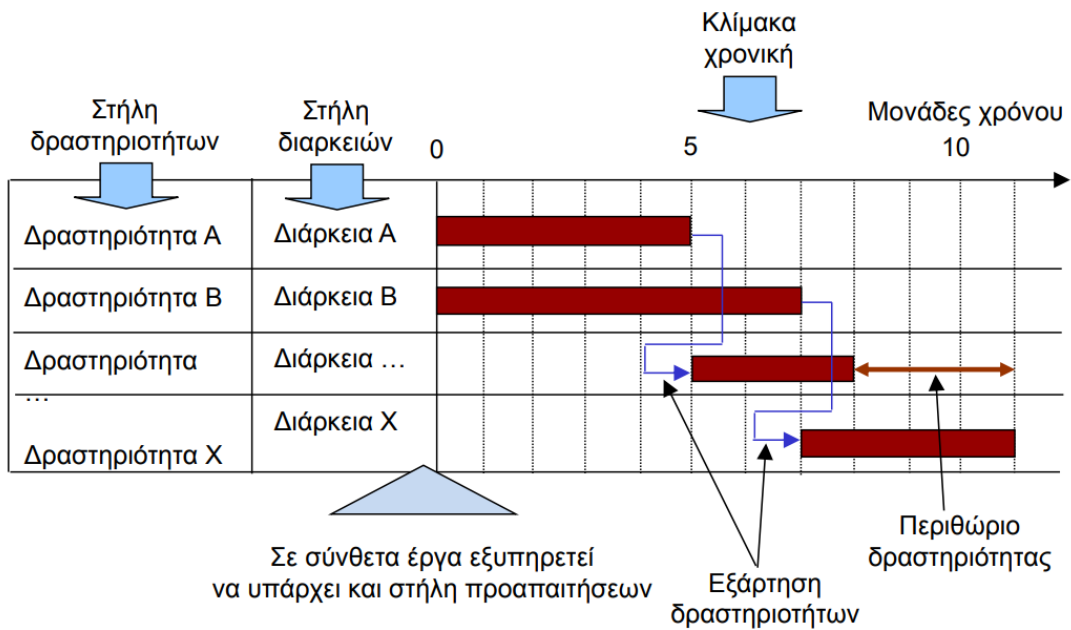
2.5 Το διάγραμμα Gantt

Πρόκειται για έναν τύπο γραφικής αναπαράστασης χρονοδιαγράμματος. Αρχικά, όλο το έργο αναλύεται σε επί μέρους εργασίες που ονομάζονται δραστηριότητες. Η πιο συχνή και απλούστερη μορφή του διαγράμματος Gantt είναι το οριζόντιο ραβδόγραμμα στο οποίο το μήκος της οριζόντιας ράβδου που αντιστοιχεί σε κάθε δραστηριότητα είναι ανάλογο με την διάρκειά της.



Χρόνος που απαιτείται για την εκτέλεση της δραστηριότητας X

Διάγραμμα 3: Δομή Διαγράμματος Gantt (Κηρυττόπουλος, 2020)



Διάγραμμα 4: Δομή Διαγράμματος Gantt με σύνδεση δραστηριοτήτων (Κηρυττόπουλος, 2020)

Στα πλεονεκτήματα της μεθόδου Gantt, σύμφωνα με τον Maylor (2006), είναι ότι σχεδιάζεται και διαβάζεται εύκολα, είναι κατάλληλη για στατικό περιβάλλον, είναι χρήσιμη για την επισκόπηση των δραστηριοτήτων ενός έργου και έχει ευρεία χρήση.

Στον αντίποδα, είναι δύσκολη η ενημέρωση του διαγράμματος, ενώ δεν βοηθάει στη βελτιστοποίηση της κατανομής πόρων, καθώς δεν συνδέει τον χρόνο με το κόστος.

2.6 Δικτυωτή ανάλυση στη Διαχείριση Έργων

2.6.1 Μέθοδοι CPM & PERT

Τα μοντέλα δικτύου μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βοήθημα στον προγραμματισμό μεγάλων, πολύπλοκων έργων που αποτελούνται από πολλές δραστηριότητες. Η μέθοδος **PERT** αναπτύχθηκε από τους Booz, Allen και Hamilton το 1958 με σκοπό την καλύτερη διαχείριση των περίπου 11.000 υπεργολάβων που συμμετείχαν στο έργο της ανάπτυξης του πυραύλου Polaris. Αντίστοιχα, η μέθοδος **CPM** είναι αποτέλεσμα της κοινής προσπάθειας των M. Walker της εταιρείας DuPont και του J. Kelly της εταιρείας Remington Rand, που είχαν ως βασικό στόχο το χρονοπρογραμματισμό της συντήρησης σε χημικά εργοστάσια. Η βασική 3διαφορά των δύο μεθόδων είναι ότι στη μέθοδο **CPM** η χρονική διάρκεια των δραστηριοτήτων είναι προκαθορισμένη, ενώ στη μέθοδο **PERT** η χρονική διάρκεια μιας δραστηριότητας αναπαρίσταται ως μια τυχαία μεταβλητή, η οποία σχετίζεται με τρεις εκτιμήσεις διάρκειας: την αισιόδοξη, την απαισιόδοξη και την πιο πιθανή. Το CPM μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να προσδιοριστεί πόσο μπορεί κάθε δραστηριότητα στο έργο να καθυστερήσει, χωρίς να καθυστερήσει η ολοκλήρωση του έργου. Αναλυτικότερα, οι διαφορές των δύο μεθόδων παρουσιάζονται σύμφωνα στον πίνακα 1 (Sharma, 2006). Ωστόσο, με το πέρασμα των χρόνων φαίνεται να έχει δημιουργηθεί μια ενιαία τεχνική PERT/CPM, ενώ χρησιμοποιούνται δύο τύποι δικτύων τα οποία είναι γνωστά ως δίκτυα προτεραιοτήτων, με το πρώτο να ονομάζεται «Δραστηριότητα Στον Κόμβο» (AON - Activity

On Node) και το δεύτερο να ονομάζεται «Δραστηριότητα Στην Ακμή» (AOA - Activity On Arrow).

Πίνακας 1: Βασικές διαφορές μεθόδων PERT & CPM

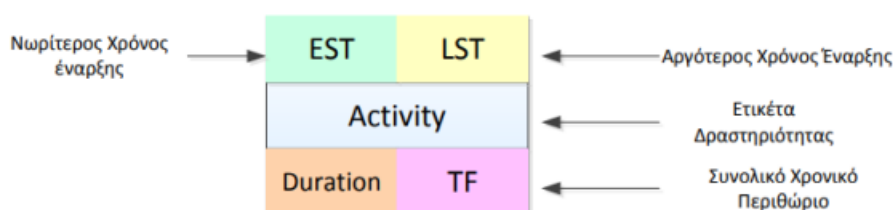
PERT	CPM
<ul style="list-style-type: none"> • Χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό και τον έλεγχο έργων των οποίων οι δραστηριότητες υπόκεινται σε αβεβαιότητα των χρόνων εκτέλεσής τους. Είναι ένα πιθανοτικό μοντέλο • Οι δραστηριότητες αναπαριστούνται με ακμές. • Δεν διαφοροποιεί κρίσιμες και μη κρίσιμες δραστηριότητες (λόγω στοχαστικότητας) • Χρησιμ. σε έργα όπου υπάρχουν διαθέσιμοι πόροι και η έμφαση δίνεται στη χρονική διάσταση του εγχειρήματος • Κατάλληλη τεχνική για έργα Έρευνας και Ανάπτυξης όπου οι χρόνοι δεν μπορούν να προσδιοριστούν με ακρίβεια 	<ul style="list-style-type: none"> • Χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό και τον έλεγχο έργων των οποίων οι δραστηριότητες δεν αντιμετωπίζουν αβέβαιους χρόνους εκτέλεσης. Είναι ένα προσδιοριστικό μοντέλο • Οι δραστηριότητες αναπαριστούνται με κόμβους • Διαφοροποιεί ξεκάθαρα τις κρίσιμες δραστηριότητες από οποιεσδήποτε άλλες. • Χρησιμοποιείται σε έργα όπου το συνολικό κόστος είναι πρωταρχικής σημασίας για τη μείωση του χρόνου του έργου • Κατάλληλη τεχνική για κατασκευαστικά έργα

2.6.2 Δίκτυα προτεραιότητας AON & AOA

Σύμφωνα με τους Winston και Goldberg 2004 για να εφαρμόσουμε τις μεθόδους CPM και PERT, χρειαζόμαστε μια λίστα με τις δραστηριότητες που απαρτίζουν το έργο, το οποίο θεωρείται ότι έχει ολοκληρωθεί όταν έχουν ολοκληρωθεί όλες οι δραστηριότητες. Για κάθε δραστηριότητα, υπάρχει ένα σύνολο δραστηριοτήτων (που ονομάζονται «προαπαιτούμενες» της δραστηριότητας) που πρέπει να έχει ολοκληρωθεί πριν από την έναρξη της δραστηριότητας. Ένα δίκτυο έργου χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει τις σχέσεις προτεραιότητας μεταξύ των δραστηριοτήτων.

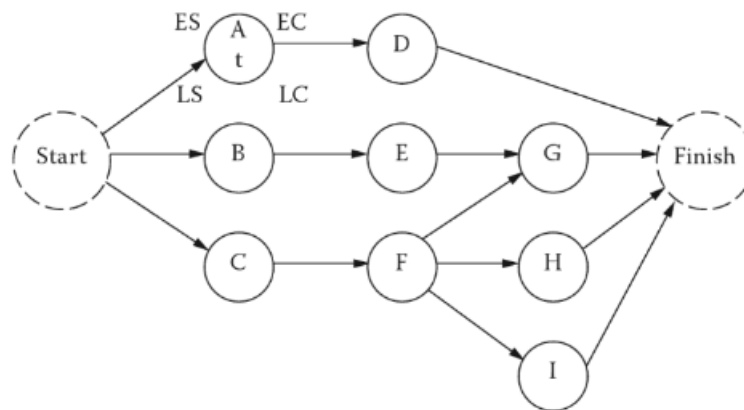
Σύμφωνα με τον Κηρυττόπουλο (2012), μια Δραστηριότητα είναι ένα τμήμα του έργου το οποίο απαιτεί πόρους και έχει σαφώς καθορισμένη αρχή και πέρας. Μια Δραστηριότητα μπορεί να παρουσιαστεί ως βέλος (βέλος δραστηριότητας) ή ως κόμβος (κόμβος δραστηριότητας) και αντίστοιχα το δίκτυο έργου διακρίνεται σε τοξωτό, εφόσον οι δραστηριότητες παριστάνονται ως βέλη, ή σε κομβικό, όταν οι δραστηριότητες παριστάνονται ως κόμβοι.

Σε ένα **Δίκτυο Προτεραιότητας AON**, η κάθε εργασία απεικονίζεται χωρίς να σχετίζεται με την χρονική της εξέλιξη, παρουσιάζοντας όμως όλες τις σχέσεις μεταξύ διαφόρων εργασιών.



Σχήμα 3: Κομβικό δίκτυο (Κάραλη, 2015).

Στην γραφική απεικόνιση (βλ. Διάγραμμα 5) ενός Δικτύου Προτεραιοτήτων AON, εμφανίζονται δύο επιπλέον κόμβοι οι οποίοι αποτελούν τα λεγόμενα σημεία-ορόσημα της Έναρξης και Λήξης του έργου τα οποία έχουν μηδενικό χρόνο. Τα δίκτυα τύπου AON αναπτύσσονται από αριστερά προς τα δεξιά και δεν επιτρέπονται οι λεγόμενοι “κύκλοι” μεταξύ των δραστηριοτήτων, δηλαδή η ύπαρξη μονοπατιών που οδηγούν προς τα πίσω, κάτι που υποδεικνύεται γραφικά μέσω της φοράς των βελών στις ακμές. Επίσης, πρέπει να διευκρινιστεί ότι το μήκος κάθε ακμής δεν είναι ανάλογο της χρονικής διάρκειας κάθε δραστηριότητας (Οικονόμου και Γεωργίου, 2000; Klastorin, 2004).



Διάγραμμα 5: Δίκτυο προτεραιοτήτων τύπου AON, Πηγή: Badiru and Kovach (2012)

Από το παραπάνω διάγραμμα αντλούνται αρκετές πληροφορίες, όπως: οι δραστηριότητες A, B, C δεν έχουν άμεσα προαπαιτούμενες και μπορούν να ξεκινήσουν χωρίς δεσμεύσεις. Επίσης, ενώ δεν φαίνεται διαγραμματικά αν οι τρεις αυτές δραστηριότητες ξεκινούν ταυτόχρονα ή σε διαφορετικά χρονικά σημεία, γίνεται σαφές ότι, με βάση τη σχέση τύπου FS, προκειμένου να ξεκινήσουν οι D, E και F πρέπει να έχουν ολοκληρωθεί οι A, B και C, αντίστοιχα. Για να ξεκινήσει η G πρέπει να έχουν ολοκληρωθεί (όχι αναγκαστικά ταυτόχρονα) οι E και F, για να ξεκινήσει η H και η I, πρέπει να έχει ολοκληρωθεί η F.

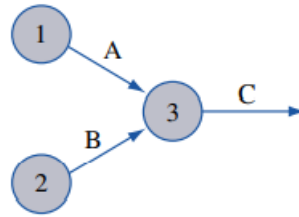
Ένα **Δίκτυο προτεραιοτήτων AOA** χρησιμοποιεί τις ακμές (κατευθυνόμενα τόξα) για να αναπαραστήσει κάθε δραστηριότητα και τους κόμβους για να αναπαραστήσει την ολοκλήρωση ενός συνόλου δραστηριοτήτων. (Για αυτόν τον λόγο, συχνά αναφερόμαστε στους κόμβους του δικτύου του έργου μας, ως «συμβάντα»). Λαμβάνοντας υπόψη έναν κατάλογο δραστηριοτήτων και προαπαιτούμενων, η αναπαράσταση ενός δικτύου προτεραιοτήτων AOA ενός έργου μπορεί να κατασκευαστεί χρησιμοποιώντας τους ακόλουθους κανόνες (Winston και Goldberg 2004):

1. Ο Κόμβος 1 αντιπροσωπεύει την έναρξη του έργου. Ένα τόξο πρέπει να έπεται του κόμβου 1 που να αντιπροσωπεύει κάθε δραστηριότητα που δεν έχει προηγούμενη (προαπαιτούμενη).

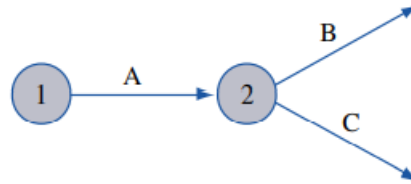
Σχήμα 4: Η δραστηριότητα A πρέπει να έχει ολοκληρωθεί πριν ξεκινήσει η B



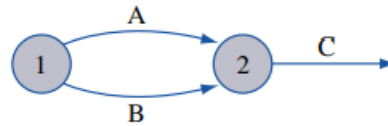
Σχήμα 5: Η δραστηριότητες A και B πρέπει να έχουν ολοκληρωθεί πριν ξεκινήσει η C



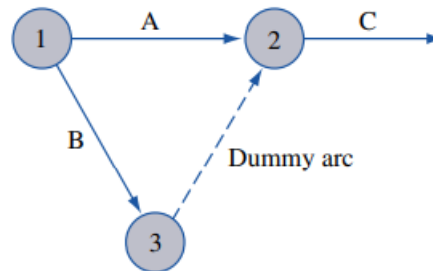
Σχήμα 6: Η δραστηριότητες A πρέπει να έχει ολοκληρωθεί πριν ξεκινήσουν οι δραστηριότητες B και C



Σχήμα 7: Παράβαση του Κανόνα 5



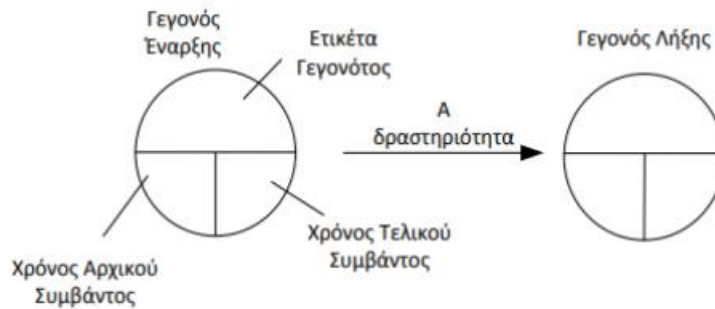
Σχήμα 8: Χρήση εικονικής δραστηριότητας (ψευδοδραστηριότητας)



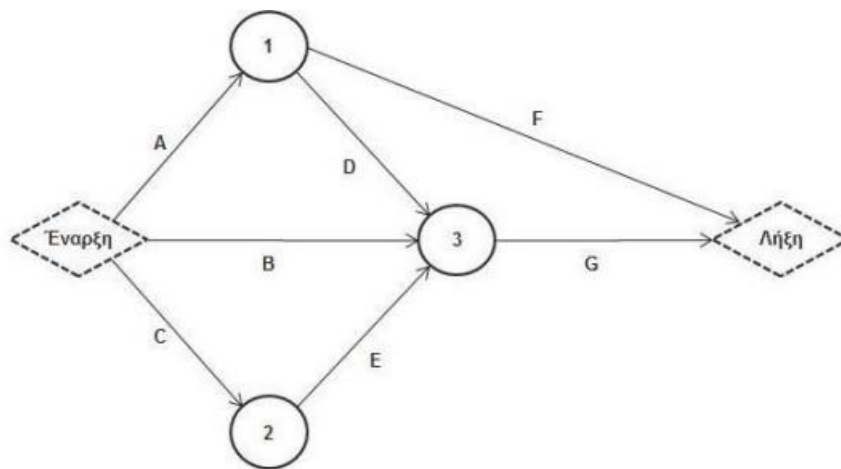
2. Θα πρέπει να περιλαμβάνεται στο δίκτυο ένας κόμβος (που ονομάζεται κόμβος **τερματισμού**) που αντιπροσωπεύει την ολοκλήρωση του έργου.
3. Αρίθμηση των κόμβων του δικτύου, έτσι ώστε ο κόμβος που αντιπροσωπεύει την ολοκλήρωση μιας δραστηριότητας να έχει πάντα μεγαλύτερο αριθμό από τον κόμβο που αντιπροσωπεύει την έναρξη μιας δραστηριότητας (μπορεί να υπάρχουν περισσότερα από ένα σχήματα αρίθμησης που ικανοποιούν τον κανόνα 3).
4. Μια δραστηριότητα δεν πρέπει να αντιπροσωπεύεται από περισσότερα από ένα τόξα στο δίκτυο.
5. Δύο κόμβοι μπορούν να συνδεθούν το πολύ με ένα τόξο.

Για να αποφευχθεί η παραβίαση των κανόνων 4 και 5, μερικές φορές είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί μια εικονική δραστηριότητα (ψευδοδραστηριότητα) που διαρκεί μηδέν χρόνο. Για παράδειγμα, αν υποθέσουμε ότι οι δραστηριότητες A και B είναι και οι δύο προκάτοχοι της δραστηριότητας Γ και μπορεί να ξεκινήσουν ταυτόχρονα. Ελλείψει του κανόνα 5, θα μπορούσαμε να το αναπαραστήσουμε με το Σχήμα 7. Ωστόσο, επειδή οι κόμβοι 1 και 2 συνδέονται με περισσότερα από ένα τόξα, το Σχήμα 7 παραβιάζει τον κανόνα 5. Χρησιμοποιώντας μια εικονική δραστηριότητα (που υποδεικνύεται από ένα διάστικτο τόξο), όπως στο Σχήμα 8, μπορούμε να αντιπροσωπεύσουμε το γεγονός ότι το A και το B είναι και οι δύο προαπαιτούμενες δραστηριότητες της C. Το Σχήμα 8 διασφαλίζει ότι η δραστηριότητα

C δεν μπορεί να ξεκινήσει πριν να ολοκληρωθούν οι A και B, ενώ ταυτόχρονα δεν παραβιάζει τον κανόνα 5.



Σχήμα 9: Τοξωτό δίκτυο (Κάραλη, 2015)



Διάγραμμα 6: Δίκτυο προτεραιοτήτων τύπου AOA

Αναλύοντας το παραπάνω διάγραμμα, φαίνεται ότι οι δραστηριότητες A, B και C ξεκινούν χωρίς άμεσα προαπαιτούμενες και χωρίς να φαίνεται, τουλάχιστον γραφικά, αν ξεκινούν ταυτόχρονα. Το σημείο λήξης της δραστηριότητας A, δηλαδή ο κόμβος 1, αποτελεί σημείο έναρξης για τις D και F, ενώ ο κόμβος 2 αποτελεί σημείο λήξης για τη C και σημείο έναρξης της E. Χαρακτηριστικό του συγκεκριμένου διαγράμματος είναι ότι οι δραστηριότητες B, D και E, ως άμεσα προαπαιτούμενες της G, έχουν ως σημείο λήξης τον ίδιο κόμβο (κόμβος 3) έτσι ώστε να γίνει σαφής η σχέση προτεραιότητας που τις συνδέει με την G, αφού ο κόμβος αυτός αποτελεί το σημείο έναρξης της τελευταίας. Τέλος, με το πέρας των F και G ολοκληρώνεται το έργο

Συγκρίνοντας αυτά τα δύο είδη δικτύων φαίνεται ότι τα τοξωτά δίκτυα καταρτίζονται και τροποποιούνται πιο εύκολα από τα κομβικά, είναι περισσότερα κατανοητά σε κάποιον μη ειδικό, ενώ σημειώνονται εύκολα σε αυτά τα ορόσημα. Από την άλλη, στα κομβικά δίκτυα δεν υπάρχουν εικονικές δραστηριότητες και όλες οι πληροφορίες για τις δραστηριότητες αναφέρονται μέσα στο πλαίσιο.

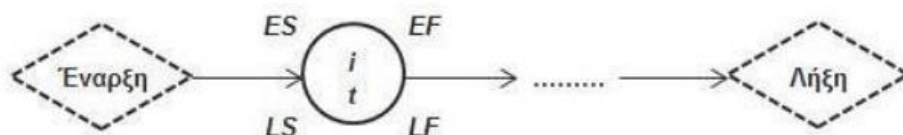
2.6.3 Η μέθοδος της κρίσιμης διαδρομής - Critical Path Method

Η μέθοδος CPM αποτελεί μία μορφή προγραμματισμού των δραστηριοτήτων ενός έργου με τη χρήση μαθηματικών (Δημητριάδης, 2009).

Μέσω της μεθόδου του κρίσιμου μονοπατιού μπορεί να αποδοθεί ο χρονοπρογραμματισμός του έργου και να εντοπιστεί ο χρόνος ολοκλήρωσής του. Το αναφερόμενο ως κρίσιμο μονοπάτι σηματοδοτεί τη διαδρομή με το μεγαλύτερο μήκος, αλλά και τον ελάχιστο χρόνο που δύναται ολοκληρωθεί το έργο, αφού οποιαδήποτε καθυστέρηση στο κρίσιμο μονοπάτι καθυστερεί ολόκληρο το έργο (Φιτσιλής, 2019). Για να εντοπιστεί το κρίσιμο μονοπάτι θα πρέπει αρχικά να προσδιοριστούν οι τιμές των νωρίτερων και βραδύτερων χρόνων έναρξης και λήξης της κάθε δραστηριότητας, καθώς επίσης και το περιθώριο χρόνου καθεμιάς εξ' αυτών.

Η τεχνική της απαρίθμησης των μονοπατιών ενός δικτύου δραστηριοτήτων προκειμένου να προσδιορισθεί ο ελάχιστος χρόνος ενός έργου αποτελεί δύσκολο εγχείρημα όταν πρόκειται για ένα ρεαλιστικό έργο όπου αποτελείται από πλήθος δραστηριοτήτων οι οποίες απεικονίζονται γραφικά με ένα μεγάλο αριθμό κόμβων και σχέσεων προτεραιοτήτων μεταξύ τους. Έτσι, για την εύρεση του κρίσιμου μονοπατιού ανεξάρτητα από το μέγεθος του έργου ακολουθούνται δύο υπολογιστικές διαδικασίες: το προδρομικό πέρασμα και το οπισθοδρομικό πέρασμα (Οικονόμου και Γεωργίου, 2000). Το προδρομικό πέρασμα καθορίζει το νωρίτερο δυνατό χρόνο έναρξης και ολοκλήρωσης κάθε δραστηριότητας στο δίκτυο, ενώ το οπισθοδρομικό πέρασμα καθορίζει τον αργότερο δυνατό χρόνο έναρξης και λήξης τους.

Ακολουθώντας τη διαδικασία του προδρομικού περάσματος γίνεται η υπόθεση ότι κάθε δραστηριότητα θα ξεκινήσει στο νωρίτερο δυνατό χρόνο, δηλαδή μόλις έχει ολοκληρωθεί η άμεσα προηγούμενη δραστηριότητα (σχέση τύπου Finish-To-Start, FS). Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας καθορίζει το νωρίτερο χρόνο ολοκλήρωσης ενός έργου. Η οπισθοδρομική ανάλυση από την άλλη ξεκινάει από τον αργότερο χρόνο ολοκλήρωσης ενός έργου και καταλήγει στον αργότερο χρόνο έναρξης της πρώτης δραστηριότητας. Γραφικά αυτό σημαίνει ότι ξεκινάει από το ορόσημο της λήξης (δεδομένου ότι έχει προηγηθεί το προδρομικό πέρασμα) και κάνει υπολογισμούς οδεύοντας προς το ορόσημο της Έναρξης. Οι δύο διαδικασίες χρησιμοποιούν τους παρακάτω συμβολισμούς, ενώ ένας ενδεικτικός τρόπος απεικόνισης των αντίστοιχων τιμών τους στο δίκτυο δίνεται από το Διάγραμμα 7:



Διάγραμμα 7: Απεικόνιση υπολογισμών ES, EF, LS, LF στο δίκτυο

i δραστηριότητα (A, B, C, E, ...)

ES i νωρίτερος χρόνος έναρξης της i δραστηριότητας

EF i νωρίτερος χρόνος ολοκλήρωσης/λήξης της i δραστηριότητας

LS i αργότερος χρόνος έναρξης της i δραστηριότητας

LF i αργότερος χρόνος ολοκλήρωσης/λήξης της i δραστηριότητας

t_i διάρκεια της i δραστηριότητας

Διευκρινίζεται και πάλι σχετικά με τα ορόσημα Έναρξης και Λήξης απαιτούν μηδενικό χρόνο, όπως και οι εικονικές μεταβλητές στην περίπτωση που γίνεται ανάλυση μέσω δικτύου τύπου AOA. Έτσι, οι κανόνες υπολογισμού των τιμών ES, EF, LS και LF για όλους τους κόμβους στο δίκτυο προκειμένου να βρεθεί το κρίσιμο μονοπάτι είναι:

- Ο αρχικός χρόνος του έργου είναι ίσος με μηδέν (εκτός κι αν έχει οριστεί κάτι άλλο):
 $ES_{START} = 0$
- **ES-Earliest Start:** ο νωρίτερος χρόνος έναρξης της δραστηριότητας
 - Αν σε μια δραστηριότητα καταλήγει μία μόνο διαδρομή, τότε το ES ισούται με το EF της προηγούμενης (προκατόχου)
 - Αν σε μια δραστηριότητα καταλήγουν περισσότερες της μίας διαδρομές, τότε το ES ισούται με τη μέγιστη τιμή των EF των προηγούμενων δραστηριοτήτων
- **EF-Earliest Finish:** ο νωρίτερος χρόνος λήξης της δραστηριότητας
 - Η τιμή EF μιας δραστηριότητας ισούται με το άθροισμα της τιμής του χρόνου ES και της διάρκειας αυτής, δηλαδή $EF = ES + \text{Διάρκεια (D)}$
- **EF του έργου = EF της τελευταίας δραστηριότητας = EF_{END} :** Ο νωρίτερος χρόνος ολοκλήρωσης ενός έργου ισούται με το νωρίτερο χρόνο ολοκλήρωσης του τελευταίου κόμβου στο δίκτυο
- Σύμφωνα με τη συνθήκη μηδενικού χαλαρού χρόνου, ο αργότερος χρόνος ολοκλήρωσης ενός έργου ισούται με το νωρίτερο χρόνο ολοκλήρωσής του: **LF του έργου = EF του έργου**
- **LF-Latest Finish:** ο αργότερος χρόνος ολοκλήρωσης μιας δραστηριότητας ισούται με τον ελάχιστο από τους αργότερους χρόνους έναρξης LS όλων των άμεσα επόμενων δραστηριοτήτων:
 - Αν σε μια δραστηριότητα καταλήγει μία μόνο διαδρομή, τότε το LF ισούται με το LS της προηγούμενης
 - Αν σε μια δραστηριότητα καταλήγουν περισσότερες της μίας διαδρομές, τότε το LF ισούται με την ελάχιστη τιμή LS των προηγούμενων δραστηριοτήτων
- **LS-Latest Start:** ο βραδύτερος χρόνος έναρξης της δραστηριότητας
Η τιμή LS μιας δραστηριότητας ισούται με τη διαφορά της τιμής του χρόνου LF και της διάρκειας αυτής, δηλαδή $LS = LF - \text{Διάρκεια (t}_i\text{)}$
- **SL-Total Slack ή Total Float:** το συνολικό περιθώριο χρόνου ή πλήρες απόθεμα χρόνου, αντιπροσωπεύει το χρονικό διάστημα που μπορεί να καθυστερήσει μια δραστηριότητα χωρίς να καθυστερήσει η έναρξη του έργου
 - Η τιμή SL μιας δραστηριότητας ισούται με τη διαφορά μεταξύ του νωρίτερου και του βραδύτερου χρόνου έναρξης ή με τη διαφορά μεταξύ του νωρίτερου και του βραδύτερου χρόνου λήξης αυτής, δηλαδή $SL = LS - ES = LF - EF$

Αξίζει να σημειωθεί ότι, οι δραστηριότητες με περιθώριο χρόνο ίσο με το μηδέν ($SL = 0$) είναι οι πιο σημαντικές και ονομάζονται κρίσιμες δραστηριότητες, καθορίζοντας την κρίσιμη διαδρομή. Το άθροισμα της διάρκειας των επιμέρους κρίσιμων δραστηριοτήτων αποτελεί και τη διάρκεια ολοκλήρωσης του συνολικού έργου, ενώ η καθυστέρηση των κρίσιμων δραστηριοτήτων συνεπάγεται και την καθυστέρηση του έργου (Μανωλιάδης, κ.ά., 2003).

2.6.4 PERT- Project Evaluation and Review Technique

Καθώς η χρονική διάρκεια, ως συνεχής, τυχαία μεταβλητή, δίνει πολύ μικρή έως μηδενική πιθανότητα ολοκλήρωσης ενός έργου, σε μία συγκεκριμένη τιμή, η ανάλυση μέσω της στοχαστικής PERT/CPM αναπτύχθηκε θεωρώντας ότι οι εκτιμήσεις του χρόνου ολοκλήρωσης των επιμέρους δραστηριοτήτων ενός έργου πρέπει να κυμαίνονται εντός κάποιου εύρους.

Ειδικότερα, η PERT στηρίχθηκε στη λογική καθορισμού τριών εκτιμήσεων για τη χρονική διάρκεια κάθε δραστηριότητας πάνω στις οποίες αναπτύχθηκε η κυρίως μετέπειτα ανάλυση (Malcolm et al., 1959):

- **Αισιόδοξος χρόνος (Optimistic time, a)** Είναι η μικρότερη χρονική διάρκεια στην οποία μπορεί να εκτελεστεί η δραστηριότητα, δεδομένου ότι όλα πάνε υπερβολικά καλά.
- **Πλέον πιθανός χρόνος (Most likely time, m)** Είναι η πλέον συνηθισμένη τιμή του χρόνου στον οποίο μπορεί να ολοκληρωθεί η δραστηριότητα.
- **Απαισιόδοξος χρόνος (Pessimistic time, b)** Είναι ο μεγαλύτερος δυνατός χρόνος που μπορεί να χρεωθεί σε μία δραστηριότητα λαμβάνοντας υπόψη όλες τις αρνητικές συνθήκες που μπορούν να καθυστερήσουν την ολοκλήρωσή της.

Η Μέση τιμή (Mean) της κατανομής μπορεί να καθορίσει τον Αναμενόμενο Χρόνο (**Expected Time**) – T_e της εκάστοτε δραστηριότητας, δηλαδή τον απαραίτητο μέσο χρόνο για την εκτέλεση. Οπότε, σε κάθε δραστηριότητα i θα αντιστοιχεί μια χρονική διάρκεια που δίνεται από τη σχέση:

$$T_{ei} = \frac{(ai + 4m + bi)}{6}$$

Στον ακόλουθο πίνακα, συνοψίζονται τα δυνατά σημεία της τεχνικής PERT (Δημητριάδης, 2009)

Πίνακας 2: δυνατά σημεία της τεχνικής PERT (Δημητριάδης, 2009)

ΔΥΝΑΤΑ ΣΗΜΕΙΑ	ΑΔΥΝΑΜΙΕΣ
<ul style="list-style-type: none"> •Μεγάλες ποσότητες πληροφοριακού υλικού μπορούν να ταξινομηθούν με ευκολία σ' ένα διάγραμμα και γίνουν με ευκολία κατανοητές. •Η πρώιμη έναρξη, η καθυστερημένη έναρξη και η χαλαρότητα της εκάστοτε δραστηριότητας είναι εύκολα αναγνωρίσιμες. •Η αναγνώριση της κρίσιμης διαδρομής είναι εύκολη και ευκρινής. •Εύκολη κατανόηση εξαρτήσεων ελαττώνοντας, κατ' αυτό τον τρόπο, το συνολικό χρόνο του έργου. •Οι εξαρτήσεις ανάμεσα στα στοιχεία WBS είναι εναργώς καθορισμένες και ορατές. 	<ul style="list-style-type: none"> •Τα γραφήματα ενίοτε είναι πιο μεγάλα και προϋποθέτουν την ύπαρξη ειδικού χαρτιού για εκτύπωση • Δεν είναι κλιμακωτά για μικρά έργα.

2.7 Συμπίεση Έργου: Οικονομική διάσταση του έργου και η συντόμευση της διάρκειάς του

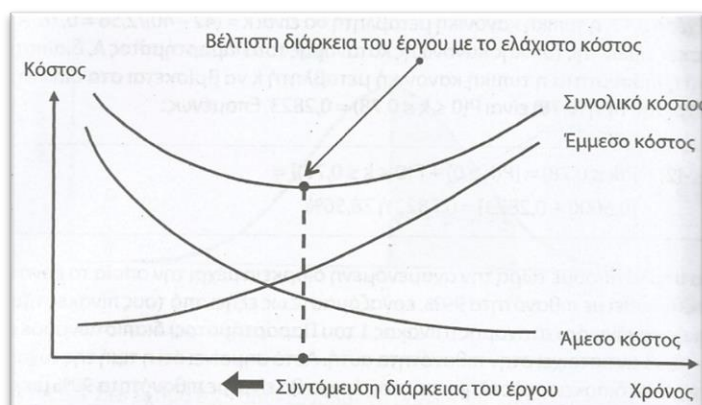
Σύμφωνα με τους Winston και Goldberg (2004), υπάρχουν πολλές περιπτώσεις, που ο υπεύθυνος έργου πρέπει να ολοκληρώσει το έργο σε λιγότερο χρόνο από τη διάρκεια της κρίσιμης διαδρομής. Έτσι, για παράδειγμα, αν υποθέσουμε ότι η εταιρεία ηλεκτρονικού εμπορίου και κατασκευής WidgetCo, Inc. πιστεύει ότι έχει οποιαδήποτε πιθανότητα επιτυχίας, εφόσον το προϊόν «3» είναι διαθέσιμο προς πώληση πριν το προϊόν του ανταγωνιστή βγει στην αγορά και υποθέτοντας ότι η Widgetco γνωρίζει ότι το προϊόν του ανταγωνιστή είναι προγραμματισμένο για να βγει στην αγορά σε 26 ημέρες από τώρα, επομένως η Widgetco πρέπει να παρουσιάσει το προϊόν «3» εντός 25 ημερών. Με την προϋπόθεση ότι η **κρίσιμη διαδρομή** για την ανάπτυξη του εν λόγω έργου έχει υπολογιστεί σε **38 ημέρες**, η Widgetco θα πρέπει να **δαπανήσει πρόσθετους πόρους για να τηρήσει την προθεσμία του έργου των 25 ημερών**. Σε μια τέτοια κατάσταση, ο γραμμικός προγραμματισμός μπορεί συχνά να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της κατανομής των πόρων που ελαχιστοποιεί το κόστος προκειμένου για την τήρηση των ορόσημων του έργου.

Η συμπίεση δεν έχει νόημα για μια δραστηριότητα για την οποία δεν μπορούμε να επηρεάσουμε τη χρονική της εξέλιξη, όπως για παράδειγμα η διαδικασία πήξης του σκυροδέματος. Στις πιο πολλές περιπτώσεις όμως, ο χρόνος που απαιτείται για μια εργασία εξαρτάται από την ένταση με την οποία εκτελείται αυτή. Αν δηλαδή σε μια δραστηριότητα ασχοληθούν περισσότερα άτομα ή με πιο μεγάλη ένταση ή με περισσότερα εργαλεία, τότε θα επηρεαστεί η διάρκεια της δραστηριότητας. Οι βασικές μορφές των διαρκείων των δραστηριοτήτων είναι οι Κανονικές (normal) και οι Συμπιεσμένες (crashed).

Η συμπίεση (Jaśkowski, 2020) είναι η διαδικασία βάσει της οποίας η διάρκεια μιας δραστηριότητας συντομεύεται με την προσθήκη πόρων και την καταβολή πρόσθετου άμεσου κόστους. Ένα συμπιεσμένο πρόγραμμα περιλαμβάνει δραστηριότητες που εκτελούνται πιο γρήγορα με αποτέλεσμα να διατίθενται σε αυτό σε απόλυτο αριθμό ανά περίοδο περισσότεροι πόροι. Σύμφωνα με τον Jaśkowski (2020), το πιο συχνό πρόβλημα στον προγραμματισμό κατασκευαστικών έργων είναι, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η ελαχιστοποίηση της διάρκειας ενός έργου. Οι μέθοδοι συμπίεσης μπορούν να χωριστούν χονδρικά στις ακόλουθες ομάδες:

- Χρησιμοποιώντας την προσέγγιση της γραμμικής προσομοίωσης και ένα σταθερό ρυθμό εργασίας των συνεργείων (για την εξάλειψη της διαταραχής στη ροή εργασιών και την εξάλειψη του μη παραγωγικού χρόνου),
- Με προσθήκη επιπλέον πόρων ή αλλαγή του τρόπου εκτέλεσης επιλεγμένων δραστηριοτήτων (για γρήγορη ολοκλήρωση των κρίσιμων δραστηριοτήτων που επηρεάζουν τη διάρκεια του έργου),
- με χρήση ευέλικτων σχέσεων προτεραιότητας δραστηριοτήτων,
- επιτρέποντας τον διαχωρισμό ορισμένων δραστηριοτήτων για μεγαλύτερη ευελιξία στην αλληλουχία των εργασιών και της κατανομής πόρων,
- άλλα, συμπεριλαμβανομένων συνδυασμών ορισμένων ή όλων των παραπάνω.

Σύμφωνα με τους Δημητριάδης Σ. και Μιχιώτης Α. (2020), τα προβλήματα που απασχολούν κατά το σχεδιασμό της υλοποίησης ενός έργου, δεν αφορούν αποκλειστικά στους χρόνους



Διάγραμμα 8: Συνολικό κόστος υλοποίησης έργου (Πηγή: Δημητριάδης Σ. - Μιχιώτης Α., 2020)

έναρξης και λήξης των επιμέρους δραστηριοτήτων και του συνόλου του έργου, κατ' επέκταση. Ιδιαίτερα σημαντικά είναι τα προβλήματα που σχετίζονται με το συνολικό κόστος ολοκλήρωσης του έργου, καθώς και του κόστους ολοκλήρωσης επιμέρους δραστηριοτήτων. Η χρονική διάρκεια ολοκλήρωσης κάθε δραστηριότητας είναι συνάρτηση αποκλειστικά και

μόνο του δυναμικού που θα χρησιμοποιηθεί και επομένως του κόστους που θα διατεθεί για την ολοκλήρωσή της. Από την άλλη, το κόστος υλοποίησης του έργου συνολικά, εμπεριέχει δύο επιμέρους κόστη που αθροίζονται: (α) το άμεσο κόστος του έργου και το (β) έμμεσο κόστος του έργου (βλ. Διάγραμμα 8).

Ειδικότερα, το **έμμεσο κόστος** του έργου δεν συνδέεται με κάποια συγκεκριμένη δραστηριότητα και περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, το έμμεσο κόστος της εργασίας (ποιοτικός έλεγχος, γραμματεία), το κόστος διαχείρισης και αποθήκευσης υλικών, άλλες γενικές δαπάνες (ενοίκια, ασφάλιστρα, τόκοι αποπληρωμής δανείων κ.λπ.), που μπορούν εύκολα να προϋπολογιστούν με επιμερισμό του συνόλου των δαπανών αυτών στο υπό μελέτη έργο. Το έμμεσο κόστος είναι γραμμική συνάρτηση του χρόνου ολοκλήρωσης του έργου, οπότε και αυξομειώνεται κατά ένα σταθερό ποσό, κάθε φορά που η συνολική διάρκεια του έργου μεταβάλλεται (επιμηκύνεται ή συντομεύεται).

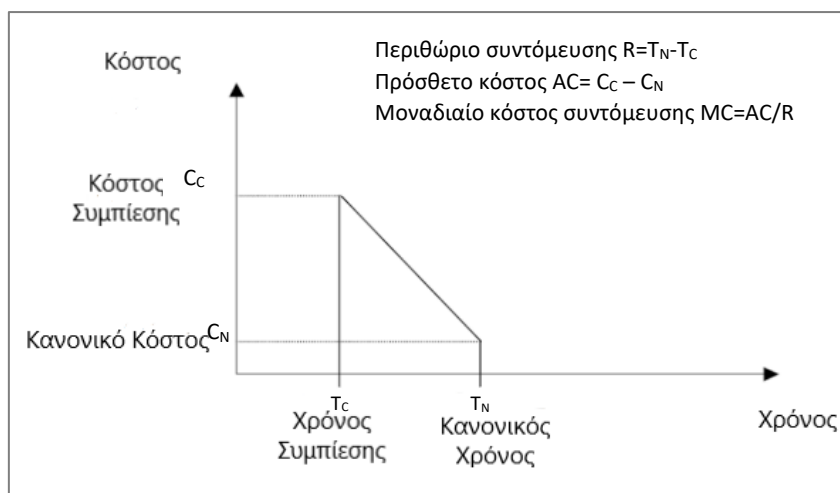
Το **άμεσο κόστος** του έργου συνδέεται με την υλοποίηση των επιμέρους δραστηριοτήτων του και διαμορφώνεται από το άμεσο κόστος υλοποίησης του συνόλου των δραστηριοτήτων του έργου. Ως άμεσο κόστος μιας δραστηριότητας νοείται κάθε στοιχείο κόστους, που καταλογίζεται απευθείας πάνω στη δραστηριότητα, όπως το κόστος της εργασίας, το κόστος των απαιτήτων υλικών και χρήσης εξειδικευμένου εξοπλισμού, δαπάνες υπηρεσιών προς τρίτους κ.λπ. Η χρονική διάρκεια ολοκλήρωσης κάθε δραστηριότητας του έργου είναι συνάρτηση του άμεσου κόστους εκτέλεσής της και αντίστροφα.

Στο πλαίσιο της μεθόδου PERT/CPM υποθέτουμε ότι υπάρχουν δύο ακραίες της διάρκειας ολοκλήρωσης κάθε δραστηριότητας του έργου ξεχωριστά, σε σχέση με το άμεσο και το δυναμικό, που διατίθεται για την υλοποίησή της:

(α) Η κανονική διάρκεια υλοποίησης της δραστηριότητας T_N (Normal completion time), η οποία επιτυγχάνεται όταν διαθέσουμε το κανονικό (βέλτιστης σύνθεσης) δυναμικό, με το (ελάχιστο) άμεσο κόστος της κανονικής της διάρκειας C_N (Normal cost) και

(β) Η συντομότερη διάρκεια υλοποίησης της δραστηριότητας T_C (Crash completion time), η οποία επιτυγχάνεται όταν διαθέσουμε το επιπλέον από το κανονικό δυναμικό, με το (μέγιστο) άμεσο κόστος της συντομότερης διάρκειας της C_C (Crash cost).

Πρακτικά, η παραπάνω υπόθεση σημαίνει ότι αν διαθέσουμε σε μια δραστηριότητα ένα ποσό μεγαλύτερο από το κόστος συντομότερης διάρκειας C_C , δε θα επιτευχθεί περαιτέρω συντόμηση της διάρκειας ολοκλήρωσής της.



Διάγραμμα 9: Μεταβολή άμεσου κόστους και διάρκειας ολοκλήρωσης δραστηριότητας
(Πηγή: Δημητριάδης Σ. - Μιχιώτης Α., 2020)

Επομένως, υποθέτουμε ότι η μορφή της συνάρτησης μεταβολής του άμεσου κόστους και της διάρκειας ολοκλήρωσης μιας δραστηριότητας, είναι γραμμική (βλ. Διάγραμμα 9). Το μοναδιαίο κόστος MC της διάρκειας μια δραστηριότητας, η αύξηση δηλαδή του κόστους για κάθε μονάδα χρόνου, που μειώνεται η διάρκεια της δραστηριότητας αυτής, εκφράζεται με την κλίση της ευθείας του παραπάνω σχήματος και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$MC=AC/R$$

Όπου: R , το περιθώριο συντόμευσης, δηλαδή η διαφορά μεταξύ των τιμών T_N-T_C

AC , το πρόσθετο κόστος για την υλοποίηση της δραστηριότητας στη συντομότερή της διάρκεια, η διαφορά δηλαδή $C_C - C_N$

Υποθέτουμε λοιπόν, ότι η καμπύλη μεταβολής του άμεσου κόστους και της διάρκειας ολοκλήρωσης μιας δραστηριότητας προσεγγίζεται ικανοποιητικά από την ευθεία γραμμή που περνάει από τα δύο ακραία σημεία τιμών της διάρκειας ολοκλήρωσης σε σχέση με το κόστος (T_N, T_C) και ($C_C - C_N$).

Το πρόβλημα της ελαχιστοποίησης του άμεσου κόστους κάθε μίας δραστηριότητας ξεχωριστά, εμφανίζεται από τον αρχικό σχεδιασμό του, με την υλοποίηση του συνόλου των δραστηριοτήτων του στο ελάχιστο άμεσο κόστος και στη μεγαλύτερη επομένως κανονική τους διάρκεια, να μην αποτελεί πάντα τη βέλτιστη πρακτική για την υλοποίηση του έργου στο ελάχιστο συνολικό του κόστος. Αυτό ερμηνεύεται από το γεγονός ότι για την υλοποίηση κάποιων δραστηριοτήτων, σε χρόνο συντομότερο από την κανονική τους διάρκεια, προκαλείται αύξηση του άμεσου κόστους της δραστηριότητας και του έργου συνολικά, ωστόσο μειώνεται το έμμεσο κόστος του έργου, διότι συντομεύεται η συνολική διάρκεια ολοκλήρωσής του. Έτσι, το πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί είναι ο προσδιορισμός εκείνων των δραστηριοτήτων του έργου, για τις οποίες η διάθεση επιπλέον πόρων (δυναμικό και κόστος) για την ολοκλήρωση σε συντομότερη διάρκεια, είναι οικονομικά βιώσιμη (σκόπιμη), εφόσον η ωφέλεια από τη μείωση του έμμεσου κόστους του συνόλου του έργου που θα επιτευχθεί θα είναι μεγαλύτερη.

Η διαδικασία με την οποία μειώνεται η συνολική διάρκεια του έργου, ολοκληρώνοντας κάποιες από τις επιμέρους δραστηριότητες σε συντομότερο χρόνο, σε σχέση με την κανονική τους διάρκεια, είναι γνωστή με τον όρο **συμπίεση του έργου (project crashing)**. Η συντόμευση της διάρκειας ολοκλήρωσης αφορά μόνο τις κρίσιμες δραστηριότητες του

έργου, καθώς είναι εκείνες που διαμορφώνουν τη συνολική διάρκεια του έργου. Η διαδικασία της συμπίεσης έργου περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα:

- ⇒ **Βήμα 1^ο:** Υπολογίζουμε ξεχωριστά για κάθε δραστηριότητα το μέγιστο δυνατό περιθώριο συντόμευσης της διάρκειας ολοκλήρωσής της (R) και το πρόσθετο κόστος (AC) που πρέπει να δαπανηθεί για το σκοπό αυτό. Οι επιμέρους αυτές τιμές χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του μοναδιαίου κόστους συντόμευσης ανά μονάδα χρόνου (MC) από τη σχέση $MC=AC/R$.
- ⇒ **Βήμα 2^ο:** Χρησιμοποιώντας αρχικά τις κανονικές διάρκειες των δραστηριοτήτων, επιλύεται το δίκτυο που αναπαριστά το έργο, προσδιορίζοντας τις κρίσιμες δραστηριότητες και την κρίσιμη διαδρομή (ή κρίσιμες διαδρομές). Υπολογίζεται αναλυτικά το άμεσο κόστος του έργου, από το άθροισμα των στοιχείων του άμεσου κόστους για καθεμία δραστηριότητα, καθώς και το συνολικό έμμεσο κόστος, ως το άθροισμα του έμμεσου κόστους ανά χρονική περίοδο επί τη χρονική διάρκεια του έργου.
- ⇒ **Βήμα 3^ο:** Στην περίπτωση μοναδικής κρίσιμης διαδρομής στο έργο, επιλέγεται μια κρίσιμη δραστηριότητα που ανήκει σ' αυτήν, της οποίας δύναται να συντομευτεί η διάρκεια ολοκλήρωσης κατά μια μονάδα χρόνου και για την οποία το μέγεθος του μοναδιαίου κόστους συντόμευσης MC είναι το ελάχιστο. Στην περίπτωση περισσοτέρων κρίσιμων διαδρομών, επιλέγεται μια κρίσιμη δραστηριότητα από κάθε διαδρομή, έτσι ώστε: (α) η διάρκεια της κάθε δραστηριότητας που έχουμε επιλέξει να μπορεί να συμπιεστεί κατά μία χρονική μονάδα και (β) το άθροισμα των συντελεστών του μοναδιαίου κόστους συντόμευσης MC για το σύνολο των κρίσιμων δραστηριοτήτων που επιλέξαμε, να είναι το ελάχιστο. Συντομεύοντας τη διάρκεια ολοκλήρωσης κάθε επιλεγμένης κρίσιμης δραστηριότητας κατά μία χρονική μονάδα, επιστρέφουμε στο βήμα 2 και την επίλυση του δικτύου εκ νέου, με τις νέες, συντομότερες (κατά μία χρονική περίοδο) διάρκειες για τις επιμέρους δραστηριότητες. Η όλη διαδικασία συνεχίζεται μέχρι να μην είναι δυνατή ή οικονομικά σκόπιμη η συντόμευση της διάρκειας των κρίσιμων δραστηριοτήτων που έχουν επιλεγεί στο βήμα 3.

2.8 Βασικές Αρχές Μοντέλων Βελτιστοποίησης και ο Γραμμικός Προγραμματισμός στην επίλυση δικτύων

Σύμφωνα με τον Wayne L. Winston (2003), ένα **μοντέλο βελτιστοποίησης** «προδιαγράφει» τη συμπεριφορά ενός φορέα ή οργανισμού που θα του επιτρέψει να επιτύχει καλύτερα τους στόχους του. Τα στοιχεία ενός μοντέλου βελτιστοποίησης περιλαμβάνουν:

- Αντικειμενικές συναρτήσεις
- μεταβλητές απόφασης
- περιορισμούς

Εν ολίγοις, ένα μοντέλο βελτιστοποίησης επιδιώκει να βρει τις τιμές των μεταβλητών απόφασης που βελτιστοποιούν (μεγιστοποίηση ή ελαχιστοποίηση) την αντικειμενική συνάρτηση, μεταξύ ενός συνόλου τιμών για τις μεταβλητές απόφασης που θα ικανοποιούν δεδομένους περιορισμούς.

Η αντικειμενική συνάρτηση

Στα περισσότερα μοντέλα, υπάρχει μια συνάρτηση που θέλουμε να μεγιστοποιήσουμε ή να ελαχιστοποιήσουμε, προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η απόδοση της διαδικασίας. Αυτή η συνάρτηση ονομάζεται **αντικειμενική συνάρτηση**.

Μεταβλητές απόφασης

Οι μεταβλητές των οποίων οι τιμές είναι υπό τον έλεγχό μας και επηρεάζουν την απόδοση του συστήματος ονομάζονται **μεταβλητές απόφασης**

Περιορισμοί

Στις περισσότερες περιπτώσεις, μόνο ορισμένες τιμές των μεταβλητών απόφασης είναι εφικτές. Οι περιορισμοί στις τιμές των μεταβλητών απόφασης ονομάζονται **περιορισμοί**.

Στατικά και δυναμικά μοντέλα

Ένα **στατικό μοντέλο** είναι εκείνο, στο οποίο οι μεταβλητές απόφασης δεν περιλαμβάνουν αλληλουχίες αποφάσεων σε πολλαπλές περιόδους. Ένα **δυναμικό μοντέλο** είναι ένα μοντέλο στο οποίο οι μεταβλητές απόφασης περιλαμβάνουν αλληλουχίες αποφάσεων σε πολλαπλές περιόδους. Βασικά, σε ένα στατικό μοντέλο καλούμαστε να λύσουμε ένα πρόβλημα «εφάπαξ», του οποίου οι λύσεις καθορίζουν τις βέλτιστες τιμές των μεταβλητών απόφασης σε όλες τις χρονικές περιόδους.

Γραμμικά και μη γραμμικά μοντέλα

Ας υποθέσουμε ότι κάθε φορά που εμφανίζονται μεταβλητές απόφασης στην αντικειμενική συνάρτηση και στους περιορισμούς ενός μοντέλου βελτιστοποίησης, οι μεταβλητές απόφασης πολλαπλασιάζονται πάντα με σταθερές και αθροίζονται μαζί. Ένα τέτοιο μοντέλο είναι **ένα γραμμικό μοντέλο**. Εάν ένα μοντέλο βελτιστοποίησης δεν είναι γραμμικό, τότε είναι **μη γραμμικό μοντέλο**. Τα μη γραμμικά μοντέλα είναι πολύ πιο δύσκολο να επιλυθούν σε σχέση με τα γραμμικά.

Ντετερμινιστικά και Στοχαστικά Μοντέλα

Ας υποθέσουμε ότι για οποιαδήποτε τιμή των μεταβλητών απόφασης, η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης και το αν ικανοποιούνται ή όχι οι περιορισμοί είναι γνωστό, με βεβαιότητα. Τότε έχουμε ένα **ντετερμινιστικό μοντέλο**. Αν δεν συμβαίνει αυτό, τότε έχουμε ένα **στοχαστικό μοντέλο**.

Γραμμικός Προγραμματισμός

Ο **γραμμικός προγραμματισμός (LP)** είναι ένα εργαλείο για την επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης. Το 1947, ο George Dantzig ανέπτυξε μια αποτελεσματική μέθοδο, τον αλγόριθμο simplex, για την επίλυση προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού (ονομάζεται και LP). Από την ανάπτυξη του απλού αλγορίθμου, το LP έχει χρησιμοποιηθεί για την επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης σε μεγάλη γκάμα βιομηχανιών. Σε έρευνα 500 εταιρειών του Fortune, το 85% των ερωτηθέντων απάντησαν ότι έχουν χρησιμοποιήσει γραμμικό προγραμματισμό.

Ένα πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού (LP) είναι ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης για το οποίο ισχύουν τα εξής:

- Προσπαθούμε να μεγιστοποιήσουμε (ή να ελαχιστοποιήσουμε) μια *γραμμική* συνάρτηση των μεταβλητών απόφασης. Η συνάρτηση που πρόκειται να μεγιστοποιηθεί ή να ελαχιστοποιηθεί ονομάζεται *αντικειμενική συνάρτηση*.
- Οι τιμές των μεταβλητών απόφασης πρέπει να ικανοποιούν ένα σύνολο *περιορισμών*. Κάθε περιορισμός πρέπει να είναι μια γραμμική εξίσωση ή μια γραμμική ανισότητα.
- Ένας *περιορισμός* πρόσημου συσχετίζεται με κάθε μεταβλητή. Για οποιαδήποτε μεταβλητή x_i , το πρόσημο ως περιορισμός καθορίζει ότι το x_i πρέπει να είναι είτε μη αρνητικό ($x_i \geq 0$) είτε χωρίς περιορισμό σε πρόσημο (**urs**).

Η υπόθεση της διαιρετότητας

Η **υπόθεση διαιρετότητας** απαιτεί να επιτρέπεται σε κάθε μεταβλητή απόφασης να λάβει κλασματικές τιμές. Πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού στο οποίο ορισμένες ή όλες οι μεταβλητές πρέπει να είναι μη αρνητικοί ακέραιοι ονομάζεται **πρόβλημα ακέραιου προγραμματισμού**.

Η υπόθεση της βεβαιότητας

Η **υπόθεση βεβαιότητας** ορίζει ότι κάθε παράμετρος είναι γνωστή, με βεβαιότητα.

Εφικτή περιοχή και Βέλτιστη λύση

Δύο από τις πιο βασικές έννοιες που σχετίζονται με ένα πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού είναι η εφικτή περιοχή και η βέλτιστη λύση. Για τον ορισμό αυτών των εννοιών, χρησιμοποιούμε τον όρο «σημείο» για να ορίσουμε μια προδιαγραφή της τιμής για κάθε μεταβλητή απόφασης.

Η εφικτή περιοχή για ένα μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού, είναι το σύνολο όλων των σημείων που ικανοποιεί όλους τους περιορισμούς του γραμμικού προγραμματισμού, καθώς και τους περιορισμούς των πρόσημων.

Σε ένα πρόβλημα μεγιστοποίησης, μια βέλτιστη λύση σε ένα LP είναι ένα σημείο στην εφικτή περιοχή με τη μεγαλύτερη τιμή της αντικειμενική συνάρτησης. Ομοίως, σε ένα πρόβλημα ελαχιστοποίησης, μια βέλτιστη λύση είναι ένα σημείο στην εφικτή περιοχή με τη μικρότερη τιμή αντικειμενικής συνάρτησης.

Προβλήματα προγραμματισμού εργασιών

Πολλές εφαρμογές του γραμμικού προγραμματισμού περιλαμβάνουν τον καθορισμό της μεθόδου ελάχιστου κόστους για την ικανοποίηση των απαιτήσεων εργατικού δυναμικού.

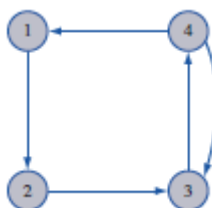
Μοντέλα δικτύου

Πολλά σημαντικά προβλήματα βελτιστοποίησης μπορούν να αναλυθούν καλύτερα μέσω ενός γραφικού ή με αναπαράσταση ενός δικτύου.

Ένα γράφημα, ή ένα δίκτυο, ορίζεται από δύο σύνολα συμβόλων: **κόμβους και τόξα**. Αρχικά, ορίζουμε ένα σύνολο (έστω V) σημείων ή **κορυφών**. Οι κορυφές ενός γραφήματος ή ενός δικτύου ονομάζονται επίσης **κόμβοι**.

Ορίζουμε επίσης ένα σύνολο **τόξων**. Ένα τόξο αποτελείται από ένα διατεταγμένο ζεύγος κορυφών και αντιπροσωπεύει μια πιθανή κατεύθυνση κίνησης που μπορεί να συμβεί μεταξύ κορυφών.

Μια ακολουθία τόξων τέτοια που κάθε τόξο έχει ακριβώς μια κοινή κορυφή με το προηγούμενο τόξο, ονομάζεται **αλυσίδα**.



Ένα **μονοπάτι** είναι μια αλυσίδα στην οποία ο τερματικός κόμβος κάθε τόξου είναι πανομοιότυπος με τον αρχικό κόμβος του επόμενου τόξου.

Σχήμα 10: Παράδειγμα δικτύου

CPM & PERT

Τα μοντέλα δικτύου μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βοήθημα στον προγραμματισμό μεγάλων σύνθετων έργων που αποτελούνται από πολλές δραστηριότητες. Εάν η διάρκεια κάθε δραστηριότητας είναι γνωστή με βεβαιότητα, τότε η μέθοδος της κρίσιμης διαδρομής (CPM) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό του χρόνου που απαιτείται για την ολοκλήρωση ενός έργου. Η CPM μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να προσδιοριστεί πόσο μπορεί κάθε δραστηριότητα στο έργο να καθυστερήσει, χωρίς να καθυστερήσει η ολοκλήρωση του έργου. Η CPM αναπτύχθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1950 από ερευνητές της DuPont και του Sperry Rand.

Εάν η διάρκεια των δραστηριοτήτων δεν είναι γνωστή με βεβαιότητα, χρησιμοποιείται η μέθοδος PERT για να εκτιμηθεί η **πιθανότητα** το έργο να ολοκληρωθεί εντός ορισμένης προθεσμίας. Η PERT αναπτύχθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1950 από συμβούλους που εργάζονταν για την ανάπτυξη του πυραύλου Polaris.

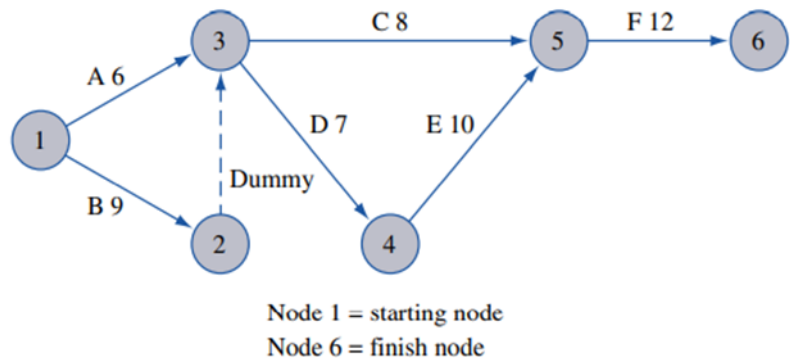
Η χρήση του γραμμικού προγραμματισμού στην εύρεση του κρίσιμου μονοπατιού

Ο γραμμικός προγραμματισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της διάρκειας της κρίσιμης διαδρομής. Ορίζουμε ως:

x_j = ο χρόνος που συμβαίνει το συμβάν που αντιστοιχεί στον κόμβο j

Για κάθε δραστηριότητα (i, j) γνωρίζουμε ότι πριν εκτελεστεί ο κόμβος j , πρέπει να έχει προηγηθεί ο κόμβος i και η δραστηριότητα (i, j) πρέπει να έχει ολοκληρωθεί. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε τόξο (i, j) του δικτύου του έργου, ισχύει $x_j \geq x_i + t_{ij}$. Έστω F ο κόμβος που αντιπροσωπεύει την ολοκλήρωση του έργου. Ο στόχος μας είναι η ελαχιστοποίηση του απαιτούμενου χρόνου για την ολοκλήρωση του έργου, που σημαίνει ότι χρησιμοποιούμε μια αντικειμενική συνάρτηση $z = x_F - x_1$. Για παράδειγμα, στην περίπτωση του παρακάτω έργου:

Δραστηριότητα	Προηγούμενες	Διάρκεια (μέρες)
A	-	6
B	-	9
C	A, B	8
D	A, B	7
E	D	10
F	C, E	12



Σχήμα 11: Αναπαράσταση δικτύου και πίνακα δραστηριοτήτων

Ο ενδεδειγμένος Γραμμικός Προγραμματισμός επιβάλλει τις παρακάτω συνθήκες:

$$\min z = x_6 - x_1$$

$$x_3 \geq x_1 + 6 \text{ [περιορισμός Τόξου (1,3)]}$$

$$x_2 \geq x_1 + 9 \text{ [περιορισμός Τόξου (1,2)]}$$

$$x_5 \geq x_3 + 8 \text{ [περιορισμός Τόξου (3,5)]}$$

$$x_4 \geq x_3 + 7 \text{ [περιορισμός Τόξου (3,4)]}$$

$$x_5 \geq x_4 + 10 \text{ [περιορισμός Τόξου (4,5)]}$$

$$x_6 \geq x_5 + 12 \text{ [περιορισμός Τόξου (5,6)]}$$

$$x_3 \geq x_2 \text{ [περιορισμός Τόξου (2,3)]}$$

Μία βέλτιστη λύση σε αυτό το LP είναι $z = 38$, $x_1 = 0$, $x_2 = 9$, $x_3 = 9$, $x_4 = 16$, $x_5 = 26$ και $x_6 = 38$ που καταδεικνύει ότι το έργο μπορεί να ολοκληρωθεί σε 38 ημέρες.

Αυτός ο Γραμμικός Προγραμματισμός έχει πολλές εναλλακτικές βέλτιστες λύσεις. Γενικά, η τιμή του x_i σε οποιαδήποτε βέλτιστη λύση, μπορεί να λάβει οποιαδήποτε τιμή μεταξύ $ET(i)$ και $LT(i)$. Όλες οι βέλτιστες λύσεις ωστόσο, θα υποδείξουν ότι η διάρκεια οποιασδήποτε κρίσιμης διαδρομής είναι 38 ημέρες.

Μια κρίσιμη διαδρομή για αυτό το δίκτυο έργου αποτελείται από μια διαδρομή από την αρχή του έργου στο τέρμα, στην οποία κάθε τόξο στη διαδρομή αντιστοιχεί σε έναν περιορισμό που έχει διπλή τιμή του -1 .

Συμπύεση έργου

Σε πολλές περιπτώσεις, ο υπεύθυνος έργου πρέπει να ολοκληρώσει το έργο σε συντομότερη διάρκεια από εκείνη της κρίσιμης διαδρομής. Στο παράδειγμα της εταιρείας Widgetco, που έχει αναφερθεί, για να έχει δυνατότητα επιτυχίας το προϊόν 3, θα πρέπει να βγει στην αγορά πριν το αντίστοιχο προϊόν του ανταγωνιστή, που θα βγει στην αγορά σε 26 ημέρες. Επομένως η Widgetco πρέπει να λανσάρει το προϊόν σε 25 ημέρες και για να το κάνει αυτό χρειάζεται να διαθέσει πρόσθετους πόρους. Σε μια τέτοια περίπτωση ο γραμμικός προγραμματισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό των πόρων που ελαχιστοποιούν το κόστος που επιβάλλει η προθεσμία του έργου.

Υποθέτουμε ότι με τη χρήση πρόσθετων πόρων σε μια δραστηριότητα η Widgetco καταφέρει να μειώσει τη διάρκεια της δραστηριότητας κατά 5 ημέρες.

Το κόστος ανά ημέρα για τη μείωση της διάρκειας μιας δραστηριότητας φαίνεται στον Πίνακα. Για να βρεθεί το

	A	B	C	D	E	F
Κόστος	\$10	\$20	\$3	\$30	\$40	\$50

ελάχιστο κόστος ολοκλήρωσης του έργου στην προθεσμία των 25 ημερών, ορίζονται οι μεταβλητές A, B, C, D, E και F ως εξής:

A = Αριθμός ημερών κατά την οποία μειώνεται η διάρκεια της δραστηριότητας A

.

.

.

F = αριθμός ημερών κατά την οποία μειώνεται η διάρκεια της δραστηριότητας F

x_j = ο χρόνος που λαμβάνει χώρα το γεγονός που αντιστοιχεί στον κόμβο j

Τότε η Widgetco θα πρέπει να επιλύσει τον παρακάτω Γραμμικό Προγραμματισμό:

$$\min z = 10A + 20B + 3C + 30D + 40E + 50F$$

με προϋποθέσεις:

$$A \leq 5$$

$$B \leq 5$$

$$C \leq 5$$

$$D \leq 5$$

$$E \leq 5$$

$$F \leq 5$$

$$x_2 \geq x_1 + 9 - B \text{ (Arc (1, 2) περιορισμός)}$$

$$x_3 \geq x_1 + 6 + A \text{ (Arc (1, 3) περιορισμός)}$$

$$x_5 \geq x_3 + 8 - C \text{ (Arc (3, 5) περιορισμός)}$$

$$x_4 \geq x_3 + 7 - D \text{ (Arc (3, 4) περιορισμός)}$$

$$x_5 \geq x_4 + 10 - E \text{ (Arc (4, 5) περιορισμός)}$$

$$x_6 \geq x_5 + 12 - F \text{ (Arc (5, 6) περιορισμός)}$$

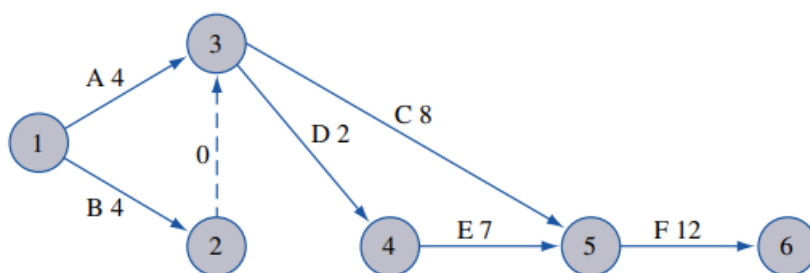
$$x_3 \geq x_2 + 0 \text{ (Arc (2, 3) περιορισμός)}$$

$$x_6 - x_1 \leq 25$$

$$A, B, C, D, E, F \geq 0, x_j \text{ jurs}$$

Οι πρώτοι έξι περιορισμοί ορίζουν ότι η διάρκεια κάθε δραστηριότητας μπορεί να μειωθεί το πολύ έως 5 μέρες. Οι επόμενοι επτά περιορισμοί διασφαλίζουν ότι το συμβάν j δεν μπορεί να συμβεί μέχρι να εμφανιστεί ο κόμβος i και να ολοκληρωθεί η δραστηριότητα (i, j). Ο περιορισμός $x_6 - x_1 \leq 25$, διασφαλίζει ότι το έργο θα ολοκληρωθεί εντός της προθεσμίας των 25 ημερών. Η αντικειμενική συνάρτηση είναι το συνολικό κόστος που προκύπτει από τη μείωση της διάρκειας των δραστηριοτήτων.

Μια βέλτιστη λύση σε αυτό το LP είναι $z = \$390$, $x_1 = 0$, $x_2 = 4$, $x_3 = 4$, $x_4 = 6$, $x_5 = 13$, $x_6 = 25$, $A = 2$, $B = 5$, $C = 0$, $D = 5$, $E = 3$, $F = 0$. Μετά τη μείωση της διάρκειας των έργων B, A, D και E με τις συγκεκριμένες τιμές, λαμβάνουμε το δίκτυο του έργου που απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα, με τις A, B, D, E και F να είναι κρίσιμες δραστηριότητες και ότι τα 1-2-3-4-5-6 και 1-3-4-5-6 είναι δύο κρίσιμες διαδρομές (η καθεμία έχει μήκος 25). Έτσι, η προθεσμία του έργου για την ολοκλήρωσή του σε 25 ημέρες μπορεί να τηρηθεί, με κόστος 390 \$ για το έργο.



Σχήμα 12: Διάρκεια δραστηριοτήτων μετά τη συμπίεση.

Κεφάλαιο 3: Βιβλιογραφική επισκόπηση μεθόδων συμπίεσης έργου

Για πρακτικούς λόγους, η ελαχιστοποίηση της διάρκειας του έργου είναι ίσως το πιο συχνό πρόβλημα στην υλοποίηση του χρονοπρογραμματισμού των έργων.

Οι Tomczak M. και Jaśkowski P. (2020), χωρίζουν χονδρικά τις τεχνικές συμπίεσης στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Τεχνικές που χρησιμοποιούν τη γραμμική προσέγγιση συναρμολόγησης (assembly-line) και σταθερό ρυθμό εργασίας των συνεργείων (για την εξάλειψη τυχόν διαταραχών της ροής των εργασιών καθώς και την εξάλειψη του μη παραγωγικού χρόνου): η τεχνική «σπάει» πολύπλοκες διαδικασίες σε απλές, επαναλαμβανόμενες δραστηριότητες που μπορούν να εκτελούνται από εξειδικευμένα συνεργεία και επικεντρώνεται στη συνέχεια της εργασίας τους: τους επιτρέπει να μετακινηθούν από τη μια μονάδα στην άλλη χωρίς να διακόπτεται η εργασία της άλλων εξειδικευμένων συνεργείων
- Τεχνικές που βασίζονται στην προσθήκη επιπλέον πόρων ή την αλλαγή του τρόπου εκτέλεσης επιλεγμένων διαδικασιών (για γρήγορη ολοκλήρωση των βασικών διαδικασιών που επηρεάζουν τη διάρκεια του έργου),
- Τεχνικές που χρησιμοποιούν ευέλικτες σχέσεις προτεραιοτήτων των διεργασιών,
- Τεχνικές που επιτρέπουν το διαχωρισμό ορισμένων διεργασιών για μεγαλύτερη ευελιξία στον καθορισμό της αλληλουχίας των εργασιών και της κατανομής των πόρων,
- Άλλες τεχνικές, που περιλαμβάνουν συνδυασμό κάποιων ή/και όλων των παραπάνω.

Ξεκινώντας την έρευνά του, ο Geda M. (2014), εισήγαγε μια **γραμμική προγραμματιστική (LP)** προσέγγιση για την επίλυση της συμπίεσης έργου, λαμβάνοντας υπόψη **τα έμμεσα έξοδα και τις ρήτρες σε περίπτωση καθυστέρησης**. Το μοντέλο LP της αντικειμενικής συνάρτησης που ελαχιστοποιεί το συνολικό κόστος του έργου και το οποίο υπόκειται σε διάφορους περιορισμούς μοντελοποιείται. Υποθετικό παράδειγμα αναπτύχθηκε και επιλύθηκε με χρήση του Microsoft Excel's Solver

. Η επίλυση του διαμορφωμένου μοντέλου LP περιλαμβάνει τη διάρκεια συμπίεσης για κάθε δραστηριότητα του έργου, τη συνολική διάρκεια ολοκλήρωσης και το συνολικό κόστος του έργου. Η προσέγγιση που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία επιτρέπει σε διαχειριστές έργων να εκτελέσουν ανάλυση προβλημάτων συμπίεσης εύκολα, ώστε να βρουν την αντιστάθμιση χρόνου-κόστους στον χρονοπρογραμματισμό του έργου. Η εργασία αναπτύσσει και διερευνά ένα μαθηματικό, γραμμικό μοντέλο προγραμματισμού για τον καθορισμό της βέλτιστης διάρκειας ολοκλήρωσης του έργου. Η αντικειμενική συνάρτηση του μοντέλου που αναπτύχθηκε διατυπώνεται λαμβάνοντας υπόψη το άμεσο κόστος των δραστηριοτήτων του έργου, τις έμμεσες δαπάνες του έργου και τις ρήτρες εξαιτίας μη έγκαιρης εκτέλεσης του έργου. Οι περιορισμοί που εξετάζονται είναι ο χρόνος έναρξης της κάθε δραστηριότητας, η προθεσμία του έργου, η διάρκεια συμπίεσης και η μέγιστη διάρκεια στην οποία μπορεί να συμπίεστεί κάθε δραστηριότητα. Στη συνέχεια, ο αλγόριθμος επιλύεται χρησιμοποιώντας το Excel-Solver για την εύρεση του βέλτιστου χρονοδιαγράμματος του έργου με αντιστάθμιση χρόνου-κόστους του έργου.

Έστω Z το συνολικό κόστος του έργου, η αντικειμενική συνάρτηση του LP είναι επομένως η ελαχιστοποίηση του Z (συνολικό κόστος έργου) που υπόκειται σε μεταβλητές απόφασης και μπορεί να εκφραστεί ως εξής: Ελαχιστοποίηση Z = Συνολικό άμεσο κόστος + Κόστος συμπίεσης + έμμεσο κόστος + ρήτρα καθυστέρησης (αν υπάρχει)

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^N N C_i + [\sum_{i=1}^N N C_i * (R_i)] + O H * T + P * (T - D)$$

NTj = Κανονικός χρόνος δραστηριότητας

NCj = Κανονικό άμεσο κόστος όταν η δραστηριότητα j εκτελείται σε κανονική διάρκεια

Rj=η διάρκεια μείωση της δραστηριότητας j (συμπίεση)

T= Η διάρκεια ολοκλήρωσης του έργου όπως υπολογίστηκε με χρήση της κρίσιμης διαδρομής (CPM).

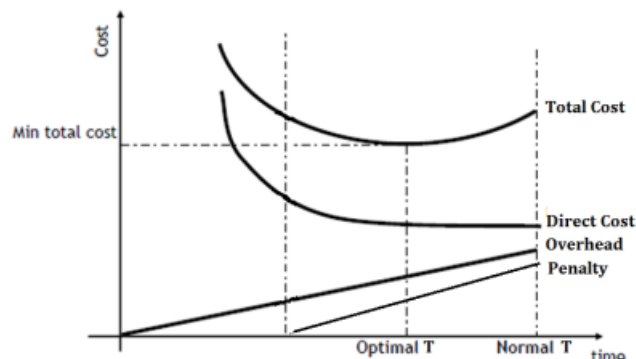
D = Ημερομηνία λήξης του έργου (προθεσμία)

P=ποσοστό ρήτρας καθυστερήσεων (χρηματική αξία για την οποία επιβάλλεται πρόστιμο σε έναν εργολάβο κάθε μονάδα διάρκειας που το έργο καθυστερεί να ολοκληρωθεί)

OH= Έμμεσες δαπάνες έργου. Αυτή

είναι μια σταθερή χρηματική αξία ανά μονάδα διάρκειας που παρέρχεται το έργο.

N=Συνολικός αριθμός δραστηριοτήτων στο έργο.



Διάφορες παραλλαγές του γραμμικού προγραμματισμού, κάνουν χρήση άλλων λογισμικών εκτός από το Excel solver της Microsoft. Οι Golakia et al (2017) χρησιμοποιούν το **λογισμικό LINDO**, για την εκτέλεση **γραμμικού προγραμματισμού** στη συμπίεση έργου και τον υπολογισμό της βέλτιστης τιμής συμπίεσής του. Όπως αναφέρεται στην έρευνά τους, ο προγραμματισμός του έργου μπορεί να γίνει με τη χρήση του λογισμικού MSP (Microsoft Project), ωστόσο, συχνά, ένα έργο δεν εκτελείται σύμφωνα με το προγραμματισμένο χρόνο του, εξαιτίας καθυστερήσεων για διάφορους λόγους, όπως ατυχήματα στο χώρο, καιρικές συνθήκες, φυσικές καταστροφές, οικονομικές κρίσεις, κ.λπ. Σε αυτές τις περιπτώσεις, το έργο πρέπει να «κερδίσει» τον «χαμένο» χρόνο και η συμπίεση των δραστηριοτήτων του έργου είναι η καλύτερη λύση. Καθώς, η επίλυση με χειρωνακτικό τρόπο για μεγάλα έργα είναι αρκετή πολύπλοκη, εφαρμόζονται τεχνικές γραμμικού προγραμματισμού για τη συμπίεση των εργασιών του έργου. Στην προσέγγισή τους οι ερευνητές χρησιμοποιούν το λογισμικό LINDO για την εφαρμογή σε ένα κατασκευαστικό έργο (κτιριακό που αποτελείται από τρεις ορόφους ίδιας επιφάνειας). Ο προγραμματισμός του έργου γίνεται με χρήση λογισμικού έργου Microsoft Project και αποφασίζονται οι ημέρες συμπίεσης για κάθε δραστηριότητα. Ορίζοντας τις μεταβλητές του προβλήματος και θέτοντας ως Z, το συνολικό κόστος των συμπιεσμένων δραστηριοτήτων, το πρόβλημα διαμορφώνεται ως προς την ελαχιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης Z, με περιορισμό την επιθυμητή διάρκεια ολοκλήρωσης του έργου. Οι μεταβλητές απόφασης είναι:

Xj = μείωση της διάρκειας της δραστηριότητας j λόγω συμπίεσης, για j = 1,2,3...7.

YFINISH = διάρκεια έργου.

Yj = Χρόνος έναρξης της δραστηριότητας j (j = 1,2,3...7).

Εδώ (Yj) = (χρόνος έναρξης + κανονική διάρκεια – διάρκεια συμπίεσης) για την αμέσως προηγούμενη.

Διατύπωση του προβλήματος,

$$\text{Ελαχιστοποίηση της } Z = \sum_{j=1}^7 U_j X_j$$

Όπου:

α) περιορισμός μη αρνητικότητας, $X_j \geq 0$ (j = 1,2,3...7), $Y_1 = 0$, $Y_j \geq 0$ (j = 2,3,4...7)

β) περιορισμοί μέγιστης συμπίεσης, $X_j \leq \text{διάρκεια συμπίεσης}$ (j = 1,2,3...7)

γ) περιορισμός χρόνου έναρξης, $Y_j = \text{διάρκεια (j-1) δραστηριότητα} - X(j-1)$

δ) περιορισμός διάρκειας έργου, $Y \text{ τέλους} \leq \text{Συνολική διάρκεια Συμπίεσης}$.

Οι Golakia et al (2017) επιλύουν το πρόβλημα χρησιμοποιώντας το λογισμικό LINDO (λογισμικό γραμμικού προγραμματισμού) για τρεις επιλογές:

Επιλογή 1: Κατασκευάζεται το δίκτυο AON για τον α' όροφο και υπολογίζεται η κρίσιμη διαδρομή (CPM) και ο συνολικός χρόνος του έργου σε 39 ημέρες. Εφαρμόζεται γραμμικός προγραμματισμός για συμπίεση του έργου κατά 2 ημέρες. Συνεπώς, $Y_{\text{FINISH}} \leq 37$. Η επίλυση οδηγεί σε επιπλέον κόστος 200 χρηματικών μονάδων για συμπίεση του έργου κατά 2 ημέρες.

Επιλογή 2: Κατασκευάζεται το δίκτυο AON για τον β' όροφο, με χρήση διαφορετικών κατασκευαστικών υλικών και υπολογίζεται η κρίσιμη διαδρομή (CPM) και ο συνολικός χρόνος του έργου σε 28 ημέρες. Εφαρμόζεται και πάλι γραμμικός προγραμματισμός για συμπίεση του έργου κατά 5 ημέρες, με το κόστος να ανέρχεται σε επιπλέον 3050 χρηματικές μονάδες.

Επιλογή 3: Κατασκευάζεται το δίκτυο AON για τον γ' όροφο, με χρήση διαφορετικών κατασκευαστικών υλικών από τις προηγούμενες δύο περιπτώσεις και υπολογίζεται η κρίσιμη διαδρομή (CPM) και ο συνολικός χρόνος του έργου σε 28 ημέρες. Εφαρμόζεται και πάλι γραμμικός προγραμματισμός για συμπίεση του έργου κατά 5 ημέρες, με το κόστος να ανέρχεται σε επιπλέον 3362 χρηματικές μονάδες.

Οι έμμεσες δαπάνες ανέρχονται σε 10% του συνολικού κόστους κατασκευής του έργου και εφαρμόζεται το λογισμικό LINDO για τις τρεις (3) κατασκευαστικές επιλογές, προκειμένου να υπολογιστεί η εξοικονόμηση των έμμεσων δαπανών για κάθε περίπτωση:

Για την επιλογή 1: εξοικονόμηση έμμεσων δαπανών = 24600 χρηματικές μονάδες

Επιλογή 2: εξοικονόμηση έμμεσων δαπανών = **58950** χρηματικές μονάδες

Επιλογή 3: εξοικονόμηση έμμεσων δαπανών = 58638 χρηματικές μονάδες

Τελικά, επιλέγεται η βέλτιστη λύση, υπολογίζοντας το κόστος συμπίεσης που απαιτείται για τη μείωση της διάρκειας του έργου στο επιθυμητό αποτέλεσμα, ενώ το μοντέλο παρουσιάζει παράλληλα, πότε πρέπει να ξεκινήσουν οι δραστηριότητες για να επιτευχθεί η συμπίεση του έργου.

Άλλοι ερευνητές, όπως οι Andiyana Andiyana et al (2021), αξιολογούν την αποτελεσματικότητα των μεθόδων CPM – συμπίεση, CPM-PERT και CCPM, στον προγραμματισμό έργων, με μαθηματική εφαρμογή για τα δεδομένα μιας κατασκευαστικής εταιρείας στην Τζακάρτα. Η μέθοδος **CPM-Crashing** χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του ποσού των χρημάτων που μπορούν να εξοικονομηθούν εάν το έργο δεν καθυστερήσει, ενώ οι εφαρμογές των **CPM - PERT και CCPM** χρησιμοποιούνται για την παροχή προτάσεων προγραμματισμού.

Αρχικά, οι ερευνητές χαρακτηρίζουν τη μέθοδο της κρίσιμης διαδρομής (CPM) ως ντετερμινιστικής προσέγγισης, ενώ τη μέθοδο (PERT) ως πιθανολογικής προσέγγισης. Στη CPM το αποτέλεσμα καθορίζεται από τον χρόνο που μπορεί να καθυστερήσει μια δραστηριότητα χωρίς να αλλάξει η συνολική διάρκεια του έργου (slack time -S):

$$S_{ij} = LS_{ij} - ES_{ij} / S_{ij} = LF_{ij} - EF_{ij}$$

Η PERT ως πιθανολογική προσέγγιση, ορίζεται με υψηλό βαθμός αβεβαιότητας, ως προς το χρόνο ολοκλήρωσης: αισιόδοξος (α) αναμενόμενος (m) και απαισιόδοξος (b) χρόνος. Η διάρκεια της δραστηριότητας (te) υπολογίζεται με γνωστές εξισώσεις:

$$te = \frac{a+4m+b}{6} \quad s = \frac{b-a}{6} \quad v = s^2$$

Ενώ, η πιθανότητα να επιτευχθεί ο στόχος z εκφράζεται, σαν συνάρτηση του αναμενόμενου χρόνου (EET) και του στόχου T(d):

$$z = \frac{td - EET}{\sqrt{\sum v}}$$

Παράλληλα, εξετάζεται από τους ερευνητές, μια σχετικά νέα μέθοδος αντιμετώπισης της αβεβαιότητας στα έργα, η **Critical Chain Project Management (CCPM)**, η οποία εισήχθη για πρώτη φορά από τον Goldratt το 1997. Η CCPM είναι η εφαρμογή της Θεωρίας των Περιορισμών, γνωστή ως TOC, που είναι μια μέθοδος σχεδιασμού έργου που εστιάζει στους πόρους που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση εργασιών στο έργο. Η CCPM προτείνεται επίσης από το PMBOK, ως μια νέα σημαντική ανακάλυψη με έναν επαναστατικό τρόπο προσέγγισης της ολοκλήρωσης ενός έργου, τη βελτίωση των δυνατοτήτων προγραμματισμού και τη μείωση του προκαθορισμένου κόστους.

Η CCPM εστιάζει στην ανθρώπινη συμπεριφορά σε σχέση με τον τρόπο κατασκευής και εκτέλεσης των έργων, καθώς και το αποτέλεσμα ενός συνδυασμού συγκεκριμένων συμπεριφορών στις καθυστερήσεις ενός έργου. Βιβλιογραφικά, η παραβίαση των κοινών παρατηρούμενων συμπεριφορών, αναφέρεται σε συμπεριφορές όπως: «σκοπίμη επένδυση» από διαχειριστές πόρων - συμπληρώνοντας τις εκτιμήσεις των καθηκόντων τους, προκειμένου να αποφευχθούν δεσμεύσεις, «Ο νόμος του Μέρφι» - αν κάτι μπορεί να πάει στραβά, τότε θα πάει. «Νόμος του Πάρκινσον» - η εργασία επεκτείνεται για να καλύψει το χρόνο που επιτρέπεται και το «φοιτητικό σύνδρομο» - το είδος αναβλητικότητας που παρουσιάζουν οι μαθητές, όταν τους έχουν ανατίθενται εργασίες ή κάποιο (Goldratt, 1997 · Huang et al, 2012). Η κρίσιμη αλυσίδα (CC) είναι η μεγαλύτερη αλυσίδα και καθορίζει τον χρόνο παράδοσης του έργου.

Με την CCPM εισάγονται οι ακόλουθοι μηχανισμοί για αντίσταση στην καθυστέρηση του έργου:

(α) Προσδιορισμός της κρίσιμης αλυσίδας αφαιρώντας την ασφάλεια κάθε μεμονωμένης εργασίας. Είναι σημαντικό να εμπλέκονται τόσο οι εξαρτήσεις εργασιών με βάση τις σχέσεις προτεραιότητας, όσο και οι εξαρτήσεις πόρων.

(β) Προστασία της κρίσιμης αλυσίδας με την εφαρμογή buffer. Η εν λόγω έρευνα της CCPM εφαρμόζει δύο τύπους buffer: το buffer έργου και buffer τροφοδοσίας. Το buffer έργου είναι ο ελεύθερος χρόνος, ο οποίος τοποθετείται στο τέλος της κρίσιμης αλυσίδας ενός έργου. Από την άλλη, το buffer τροφοδοσίας είναι ένας χρόνος buffer που είναι χρήσιμος ως σύνδεσμος μεταξύ των μη κρίσιμων δραστηριοτήτων και των κρίσιμων δραστηριοτήτων της κρίσιμης αλυσίδας. Τα buffer τροφοδοσίας επίσης λειτουργούν ως αποθεματικά χρόνου όταν υπάρχουν καθυστερήσεις σε μη κρίσιμες δραστηριότητες της αλυσίδας. Αυτός ο buffer χρόνος θα διασφαλίζει την κρίσιμη αλυσίδα και την ακεραιότητα του χρονοδιαγράμματος του συνόλου του έργου. Η σχέση που υπολογίζει το μέγεθος του buffer είναι η τετραγωνική ρίζα του τετραγώνου του αθροίσματος, υπολογισμός που χρησιμοποιείται στον καθορισμό του ανώτερου και του κατώτερου ορίου κάθε δραστηριότητας για να βρεθεί η διαφορά στη διάρκεια (D).

$$B = \sqrt{\sum_i^n (D0_i - D1_i)^2}$$

B = Buffer

D0= διάρκεια που έχει διαθέσιμο χρόνο

D1= διάρκεια που δεν έχει διαθέσιμο χρόνο

Παράλληλα, εφαρμόζονται κανόνες για το μέγεθος του έργου buffer, το οποίο δεν πρέπει να είναι μικρότερο από το 25% της διάρκειας της κρίσιμης αλυσίδας, ενώ σε περίπτωση που η διάρκεια του έργου buffer είναι μικρότερη από 25%, τότε χρησιμοποιείται ως buffer το 25% της διάρκειας της κρίσιμης αλυσίδας.

Σκοπός της έρευνας των Andiyan Andiyan et al (2021), είναι αφού σχεδιαστεί ο προγραμματισμός του έργου με τη CPM και προσδιοριστούν οι πόροι που εξοικονομούνται με τη συμπίεση έργου, στη συνέχεια να γίνει συγκριτική αξιολόγηση με τα αποτελέσματα

από την εφαρμογή των CPM-PERT και της CCPM. Το αποτέλεσμα της έρευνάς τους ήταν υπέρ της CCPM, γεγονός που ενθαρρύνει την ενσωμάτωση της μεθόδου σε περισσότερα έργα προγραμματισμού.

Από την άλλη μεριά, μια σειρά από έρευνες εξετάζουν σύνθετα προβλήματα συμπίεσης, με τη χρήση **ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού**, με περισσότερες μεταβλητές απόφασης και περιορισμούς, πέραν του κόστους και του χρόνου. Ο San Cristóbal J. (2019) αναφέρει στην έρευνά του ότι **ο χρόνος, το κόστος, η ποιότητα και η ασφάλεια**, είναι τα τέσσερα κρίσιμα στοιχεία που συμβάλλουν στην επιτυχία του έργου, παρόλο που παραδοσιακά, η βιβλιογραφία έχει επικεντρωθεί στην ανάλυση μόνο του χρόνου και του κόστους. Νέοι τύποι συμβάσεων από τις κεντρικές κυβερνήσεις, επιβάλλουν την αξιολόγηση της ποιότητας κατασκευής με ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση του χρόνου και του κόστους κατασκευής, ενώ και η ασφάλεια βρίσκεται ψηλά στην ατζέντα της διαχείρισης μεγάλων έργων, εξαιτίας των πολλών ατυχημάτων στον κατασκευαστικό κλάδο. Ο San Cristóbal J. (2019) στην έρευνά του, χρησιμοποιεί ένα πρόβλημα ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού που εφαρμόζεται σε ένα δίκτυο αποφάσεων CPM (Μέθοδος Κρίσιμης Διαδρομής), με στόχο την ανάκτηση ενός συνολικού βέλτιστου μεταξύ χρόνου, κόστους, ποιότητας και ασφάλειας σε ένα έργο οδοποιίας. Εφόσον, κατά την εκτέλεση ενός έργου, πρέπει να επιτευχθεί κάποιο βέλτιστο και υπάρχει ένας αριθμός μεθόδων προσέγγισης αυτών των βέλτιστων, με την κάθε μέθοδο να έχει το δικό της χρόνο, κόστος, ποιότητα και ασφάλεια, τα αποτελέσματα αυτών των εναλλακτικών μπορεί να αναθεωρηθούν «αποφάσεις» που αρχικά θεωρούνται βέλτιστες, ενώ δύνανται να αλλάξουν κατά την εκτέλεση του έργου. Ο San Cristóbal J. (2019), υποστηρίζει ότι πρόκειται για πρόβλημα αποφάσεων της CPM. Έστω $j = \{S_1, S_2, S_3, \dots\}$, μια σειρά από δραστηριότητες που πρέπει να εκτελεστούν για την ολοκλήρωση του έργου. Κάποιες είναι μοναδιαίες $S = \{S_{i1}\}$ και άλλες αποτελούνται από άλλα μέρη $S_i = \{S_{i1}, S_{i2}, S_{i3}, \dots\}$. Αν όλες οι δραστηριότητες είναι μοναδιαίες, τότε είναι όλες ανεξάρτητες και το έργο καταλήγει σε ένα κλασικό έργο εφαρμογής CPM. Αν όμως, μία ή περισσότερες δραστηριότητες, έχουν περισσότερα τμήματα, τότε για κάθε τέτοιο σετ δραστηριοτήτων, πρέπει να ληφθεί μία απόφαση αναφορικά με το ποια από τις δραστηριότητες θα πρέπει να υλοποιηθεί. Με το που ληφθεί μια τέτοια απόφαση, το αποτέλεσμα είναι μία κλασική ανάλυση CPM.

$$S_{ij} = \{S_{i1}, S_{i2}, S_{i3}, \dots, S_{ik(i)}\} \quad k(i) \quad d_{i1}, d_{i2}, \dots, d_{ik(i)}$$

$$d_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{αν η δραστηριότητα } j \text{ εκτελεστεί} \\ 0 & \text{αν δεν εκτελεστεί} \end{cases}$$

Αρχικά, εφαρμόζονται ένα δίκτυο απόφασης-CPM, οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ του σχεδιασμού και των φάσεων προγραμματισμού, και το απαιτούμενο μοντέλο ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού. Για να υπολογιστεί η συνολική απόδοση της ποιότητας του έργου, έχει προταθεί μία συνάρτηση η οποία επιτρέπει την έκφραση της συνολικής εκτιμώμενης ποιότητας (Q_T) για όλες τις εξεταζόμενες δραστηριότητες μέσω μιας εξίσωσης που χρησιμοποιεί απλή σταθμισμένη προσέγγιση:

$$Q_T = \sum_{i=1}^h Ws_i \sum_{j=1}^k Q_{ij} * d_{ij}$$

Προκειμένου να υπολογιστεί η συνολική απόδοση ασφάλειας (S_T) σε επίπεδο έργου, επιλέγεται μια συνάρτηση:

$$S_T = \sum_{i=1}^h W_{si} \sum_{j=1}^k F_{ij} * d_{ij}$$

Όπου το W_{si} είναι η συντελεστής βαρύτητας του συνόλου εργασιών i σε σχέση με άλλα σύνολα στο έργο και αντιπροσωπεύει τη συμβολή της ποιότητας και της ασφάλειας αυτού του σετ στη συνολική ποιότητα και ασφάλεια του έργου. Q_{ij} και F_{ij} είναι η απόδοση των δεικτών ποιότητας και ασφάλειας της εργασίας j στο σύνολο i και το d_{ij} είναι έχει οριστεί παραπάνω. Με τη χρήση του μοντέλου αυτού, εξετάζονται τα αποτελέσματα εναλλακτικών μεθόδων, καθώς και ο βαθμός συσχέτισης μεταξύ σχεδιασμού και προγραμματισμού ενός έργου.

Σύμφωνα με τους Tomczak M. και Jaśkowski P. (2020), η διαχείριση κατασκευαστικών έργων είναι μια πρόκληση και οι συνέπειες των λανθασμένων αποφάσεων είναι ιδιαίτερα δαπανηρή. Δυστυχώς, οι κλασικές μέθοδοι προγραμματισμού δεν προσαρμόζονται εύκολα στα προβλήματα των κατασκευαστικών έργων. Η ανάγκη για αξιόπιστη υποστήριξη λήψης αποφάσεων δεν έχει ικανοποιηθεί ακόμα. Οι υπάρχοντες τρόποι επιτάχυνσης των κατασκευαστικών έργων (κατανομή πρόσθετων πόρων, οι ευέλικτες σχέσεις μεταξύ των δραστηριοτήτων, που επιτρέπουν τη διακοπή δευτερευουσών διαδικασιών) συνήθως συνεπάγονται πρόσθετα έξοδα.

Η έρευνά τους, βασίζεται σε έναν γραμμικό αλγόριθμο **μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού (MILP)** για συμπίεση χρονοδιαγράμματος με αλλαγές στην κατανομή πόρων και συγκεκριμένα με διαχωρισμό συνεργείων σε ομάδες και την επανατοποθέτηση των ομάδων σε δραστηριότητες που είναι απαραίτητο να επιταχυνθούν. Η επανατοποθέτηση των ομάδων παρατηρήθηκε στην πράξη στα εργοτάξια, αν και δεν βρέθηκε στη βιβλιογραφία των αλγόριθμων βελτιστοποίησης χρονοδιαγράμματος. Περαιτέρω μείωση της διάρκειας κατασκευής πραγματοποιήθηκε με τη χρήση υπερβολαβίας. Και οι δύο μέθοδοι ενσωματώθηκαν σε ένα μοντέλο βελτιστοποίησης.

Προκειμένου να αναδειχθούν τα πλεονεκτήματά της, η μέθοδος εφαρμόστηκε για τη βελτιστοποίηση ενός δοκιμαστικού προγράμματος. Η συνολική διάρκεια μειώθηκε κατά 7% χωρίς να χρησιμοποιηθούν επιπλέον πόροι. Ωστόσο, όταν η δεξαμενή πόρων αυξήθηκε με τη χρήση υπερβολάβων, το χρονοδιάγραμμα συμπίεστηκε έως και 27,7% της αρχικής του διάρκειας, αν και με σημαντική αύξηση του υπερβολαβικού κόστους (40%). Η αναπτυγμένη μέθοδος παράγαγε καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με μια άλλη μέθοδο (state-of-the-art) που ελήφθη από το βιβλιογραφία.

Αυτά τα αποτελέσματα, αν και σίγουρα δεν είναι αντιπροσωπευτικά, δείχνουν τις δυνατότητες αυτής της μεθόδου. Αυξάνει σημαντικά την ευελιξία στην κατανομή των πόρων. Μπορεί να εφαρμοστεί για επαναπρογραμματισμό έργων που έχουν καθυστερήσει στο πλαίσιο της εξεύρεσης τρόπου να επιταχυνθούν οι δραστηριότητες, ενώ υπάρχει περιορισμός μιας συγκεκριμένης δεξαμενής πόρων. Η μέθοδος μπορεί χρησιμοποιείται επίσης από τους εργολάβους στο στάδιο της υποβολής προσφορών, προκειμένου να αναλύσουν τη βέλτιστη αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων και πώς να προσφύγει σε υπερβολάβους πιο οικονομικά, τηρώντας παράλληλα τις συμβατικές προθεσμίες.

Ενώ η ιδέα φαίνεται πολλά υποσχόμενη, το μοντέλο εξακολουθεί να είναι ακατέργαστο. Ο αλγόριθμος είναι ντετερμινιστικός⁵. Στη σημερινή του μορφή διεξάγει υπολογισμούς σε διαδοχικές εργάσιμες ημέρες. Αργίες και διαφοροποιημένα ημερολόγια για συγκεκριμένες δραστηριότητες ή πόρους δεν λαμβάνονται υπόψη. Επιπλέον, το έργο διαμορφώνεται ως ένα Δίκτυο Δραστηριότητας σε Κόμβο (ΑΟΝ) με σχέσεις προτεραιότητας μόνο Αρχής – Τέλους. Μία από τις μελλοντικές κατευθύνσεις για την ανάπτυξή του είναι η προσαρμογή του για επαναλαμβανόμενα έργα. Το μοντέλο πρόκειται να επεκταθεί σε σχέσεις προτεραιότητας άλλες, εκτός από τις «Αρχή – Τέλος». Καθώς είναι πλέον καθαρά ντετερμινιστικό, το επόμενο θέμα που θα είναι η προσαρμογή του σε κίνδυνο. Επιπλέον, το μοντέλο χρειάζεται να ενσωματωθεί στα υπάρχοντα εργαλεία προγραμματισμού για μεγαλύτερη αλληλεπίδραση και για χρήσιμες επιλογές, όπως τα ημερολόγια.

Σύμφωνα με τους Ballesteros-Pérez, et al (2019, η συμπίεση δραστηριότητας, η παρακολούθηση (fast tracking) και η αντικατάσταση είναι οι τρεις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες τεχνικές συμπίεσης. Η συμπίεση γενικά περιλαμβάνει την κατανομή επιπλέον πόρων σε μια δραστηριότητα με σκοπό τη μείωση της διάρκειάς της. Το πρόβλημα της συμπίεσης χρονοδιαγράμματος διατυπώθηκε μαθηματικά για πρώτη φορά το 1961. Έκτοτε, η συντριπτική πλειοψηφία της επιστημονικής βιβλιογραφίας έχει προτείνει ένα ευρύ φάσμα τεχνικών βελτιστοποίησης, με τις περισσότερες έρευνες να υποθέτουν ότι η σχέση διάρκειας-κόστους δραστηριότητας, από την οποία εξαρτάται η συνολική συμπίεση και το κόστος του έργου, είναι γραμμική και/ή διακριτή, παρόλο που αρκετοί συγγραφείς έχουν παράσχει ισχυρά εμπειρικά δεδομένα ισχυριζόμενοι ότι πολλές από τις αρχικές υποθέσεις του μοντέλου δεν ισχύουν στα πραγματικά κατασκευαστικά έργα. Οι Ballesteros-Pérez, et al (2019) εφαρμόζουν δύο **μη γραμμικά μοντέλα χρόνου-κόστους** για τη συμπίεση δραστηριοτήτων, που υποθέτουν είτε συνεργατικούς είτε μη συνεργατικούς πόρους. Αυτά τα μοντέλα αντικατοπτρίζουν τις δύο πιο συνηθισμένες καταστάσεις κατά τη διάρκεια κατασκευαστικών έργων. Τα πλεονεκτήματα αυτών των μοντέλων είναι ότι επιτρέπουν τόσο διακριτές και συνεχείς, όσο και ντετερμινιστικές και στοχαστικές προσεγγίσεις. Επιπλέον, η ποσότητα των πόρων που απαιτούνται για τη συμπίεση της δραστηριότητας μπορεί να ποσοτικοποιηθεί. Οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η πιο διαδομένη υπόθεση στο πεδίο της συμπίεσης είναι η υπόθεση της γραμμικής σχέσης της διάρκειας της δραστηριότητας με το κόστος, Ωστόσο άλλες υποθέσεις περιλαμβάνουν την παραδοχή (συχνά αυθαίρετα) ορίων για το μέγεθος συμπίεσης που είναι επιτρεπτό για τις δραστηριότητες, τη διακριτοποίηση της σχέσης αντιστάθμισης με μια σειρά σημείων (μερικές φορές αναφέρονται ως «στάδια συμπίεσης») και την αγνόηση της απώλειας απόδοσης που προέκυψε από την ταυτόχρονη λειτουργία περισσότερων πόρων στην ίδια δραστηριότητα. Πολλές από αυτές τις απλοποιήσεις γίνονται αρχικά για να μειωθεί η υπολογιστική προσπάθεια που απαιτείται για την απόκτηση βέλτιστων (ή σχεδόν βέλτιστων) συμπιεσμένων χρονοδιαγραμμάτων.

Η έρευνα των Ballesteros-Pérez, et al (2019) προσφέρει μια εναλλακτική λύση, στα καθιερωμένα γραμμικά και διακριτής μορφής μοντέλα που αναπτύχθηκαν στο παρελθόν. Η εναλλακτική αποτελείται από ένα μοντέλο που αντιπροσωπεύει πολύ πιο ρεαλιστικά τη

⁵ Η αιτιοκρατία (ντετερμινισμός) (determinism) είναι η φιλοσοφική τάση που επηρέασε ιδιαίτερα την επιστημονική σκέψη από την αρχαιότητα μέχρι και σήμερα. Απόδέχεται την ύπαρξη της αιτιότητας, την καθολική αιτιώδη και νομοτελειακή συνάφεια όλων των φαινομένων. Το ευθέως αντίθετο της αιτιοκρατίας πρεσβεύει η αναίτιοκρατία ή ντετερμινισμός. Πηγή: Βικιπαίδεια (πρόσβαση 8.3.2022) διαθέσιμο στο: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B9%CF%84%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CF%81%CE%B1%CF%84%CE%AF%CE%B1>

συσχέτιση της διάρκειας μιας δραστηριότητας και του κόστους, με το προτεινόμενο μοντέλο συσχέτισης να υιοθετήσει δύο εκδοχές, ανάλογα με το εάν οι πόροι λειτουργούν ή όχι, συνεργατικά. Επίσης, περιλαμβάνει ρεαλιστικές μεταβλητές και παραμέτρους που είναι συνήθως γνωστές ή που μπορεί να εκτιμηθούν με ακρίβεια, κατά την εκτέλεση κατασκευαστικών έργων. Τέλος, επιτρέπει επίσης τον υπολογισμό του αριθμού των πόρων που απαιτούνται για την επίτευξη διαφορετικών επιπέδων συμπίεσης.

Αξίζει να σημειωθεί ότι και οι δύο εναλλακτικές επιλογές συμπίεσης (δηλαδή με συνεργατικούς και μη συνεργατικούς πόρους) έχουν ακριβώς το ίδιο κόστος. Αυτό συμβαίνει επειδή κάθε πόρος συνεισφέρει στο κόστος για όσο διάστημα δραστηριοποιείται και κατά μέσο όρο, στο συνολικό έργο που εκτελείται από τους πόρους είναι το ίδιο και στις δύο εναλλακτικές λύσεις συμπίεσης. Αντίθετα, είναι η τελική διάρκεια συμπίεσης που διαφέρει (οι μη συνεργατικοί πόροι είναι λιγότερο αποδοτικοί από τους συνεργατικούς, εξ ου και η διάρκεια μιας δραστηριότητας που διενεργείται από συνεργατικούς πόρους θα είναι πάντα ίση ή μικρότερη από τη διάρκεια μιας δραστηριότητας που πραγματοποιείται από μη συνεργατικούς πόρους).

Αντίστοιχα, οι **Pérez, B., et al. (2019)**, στην έρευνά τους, προτείνουν ένα **μη γραμμικό μοντέλο** για τη συμπίεση της δραστηριότητας και της αντιστάθμισης χρόνου-κόστους. Οι κύριες μεταβλητές αυτού του μοντέλου είναι η διάρκεια της συμπιεσμένης δραστηριότητας, το κόστος συμπίεσης και ο αριθμός πόρων που εμπλέκονται στη συμπίεση. Έχουν προταθεί μαθηματικοί τύποι που εκφράζουν τις δύο από αυτές μεταβλητές, ως συνάρτηση της τρίτης. Έχουν επίσης παρασχεθεί απλές εκφράσεις για τις περιπτώσεις που οι πόροι που λειτουργούν συνεργατικά ή μη. Η πρώτη επιλογή αντιπροσωπεύει την περίπτωση όπου οι πόροι προέρχονται από τον ίδιο υπεργολάβο, ενώ η δεύτερη αντιπροσωπεύει την περίπτωση όπου οι πόροι προέρχονται από διαφορετικούς υπεργολάβους. Και οι δύο παραλλαγές αναπτύχθηκαν πλήρως μαθηματικά μέσω ρητών ή άρρητων εκφράσεων, ενώ υπήρξε εφαρμογή με πραγματικά δεδομένα μέσω case study. Αν και η μαθηματική διατύπωση αυτών των μοντέλων είναι σχετικά απλή, επιτρέπει διακριτές και/ή συνεχείς μεταβλητές απόφασης, καθώς και ντετερμινιστικές και στοχαστικές αναλύσεις. Αυτά τα χαρακτηριστικά, μαζί με ένα σύνολο παραμέτρων με φυσική σημασία στις περισσότερες περιπτώσεις, προσδίδουν στο μοντέλο υψηλά επίπεδα ευελιξίας και δυνατότητας εφαρμογής. Έχουν αναλυθεί συγκρίσεις που υπογραμμίζουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της συμπίεσης δραστηριότητας και της επίσπευσης (fast-tracking). Όλα τα σενάρια του παραδείγματος έχουν λυθεί με **Γενετικούς Αλγόριθμους**, μια δημοφιλή τεχνική βελτιστοποίησης που χρησιμοποιείται από πολλούς ερευνητές για την αντιμετώπιση προβλημάτων προγραμματισμού. Τα αποτελέσματα τόσο από τη θεωρητική όσο και από την ανάλυση παραδειγμάτων καταδεικνύουν ότι η συμπίεση δραστηριότητας είναι προτιμότερη, αν και πιο ακριβή, όταν απαιτούνται υψηλές συμπίεσεις χρονοδιαγράμματος. Αντίθετα, η γρήγορη παρακολούθηση (fast tracking) περιορίζεται σε χαμηλότερες απαιτήσεις συμπίεσης, αλλά με πιο αποδοτικούς όρους, από άποψη κόστους. Ο συνδυασμός και των δύο τεχνικών μπορεί επομένως να οδηγήσει στο καλύτερο, συνολικό αποτέλεσμα.

Τέλος, ενδιαφέρον παρουσιάζει το ερευνητικό έργο των **Ou-Yang C. και Li-Chen W. (2018)**, οι οποίοι αναπτύσσουν μια ολοκληρωμένη στρατηγική αξιολόγησης για τις διάφορες παραλλαγές μεθόδων που σχετίζονται με το χρονοπρογραμματισμό και την ανάλυση χρόνου-κόστους, με εφαρμογή σε ένα έργο EPC. Η ανάλυση χρόνου-κόστους είναι μια σημαντική πτυχή του προγραμματισμού των έργων, ιδιαίτερα σε μακροπρόθεσμα και δαπανηρά έργα EPC, ενώ μόλις ένα 10% έως 15% των μεγάλων έργων, ολοκληρώνονται στην ώρα τους, με τα

υπόλοιπα να καθυστερούν. Σε αυτή την έρευνα, προτείνεται μια **υβριδική μέθοδος** για τη βελτιστοποίηση χρόνου-κόστους στην αξιολόγηση της στρατηγικής ενός έργου. Εφαρμόζεται η **προσομοίωση Monte Carlo** για τον καθορισμό των σχεδίων έκτακτης ανάγκης και την διαπίστωση της αποτελεσματικής διαχείρισης των εκτιμώμενων αβεβαιοτήτων ενός χρονοδιαγράμματος. Ένα **μαθηματικό μοντέλο ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού, κωδικοποιημένο με χρήση CPLEX**, έχει αναπτυχθεί για να αξιολογεί κατάλληλες στρατηγικές για την εκτέλεση του έργου υπό περιορισμούς χρόνου και κόστους. Ένα σύνολο μοντέλων βελτιστοποίησης αξιολογούνται, λαμβάνοντας υπόψη τον κίνδυνο και το σχέδιο συμπίσσης του έργου, καθώς και τη σχέση μεταξύ κόστους συμπίσσης και ρήτρας καθυστέρησης έχει επίσης αναπτυχθεί, για την αξιολόγηση της σκοπιμότητας του έργου. Η συσχέτιση μεταξύ κινδύνου και στρατηγικής συμπίσσης ενός έργου, σπάνια έχει αξιολογηθεί ταυτόχρονα σε προηγούμενες έρευνες. Αυτή η εργασία καλύπτει αυτό το ερευνητικό κενό, ποσοτικοποιώντας τη σκοπιμότητα ενός έργου, με συνδυασμένα δεδομένα που σχετίζονται με τον κίνδυνο, το χρονοπρογραμματισμό και το κόστος, ως δείκτες αξιολόγησης. Αυτό επιτρέπει στους διαχειριστές έργων να εξετάσουν θέματα διαχείρισης και στρατηγικές πριν υλοποιηθούν τα έργα. Το πρώτο πρόβλημα που πρέπει να λυθεί στην τυχαιότητα των έργων είναι εκτίμηση του χρόνου ολοκλήρωσης του έργου. Όλα τα ζητήματα, συμπεριλαμβανομένου του προγραμματισμού του έργου, της βελτιστοποίησης των επενδύσεων σε πόρους του έργου, του κόστους του έργου και της αξιολόγησης του κινδύνου του έργου, θα πρέπει να βασίζεται στον αναμενόμενο χρόνο ολοκλήρωσης του έργου. Οι περισσότερες μελέτες σχετικά με τις προθεσμίες του έργου περιορίζονται στην ανάπτυξη μιας στρατηγικής συμπίσσης έργου και όχι σε μια ταυτόχρονη, ολοκληρωμένη αξιολόγηση του κινδύνου του έργου και της στρατηγικής συμπίσσης. Η μελέτη διερευνά την πιθανότητα ενός κινδύνου να επηρεάσει το χρονοδιάγραμμα ολοκλήρωσης του έργου και την συνεκτίμηση, σε πρακτικό επίπεδο, της αλληλεπίδρασης χρόνου-κόστους. Η πιθανότητα της ολοκλήρωσης του προγραμματισμού ενός συμβασιολογημένου έργου, λαμβάνοντας υπόψη διάφορους κινδύνους, γίνεται με ανάλυση κινδύνου και οι δραστηριότητες που βρίσκονται στην κρίσιμη διαδρομή προσδιορίζεται μέσω προγραμματισμού ανάλυσης ευαισθησίας. Η σχέση μεταξύ διάρκειας δραστηριότητας και κόστους συμπίσσης, μετατρέπεται σε μαθηματικό μοντέλο, που επιλύεται μέσω γραμμικού προγραμματισμού για τον υπολογισμό για το βέλτιστο κόστος συμπίσσης. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας τον κίνδυνο, το κόστος και το προγραμματισμό ως δείκτες για την αξιολόγηση της σκοπιμότητας του έργου, οι ερευνητές αναπτύσσουν ένα σύνολο μοντέλων αξιολόγησης έργων που εξετάζουν τον κίνδυνο και το σχέδιο συμπίσσης, καθώς και τη σχέση μεταξύ κόστους συμπίσσης και ρήτρας καθυστέρησης. Η έρευνα παρέχει στους διαχειριστές έργων μια αναφορά για διαχείριση και χάραξη στρατηγικής στο στάδιο της υποβολής προσφορών, καθώς αυξάνει την πιθανότητα ολοκλήρωσης των έργων εντός της χρονικής διορίας. Για την προστασία των συμφερόντων τους, οι αναθέτουσες αρχές, γενικά, προσδιορίζουν τις προβλεπόμενες ρήτρες καθυστέρησης στις συμβάσεις τους. Αν ένα το έργο δεν τηρήσει την προθεσμία, ο διαχειριστής έργου θα χρειαστεί να χρησιμοποιήσει απαραίτητες δεξιότητες διαχείρισης για την εφαρμογή του χρονοδιαγράμματος και του ελέγχου του κόστους, λαμβάνοντας υπόψη το κόστος που προκύπτει από τη συμπίσση έργου και τις ρήτρες καθυστέρησης. Θα πρέπει να επιτευχθούν ισορροπία μεταξύ αυτών των δύο αυτών παραγόντων για την επιτυχή ολοκλήρωση του έργου, σύμφωνα με τους στόχους και τους ποιοτικούς δείκτες που θέτει η αρχικό σχέδιο. Στη μελέτη αυτή εφαρμόζονται οι μέθοδοι της προσομοίωσης **Monte Carlo με τη χρήση του λογισμικού Primavera Risk Analysis και ακέραιος γραμμικός προγραμματισμός κωδικοποιημένος με χρήση IBM ILOG CPLEX**. Αυτές οι μέθοδοι συνδυάζουν την πιθανολογική διάρκεια της δραστηριότητας με τη συστηματική

ανάλυση καθυστέρηση των δραστηριοτήτων για την πρόβλεψη της συνολικής καθυστέρησης του έργου και τον υπολογισμό του πρόσθετου κόστους που προκαλείται από ένα σχέδιο συμπίεσης, λόγω θεώρησης κινδύνου.

Κεφάλαιο 4: Πιλοτική εφαρμογή στο έργο «Αξιολόγηση των δράσεων εναρμόνισης οικογενειακής και επαγγελματικής ζωής στο ΕΠ ΑΝΑΔ ΕΔΒΜ και στα ΠΕΠ».

4.1 Σύντομη περιγραφή του ΕΠ ΑΝΑΔ – ΕΔΒΜ και του αντικειμένου του έργου της αξιολόγησης

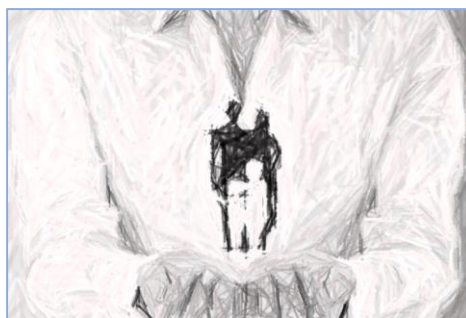
Το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση & Διά βίου



Μάθηση 2014-2020» (ΕΠ ΑΝΑΔ-ΕΔΒΜ) αποτελεί τομεακό πρόγραμμα και συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο και την Πρωτοβουλία για την Απασχόληση των Νέων (ΠΑΝ), με σκοπό την αντιμετώπιση της ανεργίας, τη δημιουργία ποιοτικών δυνατοτήτων εκπαίδευσης, την αναβάθμιση

δεξιοτήτων και βιώσιμη απασχόλησης για όλους, με γνώμονα την ενίσχυση της κοινωνικής συνοχής.

Κατά την προγραμματική περίοδο 2014-2020, συγκεκριμένα προγράμματα (δράσεις) εναρμόνισης επαγγελματικής και οικογενειακής ζωής συγχρηματοδοτήθηκαν από το ΕΚΤ στο πλαίσιο του ΕΠ Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση και των 13 ΠΕΠ. Στόχος των δράσεων αυτών είναι η ενίσχυση των γυναικών προκειμένου να διασφαλιστεί η ισότιμη πρόσβασή τους στην εργασία, μέσω της παροχής ποιοτικών υπηρεσιών φροντίδας και φιλοξενίας βρεφών, νηπίων παιδιών και εφήβων και ατόμων με αναπηρία, καθώς και ανδρών που έχουν την επιμέλεια τέκνων, στις ακόλουθες κατηγορίες δομών φιλοξενίας:



- Βρεφικοί Σταθμοί
- Βρεφονηπιακοί Σταθμοί
- Βρεφονηπιακοί Σταθμοί Ολοκληρωμένης Φροντίδας
- Παιδικοί Σταθμοί
- Κέντρα Δημιουργικής Απασχόλησης Παιδιών (Κ.Δ.Α.Π.).
- Κέντρα Δημιουργικής Απασχόλησης Παιδιών με Αναπηρία (Κ.Δ.Α.Π.-ΜΕΑ).

Παράλληλα, στόχος των εν λόγω δράσεων είναι η ισότιμη πρόσβαση των ευπαθών ομάδων (παιδιά και άτομα με αναπηρία) σε ποιοτικές κοινωνικές υπηρεσίες.

Το έργο: «Αξιολόγηση των δράσεων εναρμόνισης οικογενειακής και επαγγελματικής ζωής στο ΕΠ ΑΝΑΔ ΕΔΒΜ και στα ΠΕΠ», αφορά στην αξιολόγηση των δράσεων «Εναρμόνισης οικογενειακής και επαγγελματικής ζωής», όπως αυτές υλοποιήθηκαν κατά τα έτη 2014-2015, 2015-2016 (κάθε κύκλος καλύπτει μία περίοδο 11μηνιαίας εφαρμογής) και 2016 -2017 από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού – Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» και από τα 13 Περιφερειακά Επιχειρησιακά Προγράμματα κατά την εν λόγω χρονική περίοδο, με απώτερο σκοπό την αξιοποίηση των συμπερασμάτων και την ενσωμάτωσή τους στο σχεδιασμό επόμενων κύκλων υλοποίησης των προγραμμάτων.

Αναφορικά με τη χωρική έκταση και θεματική κάλυψη της παρέμβασης, η παρέμβαση αυτή υλοποιήθηκε ως εξής:

- Την περίοδο 2014-2015 η παρέμβαση υλοποιήθηκε για το σύνολο του πληθυσμού στόχου στις περιφέρειες Αττικής, Κεντρικής Μακεδονίας, Δυτικής Μακεδονίας, Στερεάς Ελλάδας και Νότιου Αιγαίου από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανάπτυξης Ανθρώπινου Δυναμικού – Εκπαίδευσης και Διά Βίου Μάθησης».
- Κατά την περίοδο 2015-2016 και 2016-2017 η παρέμβαση υλοποιήθηκε από το Ε.Π. Πρόγραμμα ΑΝΑΔ-ΕΔΒΜ και από τα Περιφερειακά Προγράμματα στο σύνολο της επικράτειας.

Το έργο αξιολόγησης αφορά στην αποτίμηση της παρέμβασης που αναφέρεται στη συμφιλίωση της επαγγελματικής και οικογενειακής ζωής, με σκοπό να υποστηριχθούν συγκεκριμένες ομάδες:

- Μητέρες βρεφών, νηπίων και παιδιών
- Μητέρες νηπίων, παιδιών, εφήβων και ατόμων με Αναπηρία.
- Άτομα (γυναίκες και άνδρες), στα οποία έχει παραχωρηθεί με δικαστική απόφαση η επιμέλεια παιδιών.

Άμεσα ωφελούμενοι των συμπερασμάτων και προτάσεων της αξιολόγησης θα είναι οι φορείς σχεδιασμού και υλοποίησης των προγραμμάτων:

- ➔ Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης Ε.Π. «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση», του Υπουργείου Οικονομίας και Ανάπτυξης,
- ➔ οι Διαχειριστικές Αρχές των 13 Π.Ε.Π.,
- ➔ η Ε.Ε.Τ.Α.Α. (τελικός Δικαιούχος του Ε.Π.),

ενώ **έμμεσα ωφελούμενοι** είναι:

- ➔ οι συμμετέχοντες γονείς που έχουν ενταχθεί στο πρόγραμμα και
- ➔ οι δομές φιλοξενίας παιδιών που θα ωφεληθούν από τις προσδοκώμενες βελτιώσεις κατά τον σχεδιασμό και την υλοποίηση του προγράμματος.

Η σκοπιμότητα του έργου έγκειται στο να εξασφαλιστούν στους αρμόδιους φορείς λήψης αποφάσεων (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Επιτροπές Παρακολούθησης, Διαχειριστικές Αρχές, εταίροι και λοιποί φορείς κ.λπ.) οι κατάλληλες πληροφορίες, στοιχεία και εκτιμήσεις σχετικά με την υλοποίηση των δράσεων εναρμόνισης οικογενειακής και επαγγελματικής ζωής, την επίτευξη των ποσοτικών και ποιοτικών στόχων, καθώς και την αποτελεσματικότητα και αποδοτικότητα των υλοποιούμενων παρεμβάσεων, με στόχο τη διαμόρφωση έγκυρης και αντικειμενικής εικόνας για την πρόοδο υλοποίησης και το βαθμό επίτευξης των σχετικών με την παρέμβαση στόχων του ΕΠ ΑΝΑΔ-ΕΔΒΜ και των ΠΕΠ.



Οι ειδικοί στόχοι του έργου της αξιολόγησης είναι:

- η συνεισφορά στη βελτίωση του σχεδιασμού και της υλοποίησης των δράσεων με έμφαση στην απλοποίηση των διαδικασιών διαχείρισης εντός του πλαισίου υλοποίησης των συγχρηματοδοτούμενων έργων,
- η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των δράσεων ως προς τον ωφελούμενο πληθυσμό,
- η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των δράσεων ως προς τις δομές παροχής υπηρεσιών φροντίδας και φύλαξης παιδιών και

- η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των δράσεων ως προς τους στόχους των επιμέρους Επιχειρησιακών Προγραμμάτων.

4.2 Δομή Ανάλυσης Εργασιών (WBS) του Έργου

Προϋπόθεση για την εκτέλεση του παραπάνω Έργου Αξιολόγησης, είναι η εφαρμογή της Δομής Ανάλυσης Εργασιών (WBS), ως διαχείριση εύρους έργου, προκειμένου να χωριστεί το εύρος του έργου σε μικρότερες μονάδες εργασιών, των οποίων η διαχείριση είναι πιο εύκολη.

Σύμφωνα με τη θεωρία, το WBS αποτελεί τη ραχοκοκαλιά του έργου, όπου κάθε εργασία εμφανίζεται άπαξ στο WBS. Οι εργασίες του χαμηλότερου επιπέδου είναι τα πακέτα εργασίας και είναι «αυτόνομες», ενώ οδηγούν σε «συγκεκριμένο» αποτέλεσμα, τα παραδοτέα, ενώ αν ξεκινήσουν μπορούν να ολοκληρωθούν χωρίς διακοπή.

Για την αποτελεσματική διαχείριση του έργου μας, κατασκευάζεται η Δομή Ανάλυσης Εργασιών του έργου (WBS), που αποτυπώνεται με τη μορφή διαγράμματος και πίνακα όπως φαίνεται ακολούθως και η οποία, αναλύει το έργο μας σε τέσσερα (4) επίπεδα:

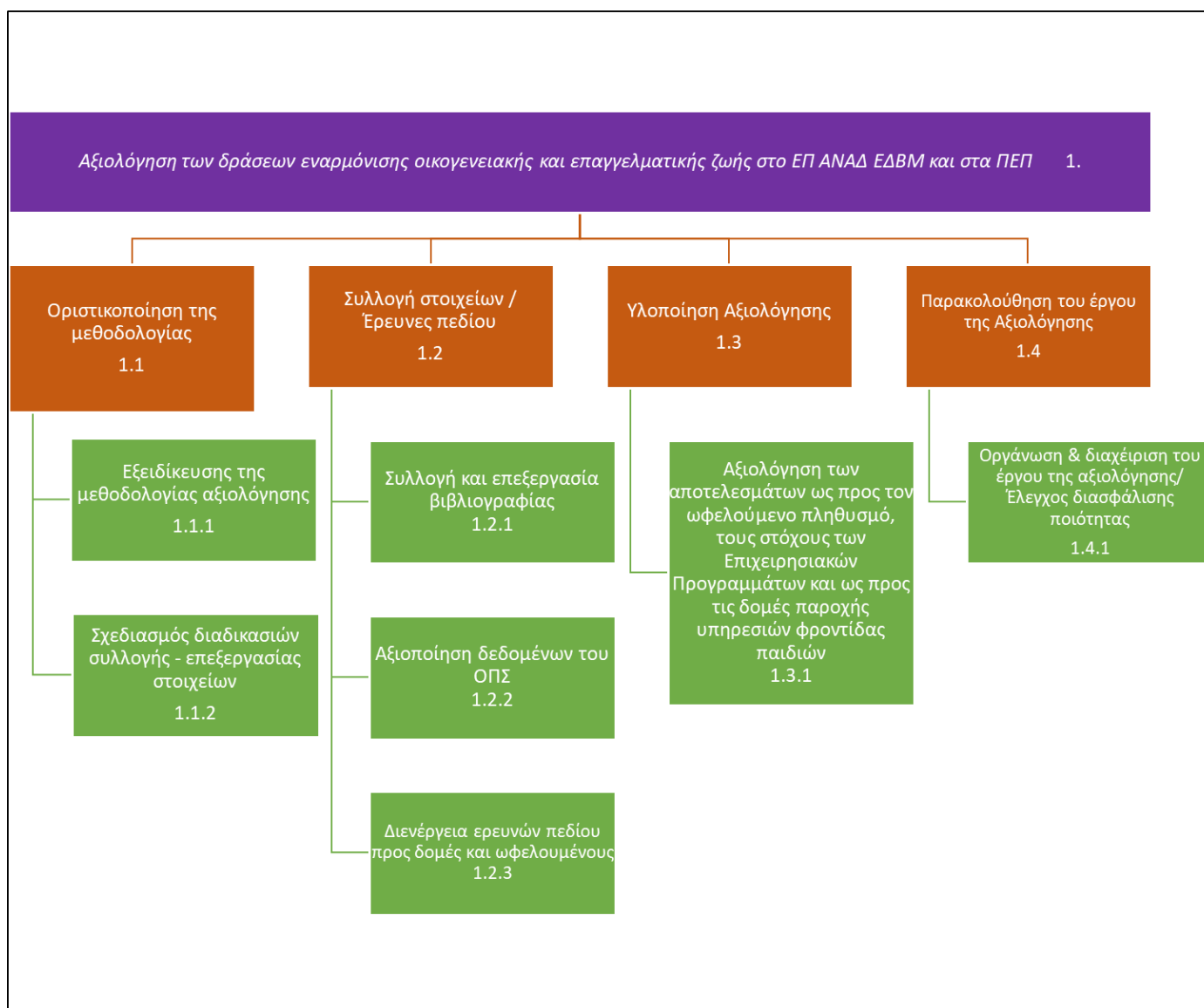
Συγκεκριμένα, **στο επίπεδο 1** αποτυπώνεται το αντικείμενο του έργου που αφορά στην Αξιολόγηση των δράσεων εναρμόνισης οικογενειακής και επαγγελματικής ζωής στο ΕΠ ΑΝΑΔ ΕΔΒΜ και στα ΠΕΠ.

Το **επίπεδο 2**, περιλαμβάνει τα βασικά στάδια προσέγγισης ενός έργου αξιολόγησης τα οποία συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- ➔ «Οριστικοποίηση της Μεθοδολογίας»: που αφορά στην εξειδίκευση, αναλυτική αποτύπωση και οριστικοποίηση της μεθοδολογίας για την αξιολόγηση του έργου (δράση «Εναρμόνιση Οικογενειακής και Επαγγελματικής Ζωής»).
- ➔ «Συλλογή στοιχείων/ Έρευνες πεδίου»: περιλαμβάνει τις ενέργειες συλλογής, οργάνωσης και ανάλυσης των απαιτούμενων πρωτογενών και δευτερογενών δεδομένων των δράσεων εναρμόνισης οικογενειακής και επαγγελματικής ζωής που υλοποιήθηκαν κατά τα έτη 2014-2015, 2015-2016 και 2016 -2017
- ➔ «Υλοποίηση της αξιολόγησης»: μέσω της ανάλυσης και επεξεργασίας των πληροφοριακών στοιχείων που συγκεντρώθηκαν και που στοχεύει στην εξαγωγή και τη διατύπωση αξιολογικών συμπερασμάτων
- ➔ «Οργάνωση και διαχείριση του έργου της αξιολόγησης» μέσω της οριζόντιας διαχείρισης των επιμέρους σταδίων

Στο **επίπεδο 3**, τα παραπάνω βασικά στάδια εξειδικεύονται περαιτέρω σε Πακέτα Εργασίας, που περιλαμβάνουν ενέργειες και μεθοδολογίες που θα οδηγήσουν σε συγκεκριμένο αποτέλεσμα, «παραδοτέο».

Διάγραμμα 10: Αποτύπωση WBS του πιλοτικού Έργου



Πίνακας 3: Αποτύπωση WBS του πιλοτικού Έργου σε μορφή πίνακα

Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3
1. Αξιολόγηση των δράσεων εναρμόνισης οικογενειακής και επαγγελματικής ζωής στο ΕΠ ΑΝΑΔ ΕΔΒΜ και στα ΠΕΠ	1.1 Οριστικοποίηση της μεθοδολογίας	1.1.1 Εξειδίκευση της μεθοδολογίας αξιολόγησης
		1.1.2 Σχεδιασμός διαδικασιών συλλογής - επεξεργασίας στοιχείων
	1.2 Συλλογή στοιχείων / Έρευνες πεδίου	1.2.1 Συλλογή και επεξεργασία βιβλιογραφίας
		1.2.2 Αξιοποίηση δεδομένων του ΟΠΣ
		1.2.3 Συνεντεύξεις με στελέχη υπεύθυνα για τον προγραμματισμό, διαχείριση και εφαρμογή της Παρέμβασης
	1.3 Υλοποίηση Αξιολόγησης	1.3.2 Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των δράσεων
	1.4 Παρακολούθηση του έργου της Αξιολόγησης	1.4.2 Έλεγχος, διασφάλιση ποιότητας και διαχείριση κινδύνων

4.3 Ανάλυση Πακέτων Εργασίας

4.3.1 Παρουσίαση Πακέτων Εργασίας – Δραστηριοτήτων

Σύμφωνα με τη θεωρία, ως Δραστηριότητα ορίζεται οποιαδήποτε εργασία πρέπει να εκτελεστεί προκειμένου να ολοκληρωθεί το πακέτο εργασιών, λαμβάνοντας υπόψη ότι ένα πακέτο εργασίας μπορεί να διαχωριστεί σε μία ή και περισσότερες δραστηριότητες.

Με βάση την παραπάνω ανάλυση της WBS το έργο μας, φαίνεται να περιλαμβάνει επτά (7) Πακέτα Εργασίας και δώδεκα (12) Δραστηριότητες, σε τέσσερα (4) Επίπεδα ανάλυσης, για τις τέσσερις βασικές κατηγορίες Δράσεων που είδαμε. Συγκεκριμένα, τα Πακέτα Εργασίας και οι Δραστηριότητες του Έργου της Αξιολόγησης του Ε.Π. είναι:

- ➔ Το Π.Ε. 1.1.1 «Εξειδίκευση της μεθοδολογίας αξιολόγησης» αποτελεί συγκεκριμένο στάδιο της Οριστικοποίησης της Μεθοδολογίας και αποσκοπεί στην εξειδίκευση και αναλυτική αποτύπωση της οριστικής μεθοδολογίας αξιολόγησης, συμπεριλαμβανομένου του χρονοπρογραμματισμού. Στο πλαίσιο Π.Ε. 1.1.1 θα εκπονηθούν οι παρακάτω δραστηριότητες:
 - **Δραστηριότητα 1.1.1.1:** Αποτύπωση γενικών & ειδικών στόχων αξιολόγησης και ερωτημάτων της αξιολόγησης
 - **Δραστηριότητα 1.1.1.2 :** Εξειδίκευση της προσέγγισης των βασικών κριτηρίων της αξιολόγησης
 - **Δραστηριότητα 1.1.1.3:** Οριστικοποίηση των μεθοδολογικών εργαλείων που θα αξιοποιηθούν
- ➔ Το Π.Ε. 1.1.2 «Σχεδιασμός των διαδικασιών συλλογής, επεξεργασίας & ελέγχου των στοιχείων», αποσκοπεί στο σχεδιασμό αποτελεσματικών διαδικασιών συλλογής, επεξεργασίας και ελέγχου στοιχείων (πρωτογενή και δευτερογενή δεδομένα) που θα τροφοδοτήσουν τη διαδικασία της αξιολόγησης, μέσα από τις παρακάτω δραστηριότητες:
 - **Δραστηριότητα 1.1.2.1:** Εντοπισμός και αναλυτική καταγραφή πηγών συλλογής στοιχείων
 - **Δραστηριότητα 1.1.2.2:** Σχεδιασμός απαιτούμενων ερευνών πεδίου / συνεντεύξεων

Τα δύο αυτά Πακέτα Εργασίας με τις Δραστηριότητές τους, οδηγούν σε ένα Παραδοτέο, που είναι η οριστικοποίηση της προτεινόμενης μεθοδολογίας.

- ➔ Το Π.Ε. 1.2.1. «Συλλογή και επεξεργασία βιβλιογραφίας», περιλαμβάνει τη συλλογή και επεξεργασία κάθε σχετικής τεκμηρίωσης που αφορά στο ΕΠ ΑΝΑΔ-ΕΔΒΜ και στα 13 ΠΕΠ. Ενδεικτικά θα εξετάζονται: Κατευθυντήριες γραμμές και κείμενα εργασίας της Ε.Ε., Προγραμματικά Έγγραφα, το Ε.Π. «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού- Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» 2014 – 2020, όπως έχει εξειδικευτεί, τα 13 ΠΕΠ, όπως έχουν εξειδικευτεί, το Σχέδιο Αξιολόγησης του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού- Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» και τα αντίστοιχα Σχέδια Αξιολόγησης των ΠΕΠ και μελέτες αξιολόγησης των αντίστοιχων δράσεων που έχουν ήδη εκπονηθεί στο πλαίσιο του ΚΠΣ 2000-2006 και του ΕΣΠΑ 2007-2013. Το Π.Ε. 1.2.1 ταυτίζεται με τη **Δραστηριότητα 1.2.1.**

- ➔ Το Π.Ε. 1.2.2 «Αξιοποίηση δεδομένων του ΟΠΣ», περιλαμβάνει την αξιοποίηση δεδομένων του Ολοκληρωμένου Πληροφοριακού Συστήματος και άλλων βάσεων δεδομένων, σχετικά με την πορεία υλοποίησης της Παρέμβασης του ΕΠ «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού- Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» και ειδικότερα: Αποφάσεις Ένταξης Έργων, έγγραφα σχετικά με τις διαδικασίες δημόσιων συμβάσεων, Τεχνικά Δελτία και Αποφάσεις Ολοκλήρωσης έργων, Στατιστικά δεδομένα παρακολούθησης που τηρούνται από την Αναθέτουσα Αρχή, Στοιχεία / δεδομένα που προσδιορίζουν την εξέλιξη των δεικτών αποτελεσμάτων του ΕΠ «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού- Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» και των 13 Π.Ε.Π. και Στατιστικά δεδομένα από την ΕΛΣΤΑΤ, εθνικές αρχές και EUROSTAT για την επικαιροποίηση των δεδομένων, στα οποία βασίζεται η κοινωνικό-οικονομική ανάλυση του ΕΠ ΑΝΑΔ-ΕΔΒΜ και των ΠΕΠ και η διαμόρφωση της λογικής της παρέμβασης. Το Π.Ε. 1.2.21 ταυτίζεται με τη **Δραστηριότητα 1.2.2.**
- ➔ Το Π.Ε. 1.2.3 «Διενέργεια ερευνών πεδίου προς δομές και ωφελούμενους» αφορά στη διενέργεια των απαραίτητων ερευνών πεδίου με στόχο αφενός τη συλλογή πρωτογενών δεδομένων του ωφελούμενου πληθυσμού (γυναίκες / άνδρες που επωφελήθηκαν από την παρέμβαση) και των Δομών που παρέχουν ή παρείχαν τις υπηρεσίες φροντίδας και φύλαξης παιδιών και, αφετέρου, την καταγραφή των απόψεών τους σχετικά με την αποτελεσματικότητα και τη διεισδυτικότητα των μεθόδων δημοσιοποίησης της παρέμβασης, την ποιότητα του προγραμματισμού και τη χρηστικότητα των διαδικασιών υλοποίησης και τα οφέλη (αποτελέσματα / επιπτώσεις) από την υλοποίηση της παρέμβασης. Περιλαμβάνει τις Δραστηριότητες:
 - **Δραστηριότητα 1.2.3.1:** Διαχείριση – Διανομή – Συμπλήρωση Ερωτηματολογίων
 - **Δραστηριότητα 1.2.3.2:** Κωδικοποίηση και επεξεργασία των δεδομένων
 - **Δραστηριότητα 1.2.3.3:** Εξαγωγή συμπερασμάτων.

Τα δύο αυτά Πακέτα Εργασίας οδηγούν σε ένα Παραδοτέο, που είναι η Συλλογή Στοιχείων και οι Έρευνες Πεδίου

- ➔ Το Π.Ε. 1.3.1 αποτελεί και τη **Δραστηριότητα 1.3.1:** «Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων ως προς τον ωφελούμενο πληθυσμό, τους στόχους των Επιχειρησιακών Προγραμμάτων και ως προς τις δομές παροχής υπηρεσιών φροντίδας παιδιών», αφορά στις παρακάτω αξιολογήσεις:

Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των δράσεων στον ωφελούμενο πληθυσμό, με στοιχεία που εστιάζουν στα εξής:

- Προφίλ / χαρακτηριστικά των ωφελουμένων (καθεστώσ εργασίας, ηλικία, φύλο, εκπαίδευση, μειονεκτούντα άτομα / ευπαθείς ομάδες πληθυσμού κλπ.) σε σχέση με τον σχεδιασμό, κατά την είσοδο και την έξοδό τους στα προγράμματα και οι διαφοροποιήσεις που παρατηρούνται μεταξύ των τριών (3) κύκλων υλοποίησης των δράσεων και μεταξύ των περιφερειών.
- Βαθμός ικανοποίησης των ωφελούμενων από την δράση.
- Ανταπόκριση των στόχων των δράσεων στις ανάγκες των ομάδων στόχου στις οποίες απευθύνονται.
- Βαθμός εξυπηρέτησης των επωφελούμενων από το εύρος των παρεχόμενων υπηρεσιών στο πλαίσιο των δράσεων σε σχέση με τις διαφοροποιημένες ανάγκες τους

- Επιπτώσεις στην εργασιακή κατάσταση των ωφελούμενων.
- Ορατότητα της δράσης και ο βαθμός διεξόδου της πληροφορίας στον πληθυσμό που αποτελεί την ομάδα-στόχου.
- Καταγραφή των προβλημάτων που αντιμετώπισαν οι ωφελούμενοι κατά την εμπλοκή τους στην δράση.
- Βαθμός ανταπόκρισης των φορέων υλοποίησης στα αιτήματά που έχουν διατυπωθεί από ωφελούμενους και ο βαθμός ικανοποίησης των ωφελούμενων από την ανταπόκριση αυτή.

Αξιολόγηση αποτελεσμάτων ως προς τους στόχους των Επιχειρησιακών Προγραμμάτων και περιλαμβάνει ερωτήματα που αφορούν στις επιπτώσεις των δράσεων αναφορικά με τους στόχους των ΕΠ που χρηματοδοτούν την παρέμβαση:

- Αξιολόγηση της συμβολής των δράσεων σε σχέση με τους Ειδικούς Στόχους και τα αναμενόμενα αποτελέσματα των αντίστοιχων επενδυτικών προτεραιοτήτων.
- Αξιολόγηση του βαθμού επίτευξης των στόχων των αξιολογούμενων δράσεων.
- Αξιολόγηση της αποδοτικότητας των παρεμβάσεων εξετάζοντας το βαθμό επίτευξης των καθορισμένων στόχων με το ελάχιστο δυνατό κόστος ή το μεγαλύτερο δυνατό βαθμό επίτευξης των στόχων στο καθορισμένο/δεδομένο κόστος

Αξιολόγηση αποτελεσμάτων ως προς τις δομές παροχής υπηρεσιών φροντίδας παιδιών αναφορικά με τις δράσεις στις δομές παροχής υπηρεσιών φροντίδας και φύλαξης παιδιών και ειδικότερα:

- Γνώμη των φορέων παροχής υπηρεσιών φροντίδας και φύλαξης παιδιών αναφορικά με τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της υλοποιούμενης δράσης.
- Προσδιορισμός των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι πάροχοι των ως άνω υπηρεσιών,
- Συνέπειες της δράσης στη βιωσιμότητα των εν λόγω δομών.

Δραστηριότητα	Αξιολογικά Ερωτήματα	Προτεινόμενη Μεθοδολογική Προσέγγιση
1.3.1 «Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων ως προς τον ωφελούμενο πληθυσμό, τους στόχους των Επιχειρησιακών Προγραμμάτων και ως προς τις δομές παροχής υπηρεσιών φροντίδας παιδιών»	Ενέργεια 1.3.1.1: Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της δράσης ως προς τον ωφελούμενο πληθυσμό	
	Προφίλ/χαρακτηριστικά των ωφελουμένων (καθεστώς εργασίας, ηλικία, φύλο, εκπαίδευση, μειονεκτούντα άτομα / ευπαθείς ομάδες πληθυσμού κτλ) σε σχέση με τον σχεδιασμό, κατά την είσοδο και την έξοδο τους στα προγράμματα και οι διαφοροποιήσεις παρατηρούνται μεταξύ των τριών (3) κύκλων υλοποίησης των δράσεων και μεταξύ των περιφερειών.	Έρευνα γραφείου (microdata) Έρευνα Πεδίου (ποσοτική)
	Βαθμός ικανοποίησης των ωφελούμενων από τη δράση.	Έρευνα Πεδίου (ποσοτική)
	Ανταπόκριση των στόχων των δράσεων στις ανάγκες των ομάδων στόχου στις οποίες απευθύνονται	Έρευνα Πεδίου (ποσοτική)
	Βαθμός εξυπηρέτησης των επωφελομένων από το εύρος των παρεχόμενων υπηρεσιών στο πλαίσιο των δράσεων σε σχέση με τις διαφοροποιημένες ανάγκες τους	Έρευνα Πεδίου (ποσοτική)
	Επιπτώσεις στην εργασιακή κατάσταση των ωφελούμενων.	Έρευνα Πεδίου (ποσοτική) & Έρευνα Γραφείου (microdata, δείκτες)

Ορατότητα της δράσης και ο βαθμός διεξόδου της πληροφορίας στον πληθυσμό που αποτελεί την ομάδα-στόχου.	Έρευνα Πεδίου (ποσοτική)
Καταγραφή των προβλημάτων που αντιμετωπίσαν οι ωφελούμενοι κατά την εμπλοκή τους στην δράση.	Έρευνα Πεδίου (ποσοτική)
Βαθμός ανταπόκρισης των φορέων υλοποίησης στα αιτήματά που έχουν διατυπωθεί από ωφελούμενους και ο βαθμός ικανοποίησης των ωφελούμενων από την ανταπόκριση αυτή.	Έρευνα Πεδίου (ποσοτική)
Αξιολογικά Ερωτήματα	Προτεινόμενη Μεθοδολογική Προσέγγιση
Ενέργεια 1.3.1.2: Αξιολόγηση αποτελεσμάτων ως προς τους στόχους των Επιχειρησιακών Προγραμμάτων (Τομεακού και ΠΕΠ)	
Η αξιολόγηση της συμβολής των δράσεων σε σχέση με τους Ειδικούς Στόχους και τα αναμενόμενα αποτελέσματα των αντίστοιχων επενδυτικών προτεραιοτήτων	Βιβλιογραφική Επισκόπηση Έρευνα Γραφείου (ΕΠ, ΠΕΠ, δείκτες, microdata, στατιστικά κ.α.) Ανάλυση αποτελεσματικότητας πράξεων
Η αξιολόγηση του βαθμού επίτευξης των στόχων των αξιολογούμενων δράσεων.	Έρευνα γραφείου (δείκτες κ.α.)
Η αξιολόγηση της αποδοτικότητας των παρεμβάσεων εξετάζοντας το βαθμό επίτευξης των καθορισμένων στόχων με το ελάχιστο δυνατό κόστος ή το μεγαλύτερο δυνατό βαθμό επίτευξης των στόχων στο καθορισμένο/δεδομένο κόστος.	Βιβλιογραφική Επισκόπηση & Έρευνα Γραφείου (μεθοδολογικά έγγραφα, στοιχεία ΟΠΣ) Ανάλυση αποδοτικότητας πράξεων
Αξιολογικά Ερωτήματα	Προτεινόμενη Μεθοδολογική Προσέγγιση
Ενέργεια 1.3.1.3: Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της δράσης ως προς τις δομές παροχής υπηρεσιών φροντίδας και φύλαξης παιδιών	
Γνώμη των φορέων παροχής υπηρεσιών φροντίδας και φύλαξης παιδιών αναφορικά με τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της υλοποιούμενης δράσης.	Έρευνα Πεδίου (ποσοτική)
Προσδιορισμός των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι πάροχοι των ως άνω υπηρεσιών,	Έρευνα Πεδίου (ποσοτική)
Συνέπειες της δράσης στη βιωσιμότητα των εν λόγω δομών.	Έρευνα Πεδίου (ποσοτική) & Έρευνα Γραφείου (στατιστικά κλπ.)

Το Πακέτο Εργασίας Π.Ε. 1.3.1 με την αντίστοιχη Δραστηριότητα, εξειδικεύεται σε συγκεκριμένα Παραδοτέα της Διεργασίας «Υλοποίηση της αξιολόγησης» που αναφέρονται ακολούθως:

- ✓ Παραδοτέο Β: Ενδιάμεσο παραδοτέο της αξιολόγησης του σχεδιασμού των προγραμμάτων με έμφαση στις διαδικασίες υλοποίησης και αξιολόγησης των αποτελεσμάτων της δράσης ως προς τους στόχους των επιμέρους Επιχειρησιακών Προγραμμάτων.
- ✓ Παραδοτέο Γ: Ενδιάμεσο παραδοτέο της αξιολόγησης των αποτελεσμάτων της δράσης ως προς τον ωφελούμενο πληθυσμό.
- ✓ Παραδοτέο Δ: Ενδιάμεσο παραδοτέο της αξιολόγησης των αποτελεσμάτων της δράσης ως προς τις δομές παροχής υπηρεσιών φροντίδας και φύλαξης παιδιών.
- ✓ Παραδοτέο Ε: Τελική Έκθεση Αξιολόγησης.

- ➔ Το Π.Ε. 1.4.1 «Οργάνωση και διαχείριση του έργου της αξιολόγησης/ Έλεγχος διασφάλισης ποιότητας» αποσκοπεί στη διασφάλιση της αποτελεσματικής υλοποίησης του έργου της αξιολόγησης, μέσω της ορθολογικής οργάνωσης και διαχείρισης των εργασιών του Αξιολογητή, καθώς και με την παρακολούθηση πιθανών «δυσλειτουργιών» (π.χ. σε ότι αφορά τις διαδικασίες συλλογής, επεξεργασίας και τεκμηρίωσης στοιχείων) που θα προκύψουν κατά την υλοποίηση του έργου και στην αντιμετώπισή τους με τις κατάλληλες διορθωτικές ενέργειες και ταυτίζεται με τη **Δραστηριότητα 1.4.1**.

Οι εκροές του Πακέτου Εργασίας Π.Ε.1.4.1 θα υποστηρίξουν οριζόντια όλες τις ενέργειες και τα παραδοτέα των λοιπών Πακέτων Εργασίας του έργου και καθ' όλη τη διάρκεια τους.

Οι Δραστηριότητες του υπό εξέταση Έργου Αξιολόγησης, συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4: Κωδικοποιημένες Δραστηριότητες Πιλοτικού Έργου

α/α	Ονομασία δραστηριότητας	Κωδικοποίηση
1	Δραστηριότητα 1.1.1.1: Αποτύπωση γενικών & ειδικών στόχων αξιολόγησης και ερωτημάτων της αξιολόγησης	A
2	Δραστηριότητα 1.1.1.2 : Εξειδίκευση της προσέγγισης των βασικών κριτηρίων της αξιολόγησης	B
3	Δραστηριότητα 1.1.1.3: Οριστικοποίηση των μεθοδολογικών εργαλείων που θα αξιοποιηθούν	C
4	Δραστηριότητα 1.1.2.1: Εντοπισμός και αναλυτική καταγραφή πηγών συλλογής στοιχείων	D
5	Δραστηριότητα 1.1.2.2: Σχεδιασμός απαιτούμενων ερευνών πεδίου / συνεντεύξεων	E
6	Δραστηριότητα 1.2.1: Συλλογή και επεξεργασία βιβλιογραφίας	F
7	Δραστηριότητα 1.2.2: Αξιοποίηση δεδομένων του ΟΠΣ	G
8	Δραστηριότητα 1.2.3.1: Διαχείριση – Διανομή – Συμπλήρωση Ερωτηματολογίων	H
9	Δραστηριότητα 1.2.3.2: Κωδικοποίηση και επεξεργασία των δεδομένων	I
10	Δραστηριότητα 1.2.3.3: Εξαγωγή συμπερασμάτων	J
11	Δραστηριότητα 1.3.1: Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων ως προς τον ωφελούμενο πληθυσμό, τους στόχους των Επιχειρησιακών Προγραμμάτων και ως προς τις δομές παροχής υπηρεσιών φροντίδας παιδιών	K
12	Δραστηριότητα 1.4.1⁶: Οριζόντιες ενέργειες διαχείρισης – διοίκησης του έργου του Αξιολογητή & Έλεγχος, διασφάλιση ποιότητας	L

Στον παρακάτω πίνακα αποτυπώνονται οι ανωτέρω δραστηριότητες που συνθέτουν το υπό μελέτη έργο, κωδικοποιημένες, η διάρκειά τους, οι αλληλουχίες μεταξύ τους καθώς και οι χρηματικοί και ανθρώπινοι πόροι που απαιτούνται για την ολοκλήρωση της κάθε δραστηριότητας.

⁶ Η Δραστηριότητα 1.4.1. που αφορά στη διοίκηση του έργου καθόλη τη διάρκεια εκτέλεσής του, δεν θα συμμετέχει στην ανάλυση της κρίσιμης διαδρομής, καθώς δεν προσφέρει κάτι στο έργο, αλλά γίνεται αδιάληπτα σε όλη τη διάρκειά του.

Πίνακας 5: Αποτύπωση Δραστηριοτήτων με τα χαρακτηριστικά τους για το πιλοτικό έργο

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (ΜΕΡΕΣ)	ΚΟΣΤΟΣ (€/ δραστηριότητα)
A	-	2	600
B	-	5	1.250
C	A,B	7	1.750
D	C	8	2.000
E	D	15	3.750
F	C	12	3.000
G	D	10	2.000
H	E	20	4.000
I	H	12	4.000
J	I, G	7	1.250
K	J, F	14	3.750

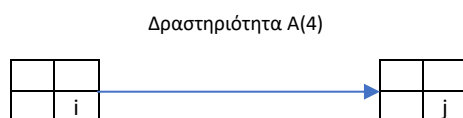
4.3.2 Δίκτυο Έργου και Τεχνική CPM

Σύμφωνα με τη θεωρία, το Δίκτυο του Έργου (Project Network) είναι μια γραφική παράσταση (Γράφος - Graph), η οποία αποτυπώνει την αλληλεξάρτηση και αλληλεπίδραση των δραστηριοτήτων του έργου. Επιτρέπει τη συμβολική παρουσίαση του έργου ως σύνολο δραστηριοτήτων λογικά συνδεδεμένων μεταξύ τους.

Όπως έχουμε δει, υπάρχουν δύο τύποι δικτύων:

- ➔ Τοξωτά Δίκτυα (Arrow Network, Activity On Arrow Network AOA) στα οποία οι δραστηριότητες παριστάνονται ως βέλη.
- ➔ Κομβικά Δίκτυα (Precedence Network, Activity On Node Network AON), στα οποία κάθε δραστηριότητα παριστάνεται με έναν κόμβο του δικτύου.

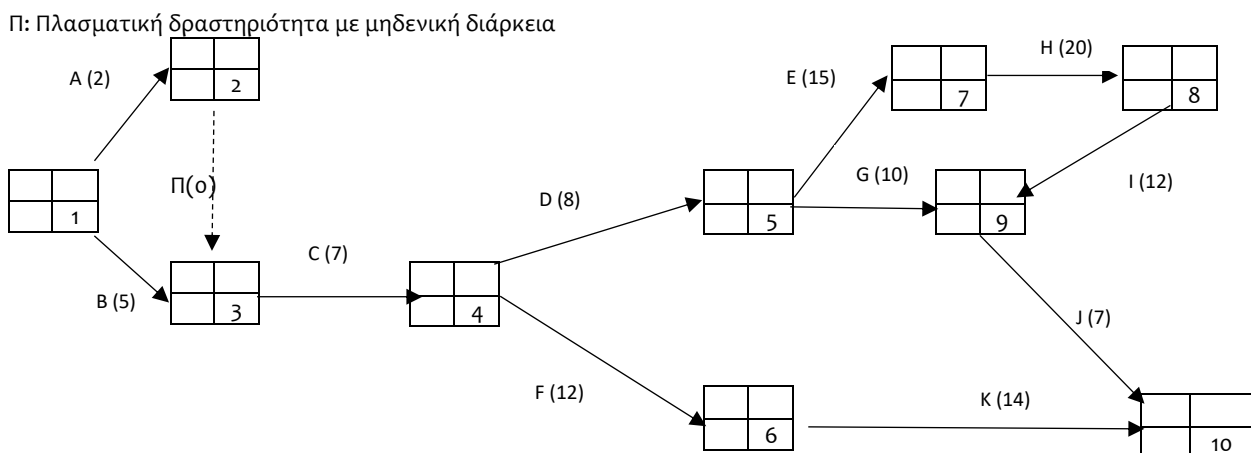
Παρόλο που τα Κομβικά Δίκτυα (AON) είναι πράγματι πιο απλά και κατανοητά για την παράσταση των σχέσεων αλληλεξάρτησης μεταξύ των επιμέρους δραστηριοτήτων, εντούτοις, ο προγραμματισμός των χρόνων έναρξης και λήξης κάθε δραστηριότητας και του έργου συνολικά, που είναι απαραίτητα για τον χρονικό και οικονομικό προγραμματισμό της ολοκλήρωσης ενός έργου, είναι πιο κατανοητά με τη χρήση **Τοξωτών Δικτύων (Activity On Arrow, AOA)**. Για το λόγο αυτό, κάθε δραστηριότητα (activity) παριστάνεται με ένα βέλος, χωρίς κλίμακα, ενώ το γεγονός (event) παριστάνεται με ένα κόμβο, συνήθως τετραγώνου σχήματος, στον οποίο στο κάτω δεξί μέρος του τετραγώνου, αναγράφεται ένας μοναδικός αύξον αριθμός (βλ. σχήμα 13). Επομένως, κάθε δραστηριότητα ορίζεται από δύο γεγονότα: το γεγονός έναρξης και το γεγονός λήξης, με τη Δραστηριότητα (i,j) να είναι για παράδειγμα, αυτή που ξεκινάει από το γεγονός με αύξον αριθμό i και καταλήγει στο γεγονός με αύξον αριθμό j. Πρόκειται για τη Δραστηριότητα A με διάρκεια 4 μονάδες χρόνου. Η διαδοχική σειρά δραστηριοτήτων που εκτείνεται από την αρχή μέχρι το τέλος του δικτύου, ονομάζεται διαδρομή ή δρομολόγιο (path).



Σχήμα 13: Παράσταση δραστηριότητας και γεγονός σε τοξωτό δίκτυο

Τα γεγονότα είναι στην πραγματικότητα χρονικά σημεία που σηματοδοτούν την έναρξη και λήξη μιας δραστηριότητας, με ένα γεγονός να συμβαίνει μόνο όταν όλες οι δραστηριότητες που καταλήγουν σ' αυτό έχουν ολοκληρωθεί. Παράλληλα, μια δραστηριότητα μπορεί να ξεκινήσει μόνο όταν συμβεί το γεγονός έναρξής της.

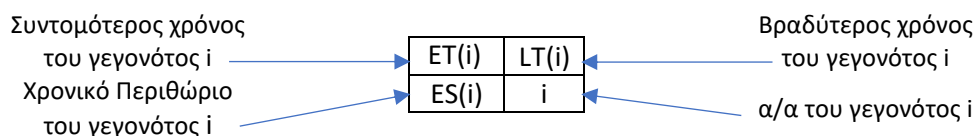
Επιπλέον βοηθητικό στοιχείο στη διαμόρφωση του τοξωτού δικτύου είναι οι πλασματικές δραστηριότητες που χρησιμοποιούνται για να απεικονίσουν πιο σύνθετες σχέσεις εξάρτησης μεταξύ των δραστηριοτήτων του έργου ή για να διαχωρίσουμε δύο δραστηριότητες που έχουν κοινά γεγονότα έναρξης και λήξης. Η χρήση πλασματικών δραστηριοτήτων επιβαρύνει την πολυπλοκότητα ενός δικτύου, ενώ επειδή δεν αντιπροσωπεύουν πραγματική εργασία, δεν έχουν χρονική διάρκεια και δεν απαιτούν προσωπικό, υλικά ή μέσα για την ολοκλήρωσή τους. Για να διακρίνονται από τις υπόλοιπες δραστηριότητες του δικτύου, συμβολίζονται με βέλη με διακεκομμένη γραμμή. Έτσι, σύμφωνα με τα στοιχεία προτεραιότητας του Πίνακα 5, οι δραστηριότητες A και B έχουν το ίδιο γεγονός έναρξης (το 1) και ως γεγονός λήξης, η A έχει το 2 και η B το γεγονός 3. Η δραστηριότητα C για να ξεκινήσει έχει άμεσα προηγούμενες δραστηριότητες τις A και B, για να εκφράσουμε την εξάρτηση της C από τις δραστηριότητες A και B, χρησιμοποιούμε μία πλασματική δραστηριότητα Π. Λαμβάνοντας υπόψη τα υπόλοιπα στοιχεία και τις προτεραιότητες των δραστηριοτήτων του πίνακα 5, το δίκτυο του πιλοτικού έργου διαμορφώνεται, ως ακολούθως.



Σχήμα 14: Τοξωτό δίκτυο υπό μελέτη Έργου

4.3.4 Προγραμματισμός Έργου με τη μέθοδο PERT/CPM

Το παραπάνω δίκτυο περιέχει όλες τις δραστηριότητες που πρέπει να εκτελεστούν, την εκτίμηση του χρόνου εκτέλεσης κάθε δραστηριότητας χωριστά και περιγραφή των σχέσεων εξάρτησης, στη σειρά εκτέλεσής τους. Με τα στοιχεία αυτά θα διαμορφωθεί ένα σχέδιο χρονοδιαγράμματος για τον χρονικό προγραμματισμό της έναρξης και της λήξης κάθε δραστηριότητας ξεχωριστά, από το οποίο θα προκύπτει ο χρόνος ολοκλήρωσης του έργου συνολικά. Για το σκοπό αυτό θα χρησιμοποιηθεί η *μέθοδος PERT/CPM*.



Σχήμα 15: Χρονικό περιθώριο, συντομότερος και βραδύτερος χρόνος γεγονότος

Το πρώτο στάδιο στην υπολογιστική διαδικασία της μεθόδου PERT/CPM είναι η επίλυση του τοξωτού δικτύου που περιλαμβάνει τον υπολογισμό τριών χαρακτηριστικών μεγεθών για καθένα από τα γεγονότα του δικτύου:

Ο Συντομότερος χρόνος ET(i) του γεγονότος i (Earliest Time) είναι ο ελάχιστος χρόνος από την έναρξη του έργου, στον οποίο μπορεί να συμβεί το γεγονός i, να έχουν δηλαδή ολοκληρωθεί όλες οι δραστηριότητες που καταλήγουν σ' αυτό. Ο χρόνος αυτός συμβολίζεται με ET(i), για κάθε $i = 1, 2, \dots, n$, όπου n το σύνολο των γεγονότων του έργου και τον υπολογίζουμε για κάθε γεγονός του δικτύου ξεχωριστά, ξεκινώντας από το πρώτο γεγονός έναρξης του έργου, για το οποίο $ET(1) = 0$, συνεχίζοντας προς τη δεξιά πλευρά του δικτύου με τα επόμενα γεγονότα και καταλήγοντας στο τελευταίο γεγονός, στο γεγονός δηλαδή της λήξης του έργου. Θα πρέπει να διασφαλιστεί ότι η αρίθμηση των γεγονότων είναι με τέτοιο τρόπο ώστε να μην υπάρχει δραστηριότητα (ij) με $i > j$. Ο υπολογισμός του συντομότερου χρόνου του γεγονότος i γίνεται με τη βοήθεια της σχέσης:

$$ET(i) = \max\{ET(k) + t(ki)\}, \forall k \in P, i = 1, 2, \dots, n \text{ και } ET(1) = 0$$

όπου: P το σύνολο των γεγονότων που προηγούνται του γεγονότος i και συνδέονται άμεσα με αυτό και
 $t(ki)$ η διάρκεια της δραστηριότητας με γεγονός έναρξης το γεγονός k και γεγονός λήξης το γεγονός i.

Με βάση τα παραπάνω, γίνονται οι ακόλουθοι υπολογισμοί για τους συντομότερους χρόνους του δικτύου του πιλοτικού έργου.

$$ET(1) = 0$$

$$ET(2) = \max\{ET(1) + t_{(12)} = 0+2\} = 2 \text{ ημέρες}$$

$$ET(3) = \max\{ET(1) + t_{(13)} = 0+5\} = 5 \text{ ημέρες}$$

$$\max\{ET(2) + t_{(23)} = 2+0\} = 2$$

$$ET(4) = \max\{ET(3) + t_{(34)} = 5+7\} = 12 \text{ ημέρες}$$

$$ET(5) = \max\{ET(4) + t_{(45)} = 12+8\} = 20 \text{ ημέρες}$$

$$ET(6) = \max\{ET(4) + t_{(46)} = 12+12\} = 24 \text{ ημέρες}$$

$$ET(7) = \max\{ET(5) + t_{(57)} = 20+15\} = 35 \text{ ημέρες}$$

$$ET(8) = \max\{ET(7) + t_{(78)} = 35+20\} = 55 \text{ ημέρες}$$

$$ET(9) = \max\begin{cases} ET(8) + t_{(89)} = 55+12 = 67 \text{ ημέρες} \\ ET(5) + t_{(59)} = 20+10 = 30 \text{ ημέρες} \end{cases} = 67 \text{ ημέρες}$$

$$ET(10) = \max\begin{cases} ET(6) + t_{(610)} = 24+14 = 38 \text{ ημέρες} \\ ET(9) + t_{(910)} = 67+7 = 74 \text{ ημέρες} \end{cases} = 74 \text{ ημέρες}$$

Ο συντομότερος χρόνος του γεγονότος i είναι στην πραγματικότητα ίσος με τη μεγαλύτερη διαδρομή από το γεγονός έναρξης του έργου μέχρι το συγκεκριμένο γεγονός i, που μας απασχολεί. Γι' αυτό και ο συντομότερος χρόνος του τελευταίου γεγονότος του έργου ET(n) προκύπτει από τη χρονική διάρκεια της μεγαλύτερης διαδρομής από το γεγονός έναρξης μέχρι το γεγονός λήξης του έργου και επομένως τη συντομότερη διάρκεια ολοκλήρωσης του έργου συνολικά. Η μεγαλύτερη αυτή διαδρομή έχει ιδιαίτερη φυσική σημασία στον προγραμματισμό του έργου και ονομάζεται *κρίσιμη διαδρομή (critical path)*. Οι δραστηριότητες που διαμορφώνουν την κρίσιμη διαδρομή, ονομάζονται *κρίσιμες δραστηριότητες*.

Ο βραδύτερος χρόνος LT(i) του γεγονότος i (Latest Time) είναι ο μέγιστος χρόνος από την έναρξη του έργου, μέχρι τον οποίο επιτρέπεται να συμβεί το γεγονός i, να έχουν δηλαδή ολοκληρωθεί οι δραστηριότητες που καταλήγουν σ' αυτό, χωρίς να επηρεαστεί η

συντομότερη διάρκεια ολοκλήρωσης του έργου συνολικά. Ο χρόνος αυτός συμβολίζεται με $LT(i)$, για κάθε $i = 1, 2, \dots, n$, όπου n το σύνολο των γεγονότων του έργου και τον υπολογίζουμε για κάθε γεγονός του δικτύου ξεχωριστά, ξεκινώντας από το γεγονός λήξης του έργου, για το οποίο θα ισχύει $LT(n) = ET(n)$, συνεχίζοντας προς την αριστερή πλευρά του δικτύου με τα προηγούμενα γεγονότα και καταλήγοντας στο πρώτο γεγονός, στο γεγονός δηλαδή της έναρξης του έργου. Προηγούμενα γεγονότα είναι αυτά που προηγούνται χρονικά αυτού που μας απασχολεί. Θα πρέπει να διασφαλιστεί ότι η αρίθμηση των γεγονότων είναι με τέτοιο τρόπο ώστε να μην υπάρχει δραστηριότητα (ij) με $i > j$. Ο υπολογισμός του βραδύτερου χρόνου του γεγονότος i γίνεται με τη βοήθεια της σχέσης:

$$LT(i) = \min \{LT(k) + t(ik)\}, \forall k \in S, i = n, n-1, \dots, 1 \text{ και } LT(n) = ET(n)$$

όπου: S το σύνολο των γεγονότων που έπονται του γεγονότος i και συνδέονται άμεσα με αυτό και
 $t(ik)$ η διάρκεια της δραστηριότητας με γεγονός έναρξης το γεγονός k και γεγονός λήξης το γεγονός i .

Ο βραδύτερος χρόνος του γεγονότος i είναι την πραγματικότητα ίσος με τη διαφορά της μεγαλύτερης διαδρομής που ξεκινά από το συγκεκριμένο γεγονός i , που μας απασχολεί και καταλήγει στο γεγονός λήξης του έργου, από το βραδύτερο χρόνο λήξης του έργου, από το βραδύτερο χρόνο του γεγονότος λήξης ή ισοδύναμα από τη συντομότερη διάρκεια ολοκλήρωσης του έργου συνολικά.

Με βάση τα παραπάνω, γίνονται οι ακόλουθοι υπολογισμοί για τους βραδύτερους χρόνους του δικτύου του πιλοτικού έργου.

$$\begin{aligned}
 LT(10) &= ET(10) = 74 \\
 LT(9) &= LT(10) - t_{(910)} = 74 - 7 = 67 \text{ ημέρες} \\
 LT(8) &= LT(9) - t_{(89)} = 67 - 12 = 55 \text{ ημέρες} \\
 LT(7) &= LT(8) - t_{(78)} = 55 - 20 = 35 \text{ ημέρες} \\
 LT(6) &= LT(10) - t_{(610)} = 74 - 14 = 60 \text{ ημέρες} \\
 LT(5) &= \min \begin{cases} \{LT(7) - t_{(57)} = 35 - 15\} = 20 \text{ ημέρες} \\ \{LT(9) - t_{(59)} = 67 - 10\} = 57 \text{ ημέρες} \end{cases} = 20 \text{ ημέρες} \\
 LT(4) &= \min \begin{cases} \{LT(5) - t_{(45)} = 20 - 8\} = 12 \text{ ημέρες} \\ \{LT(6) - t_{(46)} = 60 - 12\} = 48 \text{ ημέρες} \end{cases} = 12 \text{ ημέρες} \\
 LT(3) &= LT(4) - t_{(34)} = 12 - 7 = 5 \text{ ημέρες} \\
 LT(2) &= LT(3) - t_{(23)} = 5 - 0 = 5 \text{ ημέρες} \\
 LT(1) &= \min \begin{cases} \{LT(2) - t_{(12)} = 5 - 5\} = 0 \text{ ημέρες} \\ \{LT(3) - t_{(13)} = 5 - 5\} = 5 \text{ ημέρες} \end{cases} = 0 \text{ ημέρες}
 \end{aligned}$$

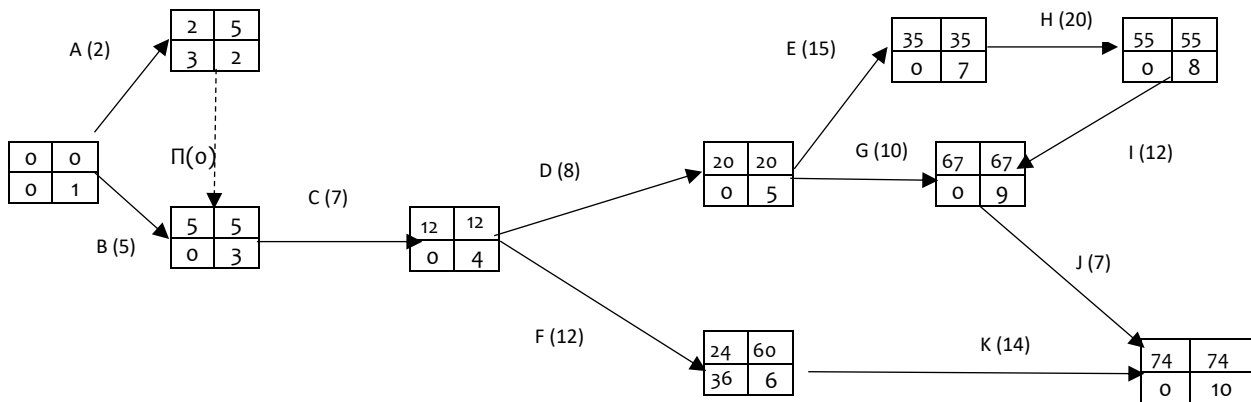
Το **χρονικό περιθώριο ES(i) του γεγονότος i (Event Slack)** είναι η διαφορά μεταξύ του βραδύτερου και του συντομότερου χρόνου του γεγονότος i . Αυτό το χρονικό περιθώριο συμβολίζεται με $ES(i)$, για κάθε $i = 1, 2, \dots, n$, όπου n το σύνολο των γεγονότων του έργου και το υπολογίζουμε για κάθε γεγονός του δικτύου ξεχωριστά, με τη σχέση:

$$ES(i) = LT(i) - ET(i), i=1, 2, \dots, n$$

Το χρονικό δηλαδή περιθώριο του γεγονότος i , είναι στην πραγματικότητα ίσο με το χρονικό διάστημα μέχρι το οποίο επιτρέπεται να καθυστερήσει να συμβεί το γεγονός i , που μας απασχολεί, από τον συντομότερο χρόνο του, χωρίς η καθυστέρηση αυτή να επηρεάσει τη συντομότερη διάρκεια ολοκλήρωσης του έργου συνολικά.

Με βάση τους παραπάνω υπολογισμούς, γίνεται η επίλυση του τοξωτού δικτύου ως ακολούθως:

Σχήμα 16: Επίλυση δικτύου Πιλοτικού Έργου



Για να προχωρήσουμε στους υπολογισμούς μας, με τη βοήθεια των συντομότερων και βραδύτερων χρόνων των γεγονότων που προκύπτουν από την επίλυση του δικτύου, υπολογίζουμε για κάθε μία δραστηριότητα ξεχωριστά: (α) το συντομότερο χρόνο έναρξής της ES (Earliest Start Time), (β) το συντομότερο χρόνος λήξης της EF (Earliest Finish Time), (γ) τον βραδύτερο χρόνο έναρξής της LS (Latest Start Time), (δ) τον βραδύτερο χρόνο λήξης της LF (Latest Finish Time) και (ε) το συνολικό χρονικό περιθώριο της ST (Slack Time). Αυτό γίνεται με τη χρήση των παρακάτω σχέσεων:

Ο **συντομότερος χρόνος έναρξης ES(ij) μιας δραστηριότητας ij (Earliest Start Time)** είναι ο ελάχιστος χρόνος από την έναρξη του έργου, στον οποίο μπορεί να ξεκινήσει η δραστηριότητα (ij).

$$ES (ij) = ET(i)$$

Ο **συντομότερος χρόνος λήξης EF(ij) μιας δραστηριότητας ij (Earliest Finish Time)** είναι ο ελάχιστος χρόνος από την έναρξη του έργου, μέχρι τον οποίο μπορεί να ολοκληρωθεί η δραστηριότητα (ij).

$$EF (ij) = ES (ij) + t(ij) = ET(i) + t(ij)$$

Ο **βραδύτερος χρόνος λήξης LF(ij) μιας δραστηριότητας ij (Latest Finish Time)** είναι ο μέγιστος χρόνος από την έναρξη του έργου, μέχρι τον οποίο μπορεί να ολοκληρωθεί η δραστηριότητα (ij), χωρίς να καθυστερήσει η διάρκεια ολοκλήρωσης του έργου συνολικά, από τη συντομότερη διάρκειά της.

$$LF (ij) = LT (j)$$

Ο **βραδύτερος χρόνος έναρξης LS(ij) μιας δραστηριότητας ij (Latest Start Time)** είναι ο μέγιστος χρόνος από την έναρξη του έργου, μέχρι τον οποίο μπορεί να ξεκινήσει η δραστηριότητα (ij), χωρίς να καθυστερήσει η διάρκεια ολοκλήρωσης του έργου συνολικά, από τη συντομότερη διάρκειά της.

$$LS (ij) = LF (ij) - t(ij) = LT (j) - t(ij)$$

Το **συνολικό περιθώριο ST(ij) της δραστηριότητας ij (Slack Time)** είναι το χρονικό διάστημα μέχρι το οποίο η δραστηριότητα επιτρέπεται να καθυστερήσει, επιπλέον της χρονικής της διάρκειας, χωρίς αυτό να προκαλέσει καθυστέρηση στη διάρκεια ολοκλήρωσης του έργου συνολικά, από τη συντομότερη διάρκειά της.

$$ST (ij) = LS (ij) - ES (ij) = LF (ij) - EF (ij)$$

Με τη βοήθεια των παραπάνω σχέσεων υπολογίζεται ο συντομότερος χρόνος έναρξης ES, τον συντομότερο χρόνο λήξης EF, τον βραδύτερο χρόνο έναρξης LS, τον βραδύτερο χρόνο λήξης LF και το συνολικό χρονικό περιθώριο ST, με τα αριθμητικά αποτελέσματα να παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 6: Προγραμματισμός δραστηριοτήτων πιλοτικού έργου

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (ΜΕΡΕΣ)	ES	EF	LS	LF	ST
A	2	0	2	3	5	3
B	5	0	5	0	5	0
Π	0	2	2	5	5	3
C	7	5	12	5	12	0
D	8	12	20	12	20	0
E	15	20	35	20	35	0
F	12	12	24	48	60	36
G	10	20	30	57	67	37
H	20	35	55	35	55	0
I	12	55	67	55	67	0
J	7	67	74	67	74	0
K	14	24	38	60	74	36

Επισημαίνεται ότι οι δραστηριότητες με μηδενικό συνολικό χρονικό περιθώριο, για τις οποίες οποιαδήποτε καθυστέρηση στην ολοκλήρωσή τους, θα έχει ως αποτέλεσμα καθυστέρηση του έργου συνολικά, είναι οι **κρίσιμες δραστηριότητες** του έργου και είναι αυτές που διαμορφώνουν την κρίσιμη διαδρομή του.

Όπως φαίνεται, οι **δραστηριότητες B, C, D, E, H, I και J** έχουν μηδενικό χρονικό περιθώριο και επομένως οποιαδήποτε καθυστέρηση στην ολοκλήρωσή τους θα επιφέρει καθυστέρηση του έργου συνολικά. Οι δραστηριότητες αυτές είναι οι **κρίσιμες δραστηριότητες** του έργου και διαμορφώνουν την κρίσιμη διαδρομή, τη μεγαλύτερη δηλαδή σε χρονική διάρκεια διαδρομή από την έναρξη του έργου μέχρι τη λήξη του.

Κρίσιμη διαδρομή: B-C-D-E-H-I-J

4.3.5 Η μέθοδος PERT/CPM στο περιβάλλον του Microsoft Excel

Η μέθοδος PERT/CPM που παρουσιάστηκε, αποτελεί τον πυρήνα της υπολογιστικής διαδικασίας των διαφόρων μεθοδολογικών εργαλείων που χρησιμοποιούνται στην αποτελεσματική διοίκηση ενός έργου. Αν και πρόκειται για μέθοδο απλή στη λογική, χωρίς ιδιαίτερες υπολογιστικές δυσκολίες, ωστόσο εμφανίζει ραγδαία αύξηση στο μέγεθος και την πολυπλοκότητα όσο αυξάνει ο όγκος των δεδομένων του δικτύου. Αυτός είναι και ο λόγος που έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια, πλήθος προγραμμάτων εξειδικευμένου λογισμικού για την υποστήριξη των έργων διοίκησης στο επίπεδο του προγραμματισμού, όπως το Primavera Engineering & Construction Project Management ή το MS Project της Microsoft.

Στη συνέχεια χρησιμοποιείται το υπολογιστικό περιβάλλον του Microsoft Excel που είναι ένα προσιτό σε όλους εργαλείο, για την επίλυση του δικτύου του πιλοτικού μας έργου, με την παράσταση του τοξωτού δικτύου του έργου σε Excel και τον υπολογισμό του συντομότερου χρόνου ολοκλήρωσης των γεγονότων και του συντομότερου χρόνου ολοκλήρωσης του συνόλου του έργου να απεικονίζεται στο σχήμα 17.

Σχήμα 17: Συντομότεροι χρόνοι γεγονότων του Πιλοτικού Έργου σε Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2	PERT/CPM ΣΤΟ EXCEL: ΣΥΝΤΟΜΟΤΕΡΟΙ ΧΡΟΝΟΙ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ														
3															
4															
5		Γεγονός	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		Άθροισμα Χρόνων 294	
6		Χρόνος Γεγονότος	0	2	5	12	20	24	35	55	67	74			
7															
8	Παράσταση Δικτύου και διάρκεια δραστηριοτήτων														
9															
10		Γεγονός	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Δt		Διάρκεια
11	Δραστηριότητα	A	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	≥	2
12		B	-1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	≥	5
13		Π	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	≥	0
14		C	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	7	≥	7
15		D	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	8	≥	8
16		E	0	0	0	0	-1	0	1	0	0	0	15	≥	15
17		F	0	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	12	≥	12
18		G	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	47	≥	10
19		H	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	20	≥	20
20		I	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	12	≥	12
21		J	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	7	≥	7
22		K	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	1	50	≥	14
23															
24															

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΑ ΚΕΛΙΑ		
Κελί	Συνάρτηση	Αντιγραφή στην περιοχή
N6	=SUM(C6:L6)	-
M11	=SUMPRODUCT(\$C\$6:\$L\$6;C11:L11)	M12:M22

Όπως φαίνεται, στον πίνακα τιμών της περιοχής C11:L22 κάθε γραμμή αντιπροσωπεύει μια δραστηριότητα του δικτύου μας, ενώ κάθε στήλη αντιπροσωπεύει ένα γεγονός του. Για κάθε γραμμή του πίνακα, που αντιστοιχεί σε μία δραστηριότητα, σημειώνεται η τιμή (-1) στη στήλη του γεγονότος έναρξης, (+1) στη στήλη του γεγονότος λήξης, ενώ στις υπόλοιπες θέσεις καταχωρείται η τιμή 0. Για παράδειγμα, η δραστηριότητα A στην πρώτη γραμμή του πίνακα έχει ως γεγονός έναρξης το γεγονός 1 και ως γεγονός λήξης το 2, οπότε συμπληρώνεται στην πρώτη στήλη της πρώτης γραμμής του πίνακα η τιμή (-1) και στη δεύτερη στήλη η τιμή (+1). Οι υπόλοιπες θέσεις της γραμμής αυτής συμπληρώνονται με μηδενικές τιμές.

Με την ίδια λογική συμπληρώνονται οι τιμές (-1), (+1) και μηδενικά στις υπόλοιπες γραμμές του πίνακα στην περιοχή κελιών C11:L22, για κάθε μία δραστηριότητα του δικτύου. Στην περιοχή κελιών O11:O22 σημειώνεται η διάρκεια της κάθε δραστηριότητας. Με αυτό τον τρόπο έχουν συγκεντρωθεί οι απαραίτητες πληροφορίες για την επίλυση του δικτύου μας, δηλαδή το σύνολο των γεγονότων και δραστηριοτήτων του έργου, η διάρκεια κάθε δραστηριότητας και οι σχέσεις αλληλεξάρτησης μεταξύ τους, όπως αυτές έχουν παρασταθεί με τη βοήθεια του τοξωτού δικτύου.

Στην περιοχή κελιών C5:L5 σημειώνονται τα γεγονότα του δικτύου που μας απασχολεί, ενώ στην περιοχή κελιών C6:L6 σημειώνονται οποιεσδήποτε αρχικές, δοκιμαστικές τιμές για τους συντομότερους χρόνους των γεγονότων, τη βέλτιστη τιμή των οποίων θα αναζητήσουμε στη συνέχεια με το εργαλείο «επίλυση» στο περιβάλλον του Microsoft Excel. Ειδικότερα, η όλη διαδικασία υποστηρίζεται με την εισαγωγή κατάλληλων συναρτήσεων σε συγκεκριμένα κελιά, όπως φαίνεται στο κάτω μέρος του σχήματος 17, οπότε υπολογίζονται τα εξής: (α) στο κελί N6 το άθροισμα των χρόνων του συνόλου των γεγονότων του δικτύου, που στην περίπτωση των συντομότερων χρόνων θέλουμε να είναι ελάχιστο και (β) στην περιοχή κελιών M11:M22 τη διαφορά μεταξύ του χρόνου του γεγονότος λήξης μιας δραστηριότητας και του χρόνου του γεγονότος έναρξής της, η οποία πρέπει για κάθε δραστηριότητα να είναι μεγαλύτερη από τη διάρκειά της. Στη συνέχεια, επιλέγεται από το μενού του Excel «εργαλεία», το εργαλείο «επίλυση» (solver) οπότε εμφανίζεται το παράθυρο παραμέτρων του εργαλείου επίλυσης του σχήματος 18.

Σχήμα 18: Παράθυρο παραμέτρων εργαλείου «επίλυση» στο Excel

Παράμετροι Επίλυσης

Ορισμός στόχου:

Σε: Μέγιστη Ελάχιστη Τιμή του:

Με αλλαγή μεταβλητών κελιών:

Σύμφωνα με τους περιορισμούς:

-
-

Καταστήστε τις μεταβλητές που δεν έχουν περιορισμούς μη αρνητικές

Επιλέξτε μια μέθοδο επίλυσης:

Μέθοδος επίλυσης
Επιλέξτε το μη γραμμικό GRG μηχανισμό για προβλήματα της Επίλυσης που είναι ομαλά μη γραμμικά. Επιλέξτε το μηχανισμό LP Simplex για γραμμικά προβλήματα της Επίλυσης και επιλέξτε το μηχανισμό Evolutionary για προβλήματα της Επίλυσης που δεν είναι ομαλά.

Στο χώρο «ορισμός στόχου» σημειώνεται το κελί N6, στο οποίο υπολογίζεται το άθροισμα των χρόνων των γεγονότων που στην περίπτωση των συντομότερων χρόνων θέλουμε να γίνεται ελάχιστο. Στο πεδίο «με αλλαγή μεταβλητών κελιών» σημειώνεται η περιοχή κελιών C6:L6, όπου αρχικά περιέχονται κάποιες τυχαίες δοκιμαστικές τιμές για τους συντομότερους χρόνους των γεγονότων, τις βέλτιστες τιμές των οποίων αναζητούμε. Επίσης, σημειώνεται η επιλογή «καταστήστε τις μεταβλητές που δεν έχουν περιορισμούς μη αρνητικές» για να αποκλειστεί η περίπτωση αρνητικών τιμών για τους συντομότερους χρόνους των γεγονότων που αναζητούμε. Στο χώρο των περιορισμών σημειώνεται ότι $M11:M22 \geq O11:O22$, που σημαίνει ότι η διαφορά μεταξύ του χρόνου του γεγονότος λήξης μιας δραστηριότητας και του χρόνου του γεγονότος έναρξής της πρέπει για κάθε δραστηριότητα να είναι μεγαλύτερη ή ίση από τη διάρκειά της. Τέλος, για την περίπτωση των συντομότερων χρόνων των γεγονότων σημειώνεται επιπλέον ο περιορισμός, ο συντομότερος χρόνος του πρώτου γεγονότος (γεγονός έναρξης του έργου) να είναι ίσος με το μηδέν, θα ταυτίζεται δηλαδή με την αρχή του άξονα μέτρησης του χρόνου. Στη συνέχεια, με το πλήκτρο «επίλυση»⁷, υπολογίζονται με το εργαλείο, αυτόματα, οι βέλτιστες τιμές στην περιοχή κελιών C6:L6, που αντιστοιχούν στις βέλτιστες τιμές για τους χρόνους των γεγονότων, όπως φαίνεται στο σχήμα 17. Από τον συντομότερο χρόνο του γεγονότος 10, προκύπτει ότι ο συντομότερος χρόνος ολοκλήρωσης του έργου συνολικά είναι **74 ημέρες**.

Σχήμα 19: Παράθυρο παραμέτρων εργαλείου «επίλυση» στο Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2	PERT/CPM ΣΤΟ EXCEL: ΒΡΑΔΥΤΕΡΟΙ ΧΡΟΝΟΙ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ															
3																
4																
5		Γεγονός	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		Άθροισμα		
6		Χρόνος Γεγονότος	0	5	5	12	20	60	35	55	67	74		Χρόνων	333	
7																
8	Παράσταση Δικτύου και διάρκεια δραστηριοτήτων															
9																
10		Γεγονός	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Δt		Διάρκεια	
11	Δραστηριότητα	A	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	≥	2	
12		B	-1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	≥	5	
13		Π	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	≥	0	
14		C	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	7	≥	7	
15		D	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	8	≥	8	
16		E	0	0	0	0	-1	0	1	0	0	0	15	≥	15	
17		F	0	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	48	≥	12	
18		G	0	0	0	0	-1	0	0	0	1	0	47	≥	10	
19		H	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	20	≥	20	
20		I	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	12	≥	12	
21		J	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	7	≥	7	
22		K	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	1	14	≥	14	
23																
24			ES	EF	LS	LF	ST	ΚΡΙΣΙΜΗ								
25	Δραστηριότητα	A	0	2	3	5	3	ΌΧΙ								
26		B	0	5	0	5	0	ΝΑΙ								
27		Π	2	2	5	5	3	ΌΧΙ								
28		C	5	12	5	12	0	ΝΑΙ								
29		D	12	20	12	20	0	ΝΑΙ								
30		E	20	35	20	35	0	ΝΑΙ								
31		F	12	24	48	60	36	ΌΧΙ								
32		G	20	30	57	67	37	ΌΧΙ								
33		H	35	55	35	55	0	ΝΑΙ								
34		I	55	67	55	67	0	ΝΑΙ								
35		J	67	74	67	74	0	ΝΑΙ								
36		K	24	38	60	74	36	ΌΧΙ								
37																

⁷ Ως μέθοδος επίλυσης επιλέγεται ο μηχανισμός LP Simplex για γραμμικά προβλήματα

Στη συνέχεια, για την ολοκλήρωση των υπολογισμών της διαδικασίας επίλυσης του δικτύου και τον προσδιορισμό της κρίσιμης διαδρομής, είναι απαραίτητος ο υπολογισμός επιπλέον των βραδύτερων χρόνων των γεγονότων, καθώς και των συνολικών χρονικών περιθωρίων των δραστηριοτήτων. Καθώς οι υπολογισμοί αυτοί δεν δύναται να γίνουν απευθείας στο μοντέλο του σχήματος 17, χωρίς να τροποποιηθούν οι παράμετροι εισαγωγής τους, γι' αυτό χρησιμοποιείται το μοντέλο του σχήματος 19, με μοναδικές διαφορές σε σχέση με το σχήμα 17 ότι: (α) C6:L6 σημειώνεται μια οποιαδήποτε δοκιμαστική, αρχική τιμή για τους βραδύτερους χρόνους των γεγονότων, τη βέλτιστη τιμή των οποίων θα αναζητήσουμε με το εργαλείο «επίλυση» σε περιβάλλον Microsoft Excel και (β) στην περιοχή των κελιών C25:G36 σημειώνεται επιπλέον ο συντομότερος χρόνος έναρξης ES, ο συντομότερος χρόνος λήξης EF, ο βραδύτερος χρόνος έναρξης LS, ο βραδύτερος χρόνος λήξης LF και το συνολικό χρονικό περιθώριο ST, για κάθε μία δραστηριότητα του έργου μας. Οι υπολογισμοί των χρόνων αυτών για τις δραστηριότητες γίνονται με τη βοήθεια των συντομότερων χρόνων των γεγονότων (που έχουν υπολογιστεί με το μοντέλο του σχήματος 17) και των βραδύτερων χρόνων που υπολογίζουμε με το μοντέλο του σχήματος 19 και των αριθμητικών σχέσεων του **συντομότερου χρόνου έναρξης ES (ij) = ET(i)** και του **συνολικού περιθωρίου ST (ij) = LS (ij) - ES (ij) = LF (ij) - EF (ij)**.

Ακολουθεί η επιλογή από το μενού επιλογών του Excel «εργαλεία», του εργαλείου «επίλυση» (solver).

Σχήμα 20: Παράθυρο παραμέτρων εργαλείου «επίλυση» στο Excel

Παράμετροι Επίλυσης

Ορισμός στόχου:

Σε: Μέγιστη Ελάχιστη Τιμή του:

Με αλλαγή μεταβλητών κελιών:

Σύμφωνα με τους περιορισμούς:

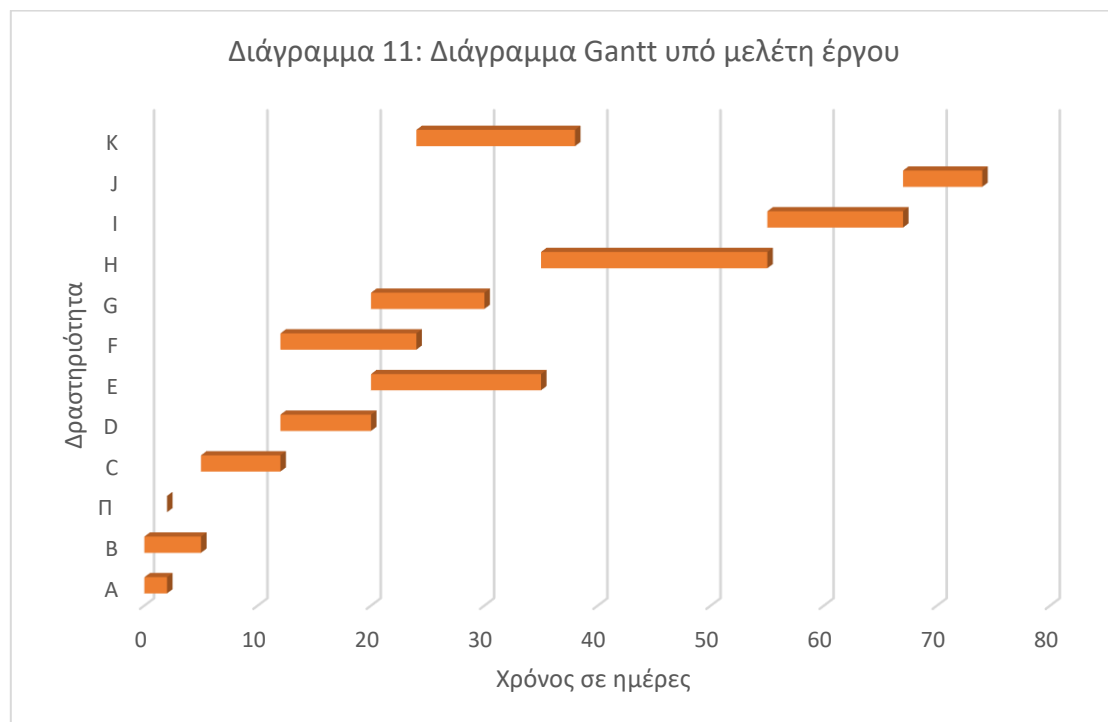
Καταστήστε τις μεταβλητές που δεν έχουν περιορισμούς μη αρνητικές

Επιλέξτε μια μέθοδο επίλυσης:

Μέθοδος επίλυσης
 Επιλέξτε το μη γραμμικό GRG μηχανισμό για προβλήματα της Επίλυσης που είναι ομαλά μη γραμμικά.
 Επιλέξτε το μηχανισμό LP Simplex για γραμμικά προβλήματα της Επίλυσης και επιλέξτε το μηχανισμό Evolutionary για προβλήματα της Επίλυσης που δεν είναι ομαλά.

Πιο αναλυτικά, στο χώρο «ορισμός στόχου» σημειώνεται το κελί N6, στο οποίο υπολογίζεται πάλι το άθροισμα των χρόνων των γεγονότων που στην περίπτωση όμως των βραδύτερων χρόνων θέλουμε να είναι μέγιστο. Στο χώρο «με αλλαγή μεταβλητών κελιών» σημειώνεται η περιοχή κελιών C6:L6, όπου αρχικά περιέχονται κάποιες δοκιμαστικές τιμές για τους βραδύτερους χρόνους των γεγονότων, τις βέλτιστες τιμές των οποίων αναζητούμε. Σημειώνεται επίσης η επιλογή «καταστήστε τις μεταβλητές που δεν έχουν περιορισμούς, μη αρνητικές» για αν αποκλειστεί η περίπτωση αρνητικών τιμών. Στο χώρο των περιορισμών σημειώνεται ξανά ότι $M11:M22 \geq O11:O22$, που σημαίνει ότι η διαφορά μεταξύ του χρόνου λήξης μιας δραστηριότητας και του χρόνου του γεγονότος έναρξής της πρέπει για κάθε μία δραστηριότητα να είναι μεγαλύτερη ή ίση από τη διάρκειά της. Για την περίπτωση των βραδύτερων χρόνων, σημειώνεται επίσης ο περιορισμός, $\$L\$6=74$, δηλαδή ο βραδύτερος χρόνος του τελευταίου γεγονότος (λήξης του έργου) θα είναι ίσος με 74 ημέρες και θα ταυτίζεται με το συντομότερο χρόνο ολοκλήρωσης του έργου, που υπολογίστηκε στην πρώτη φάση επίλυσης, με τους νωρίτερους χρόνους των γεγονότων. Με τον τρόπο αυτό και πατώντας το πλήκτρο «επίλυση», το εργαλείο υπολογίζει αυτόματα τις βέλτιστες τιμές στην περιοχή κελιών C6:L6, για τους βραδύτερους χρόνους των γεγονότων.

Η παρουσίαση της μεθόδου PERT/CPM σε περιβάλλον Excel ολοκληρώνεται κατασκευάζοντας με ευκολία ένα διάγραμμα Gantt για τον έλεγχο της πορείας του έργου, σημειώνοντας για τις δραστηριότητες το χρόνο έναρξής τους (μεταξύ συντομότερου και βραδύτερου) και τη διάρκειά της και επιλέγοντας ως τύπο γραφήματος «σωρευμένη ράβδος 3-Δ».



4.3.6 Συντόμηση της διάρκειας του έργου σε περιβάλλον του Microsoft Excel

Ακολούθως, γίνεται χρήση του υπολογιστικού περιβάλλοντος excel για τη συντόμηση της διάρκειας του έργου μας, με τα παρακάτω αριθμητικά δεδομένα:

Πίνακας 7: Αριθμητικά δεδομένα πιλοτικού έργου για τη συμπίεση δραστηριοτήτων

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ (ΜΕΡΕΣ)			ΚΟΣΤΟΣ (€/ δραστηριότητα)	
	ΑΜΕΣΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ	ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ T _N	ΣΥΝΤΟΜΟΤΕΡΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ T _C	ΚΑΝΟΝΙΚΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ C _N	ΣΥΝΤΟΜΟΤΕΡΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ C _C
A	-	2	1	600	850
B	-	5	3	1.250	1.650
C	A,B	7	6	1.750	2.000
D	C	8	7	2.000	2.250
E	D	15	12	3.750	4.500
F	C	12	10	3.000	3.500
G	D	10	8	2.000	2.400
H	E	20	15	4.000	5.800
I	H	12	10	4.000	4.850
J	I, G	7	6	1.250	1.500
K	J, F	14	12	3.750	4.250

Στη συνέχεια, στο σχήμα 21, γίνεται παράσταση του τοξωτού δικτύου του έργου με τη χρήση του σχετικού μοντέλου σε Excel, με σκοπό τον υπολογισμό του συντομότερου χρόνου των γεγονότων και τη συντόμηση της διάρκειας καθεμιάς από τις δραστηριότητες, αλλά και του έργου συνολικά. Όπως αναλύθηκε και στην προηγούμενη ενότητα, η παράσταση του τοξωτού δικτύου του έργου μας σε περιβάλλον Excel επιτυγχάνεται με τον πίνακα τιμών C25:L35, όπου η κάθε γραμμή αντιπροσωπεύει μια δραστηριότητα του δικτύου, ενώ η κάθε στήλη, αντιπροσωπεύει ένα γεγονός του.

Ειδικότερα, η κανονική διάρκεια υλοποίησης κάθε δραστηριότητας T_N, το κόστος της κανονικής διάρκειας C_N, η συντομότερη διάρκεια υλοποίησης της δραστηριότητας T_C και το κόστος της συντομότερης διάρκειας της C_C, σημειώνονται στην περιοχή κελιών C7:F17, ενώ στο κελί C4 σημειώνεται το έμμεσο κόστος του έργου ανά μονάδα χρόνου υλοποίησής του. Στην περιοχή κελιών C20:L20 σημειώνεται μια οποιαδήποτε δοκιμαστική αρχική τιμή για τους συντομότερους χρόνους των γεγονότων, ενώ στην περιοχή κελιών N7:N17 σημειώνεται μια οποιαδήποτε δοκιμαστική τιμή για τη συντόμηση της διάρκειας των επιμέρους δραστηριοτήτων, τις βέλτιστες τιμές των οποίων θα αναζητήσουμε στη συνέχεια με το εργαλείο «επίλυση» σε περιβάλλον Microsoft Excel. Η όλη διαδικασία υποστηρίζεται με την εισαγωγή κατάλληλων συναρτήσεων του των συναρτήσεων του Excel σε συγκεκριμένα κελιά, όπως φαίνεται στο κάτω μέρος του σχήματος 21, οπότε και γίνονται οι εξής υπολογισμοί: (α) στην περιοχή κελιών G7:G17, το μοναδιαίο κόστος συντόμησης της διάρκεια κάθε δραστηριότητας MC, (β) στην περιοχή των κελιών P7:P17, το μέγιστο διαθέσιμο περιθώριο R για τη συντόμηση της διάρκειας κάθε δραστηριότητας κάτω από τον κανονικό χρόνο υλοποίησής της, (γ) στην περιοχή των κελιών Q7:Q17, το άμεσο κόστος υλοποίησης της δραστηριότητας που αντιστοιχεί στη συντομευμένη διάρκεια υλοποίησής της, (δ) στο κελί Q18 το άμεσο κόστος του έργου συνολικά, δηλαδή το άθροισμα του άμεσου κόστους υλοποίησης των δραστηριοτήτων του, (ε) στο κελί Q19, το έμμεσο κόστος του έργου, (στ) στο κελί Q20, το συνολικό κόστος υλοποίησης του έργου, το άθροισμα δηλαδή του άμεσου και

του έμμεσου κόστους του που θέλουμε να γίνεται ελάχιστο, (ζ) στην περιοχή των κελιών M25:M35 τη διαφορά μεταξύ του χρόνου του λήξης μιας δραστηριότητας και του χρόνου του γεγονότος έναρξής της, η οποία πρέπει για καθεμία δραστηριότητα να είναι μεγαλύτερη ή ίση από τη διάρκειά της και (η) στην περιοχή των κελιών O25:O35, τη συντομευμένη διάρκεια της κάθε δραστηριότητας του έργου.

Σχήμα 21: Συντόμευση διάρκειας πιλοτικού έργου σε περιβάλλον Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
1																		
2	Συντόμευση της διάρκειας με το ελάχιστο κόστος σε περιβάλλον Excel																	
3																		
4	Έμμεσο κόστος			120 €/ημέρα														
5																		
6				Tn	Tc	Cn	Cc	MC						Συντόμευση διάρκειας		Περιθώριο Μείωσης R	Άμεσο κόστος	
7	Δραστηριότητα	A	2	1	600	780	180							0	≤	1	600	
8		B	5	4	1.250	1.360	110							1	≤	1	1.360	
9		C	7	6	1.750	1.900	150							0	≤	1	1.750	
10		D	8	7	2.000	2.120	120							1	≤	1	2.120	
11		E	15	12	3.750	4.125	125							0	≤	3	3.750	
12		F	12	11	3.000	3.100	100							0	≤	1	3.000	
13		G	10	9	2.000	2.150	150							0	≤	1	2.000	
14		H	20	18	4.000	4.300	150							0	≤	2	4.000	
15		I	12	11	4.000	4.150	150							0	≤	1	4.000	
16		J	7	6	1.250	1.350	100							1	≤	1	1.350	
17		K	14	13	3.750	3.890	140							0	≤	1	3.750	
18																		
19		Γεγονός	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					Άμεσο κόστος	27.680
20		Χρόνος Γεγονός	0	2	4	11	18	23	33	53	65	71					Έμμεσο Κόστος	8.520
21																	ΣΥΝΟΛΟ	36.200
22																		
23	Παράσταση δικτύου και διάρκεια δραστηριοτήτων																	
24		Γεγονός	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Δt				Διάρκεια	
25	Δραστηριότητα	A	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	≥			2	
26		B	-1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	≥			4	
27		C	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	7	≥			7	
28		D	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	7	≥			7	
29		E	0	0	0	0	-1	0	1	0	0	0	15	≥			15	
30		F	0	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	12	≥			12	
31		G	0	0	0	0	-1	0	0	0	1	0	47	≥			10	
32		H	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	20	≥			20	
33		I	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	12	≥			12	
34		J	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	6	≥			6	
35		K	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	1	48	≥			14	
36																		

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΑ ΚΕΛΙΑ		
Κελί	Συνάρτηση	Αντιγραφή στην περιοχή
G7	= (F7-E7)/(C7-D7)	G8:G17
P7	= C7-D7	P8:P17
Q7	= E7+G7*N7	Q8:Q17
Q18	= SUM(Q7:Q17)	-
Q19	= C4*L20	-
Q20	= SUM(Q18:Q19)	-
M25	= SUMPRODUCT(\$C\$20:\$L\$20;C25:L25)	M26:M35
O25	= C7-N7	O26:O35

Στη συνέχεια, από το μενού επιλογών του Excel «εργαλεία» επιλέγουμε το εργαλείο «επίλυση» (solver) και εμφανίζεται έτσι το παράθυρο παραμέτρων του εργαλείου επίλυσης του Σχήματος 22.

Στο χώρο «ορισμός στόχου» σημειώνουμε το κελί Q20, στο οποίο υπολογίζεται το συνολικό κόστος υλοποίησης του έργου, το άθροισμα δηλαδή του άμεσου και του έμμεσου κόστους, που θέλουμε να γίνεται ελάχιστο. Στο χώρο «με αλλαγή μεταβλητών κελιών» σημειώνεται η περιοχή κελιών N7:N17 και C20:L20, όπου αρχικά περιέχονται κάποιες δοκιμαστικές τιμές για τη συντόμευση της διάρκειας των επιμέρους δραστηριοτήτων και τους συντομότερους χρόνους των γεγονότων, τις βέλτιστες τιμές των οποίων αναζητούμε. Σημειώνουμε επίσης την επιλογή «καταστήστε τις μεταβλητές που δεν έχουν περιορισμούς μη αρνητικούς», για

να αποκλειστεί η περίπτωση αρνητικών τιμών για τους συντομότερους χρόνους των γεγονότων που αναζητούμε. Στο χώρο των περιορισμών σημειώνονται: (α) $M25:M35 \geq O25:O35$, ότι δηλαδή η διαφορά μεταξύ του χρόνου του γεγονότος λήξης μιας δραστηριότητας και του χρόνου του γεγονότος έναρξης μιας έναρξής της πρέπει για καθεμία δραστηριότητα να είναι μεγαλύτερη ή ίση από τη διάρκειά της, (β) $N7:N17 \leq P7:P17$, που σημαίνει ότι η συντόμευση της διάρκειας κάθε δραστηριότητας πρέπει να είναι μικρότερη ή ίση από το μέγιστο διαθέσιμο περιθώριο R συντόμευσης της διάρκειάς της κάτω από τον κανονικό χρόνο υλοποίησής της και (γ) $C20=0$, ότι δηλαδή ο συντομότερος χρόνος του πρώτου γεγονότος (του γεγονότος έναρξης του έργου) θα είναι ίσος με το μηδέν. Στη συνέχεια, πατώντας την επιλογή «επίλυση», το εργαλείο υπολογίζει αυτόματα τις βέλτιστες τιμές στην περιοχή κελιών $M25:M35$ και $C20:L20$, δηλαδή τις βέλτιστες τιμές για τη συντόμευση της διάρκειας κάθε δραστηριότητας του έργου και τους συντομότερους χρόνους των γεγονότων (βλ. Σχήμα 21).

Σχήμα 22: Παράθυρο παραμέτρων εργαλείου «επίλυση» στο Excel

Από τον συντομότερο χρόνο του γεγονότος 10, που αποτελεί το τελευταίο γεγονός του έργου, συμπεραίνουμε ότι ο βέλτιστος χρόνος ολοκλήρωσης του έργου είναι 71 ημέρες, με ελάχιστο συνολικό κόστος 36.200,00 €.

Προκειμένου να επιτευχθεί αυτός ο χρόνος ολοκλήρωσης του έργου θα συντομευθεί η διάρκεια των δραστηριοτήτων της περιοχής κελιών N7:N17 και συγκεκριμένα τις διάρκειες των δραστηριοτήτων B, D και J κατά μία (1) ημέρα.

Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα - Προτάσεις

Η παρούσα πτυχιακή πραγματεύεται τον προσδιορισμό της βέλτιστης διαδικασίας συμπίεσης ενός έργου, δηλαδή της μείωσης του χρόνου εκτέλεσής του, με την προσθήκη περισσότερων πόρων. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η μαθηματική μοντελοποίηση του προβλήματος της συμπίεσης ενός μη τεχνικού έργου, που ανήκει στον κλάδο των συμβουλευτικών υπηρεσιών διοίκησης, λαμβάνοντας υπόψη χρονικούς και χρηματικούς περιορισμούς.

Για την προσέγγιση του παραπάνω στόχου, αρχικά έγινε αναφορά σε βασικές έννοιες του χρονοπρογραμματισμού, με στόχο τον προσδιορισμό της έννοιας του έργου, των βασικών παραμέτρων που επηρεάζουν το σχεδιασμό, την ανάπτυξη και το αποτέλεσμα ενός έργου, ενώ παρουσιάζονται βασικά εργαλεία διαχείρισής του (WBS, Διαγράμματα Δικτύου, Gantt, μέθοδοι CPM και PERT). Παράλληλα, παρατέθηκαν στοιχεία για την οικονομική διάσταση του έργου σε σχέση με τη συντόμευση της διάρκειάς του, που αποτελεί το ζητούμενο και την κινητήρια δύναμη των σύγχρονων έργων, για την συνεχόμενη ανάπτυξη του πεδίου της διαχείρισης έργων, τόσο από την επιστημονική κοινότητα, όσο και από ιδιωτικές επιχειρήσεις και δημόσιους οργανισμούς.

Ακολούθησε **βιβλιογραφική επισκόπηση** σύγχρονων τεχνικών συμπίεσης, που είχαν ως κοινό χαρακτηριστικό τη σύνθεση μιας αντικειμενικής συνάρτησης για το συνολικό κόστος του έργου και η οποία υπόκειται σε διάφορες μεταβλητές απόφασης, ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο. Έτσι, παρατέθηκαν στοιχεία ερευνών που εφαρμόζουν γραμμικό προγραμματισμό με τα εργαλεία Microsoft Excel's Solver και LINDO και λαμβάνουν υπόψη το συνολικό άμεσο κόστος των επιμέρους δραστηριοτήτων, το κόστος συμπίεσης, έμμεσα κόστη και τυχόν ρήτρες καθυστέρησης, άλλες έρευνες που παρουσιάζουν συγκριτική αποτύπωση των CPM - PERT με την Critical Chain Project Management (CCPM) η οποία εφαρμόζει ένα buffer έργου και buffer τροφοδοσίας. Παράλληλα, έγινε αναφορά και σε έρευνες που εξετάζουν σύνθετα προβλήματα συμπίεσης, με τη χρήση ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού ή μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού, εισάγοντας περισσότερες μεταβλητές απόφασης και περιορισμούς, πέραν του κόστους και του χρόνου, όπως η ποιότητα και η ασφάλεια, ή ενσωματώνοντας αλλαγές στην κατανομή των πόρων, για παράδειγμα με διαχωρισμό συνεργείων σε ομάδες και επανατοποθέτηση των ομάδων σε δραστηριότητες που κρίνεται απαραίτητο να επιταχυνθούν. Επιπρόσθετα, παρουσιάστηκε μία εναλλακτική, στα καθιερωμένα γραμμικά και διακριτής μορφής μοντέλα, ενός μοντέλου που αντιπροσωπεύει πολύ ρεαλιστικά τη συσχέτιση της διάρκειας μιας δραστηριότητας και του κόστους, υιοθετώντας δύο εκδοχές, ανάλογα με το εάν οι πόροι λειτουργούν ή όχι, συνεργατικά. Πρόκειται για ένα μη γραμμικό μοντέλο, με τις κύριες μεταβλητές αυτού να είναι η διάρκεια της συμπιεσμένης δραστηριότητας, το κόστος συμπίεσης και ο αριθμός πόρων που εμπλέκονται στη συμπίεση, για την επίλυση του οποίου επιλέγονται Γενετικοί Αλγόριθμοι. Τέλος, έγινε αναφορά σε μια υβριδική μέθοδος βελτιστοποίησης χρόνου-κόστους για την αξιολόγηση της στρατηγικής ενός έργου, όπου εφαρμόζεται προσομοίωση Monte Carlo, ενώ αναπτύσσεται ένα μαθηματικό μοντέλο ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού, κωδικοποιημένο με χρήση IBM ILOG CPLEX. Όλες οι παραπάνω βιβλιογραφικές αναφορές, επιτελούν το σκοπό για τον οποίο αναπτύχθηκαν και προσεγγίζουν τη διάσταση της συμπίεσης ενός έργου, δίνοντας τη δυνατότητα της επιλογής, ανάλογα με το είδος του έργου στο οποίο πρόκειται να εφαρμοστεί η τεχνική, επιβεβαιώνοντας σε κάθε περίπτωση τη δυναμική και σπουδαιότητα της συνέχισης της

εξέλιξης των τεχνικών, εξαιτίας της ζήτησης για ολοένα και πιο σύντομα εκτελεσμένα, ποιοτικά και ασφαλή έργα.

Στη συνέχεια, έγινε πιλοτική εφαρμογή, εφαρμόζοντας γραμμικό προγραμματισμός με τη χρήση του εργαλείου Solver της Microsoft Excel για τη διερεύνηση της δυνατότητας συμπίεσης ενός μη τεχνικού έργου και συγκεκριμένα του έργου της Αξιολόγησης του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση & Δια βίου Μάθηση 2014-2020» (ΕΠ ΑΝΑΔ-ΕΔΒΜ), που αποτελεί τομεακό πρόγραμμα και συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο και την Πρωτοβουλία για την Απασχόληση των Νέων (ΠΑΝ). Το έργο, που υλοποιήθηκε την προγραμματική περίοδο 2014 - 2020, περιλάμβανε δράσεις οριζόντιες σε όλη τη Χώρα με σκοπό την αντιμετώπιση της ανεργίας, τη δημιουργία ποιοτικών δυνατοτήτων εκπαίδευσης, την αναβάθμιση των δεξιοτήτων και τη βιώσιμη - απασχόληση για όλους, με γνώμονα την ενίσχυση της κοινωνικής συνοχής. Η αξιολόγηση του Ε.Π. περιλαμβάνει συγκεκριμένα ορόσημα και χρονικούς περιορισμούς που επιβάλλονται από την Αναθέτουσα Αρχή, την Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης του Ε.Π. Εν προκειμένω, το έργο δομήθηκε σύμφωνα με τις απαιτήσεις της διακήρυξης και τις συνοδευτικές τεχνικές προδιαγραφές σε Πακέτα Εργασίας, που περιλάμβαναν συγκεκριμένες Δραστηριότητες, οι οποίες είχαν ορισμένη χρονική διάρκεια και των οποίων οι σχέσεις προτεραιότητας καθορίζονταν από τις προδιαγραφές. Τα παραπάνω αποτυπώθηκαν τελικά, σε ένα δίκτυο ΑΟΑ και προσδιορίστηκαν τα «Γεγονότα» του δικτύου. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε, η μέθοδος PERT/CPM και υπολογίστηκαν τρία χαρακτηριστικά μεγέθη για καθένα από τα γεγονότα του δικτύου: Ο Συντομότερος χρόνος ET(i) του γεγονότος i (Earliest Time), ο βραδύτερος χρόνος LT(i) του γεγονότος i (Latest Time) και το χρονικό περιθώριο ES(i) του γεγονότος i (Event Slack). Στη συνέχεια, με τη χρήση του Excel Solver, ενός προσιτού σε όλους εργαλείου της Microsoft, πραγματοποιήθηκε επίλυση του δικτύου του έργου, με την παράσταση του τοξωτού δικτύου του έργου σε Excel και τον υπολογισμό του συντομότερου χρόνου ολοκλήρωσης των γεγονότων και του συντομότερου χρόνου ολοκλήρωσης του συνόλου του έργου (εύρεση κρίσιμης διαδρομής), που ανέρχεται σε 74 ημέρες. Τελικά, κάνοντας χρήση των χρονικών περιθωρίων για κάθε δραστηριότητα, του κόστους συμπίεσης ανά δραστηριότητα και ανά μονάδα χρόνου και του έμμεσου κόστους, προκύπτει ότι είναι εφικτή η συμπίεση της συνολικής διάρκειας του έργου κατά τρεις (3) ημέρες. Επομένως, ο βέλτιστος χρόνος ολοκλήρωσης του έργου είναι 71 ημέρες, με ελάχιστο συνολικό κόστος 36.200,00 € και προκειμένου να επιτευχθεί αυτός ο χρόνος, θα συντομευθεί η διάρκεια των τριών (3) δραστηριοτήτων (των Β, D και J), κατά μία (1) ημέρα.

Συμπερασματικά, το μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού που παρουσιάστηκε καθορίζει πόσο μπορεί να συμπιεστεί (εφόσον αυτό είναι εφικτό) η κάθε δραστηριότητα του έργου, καθώς και το συνολικό έργο, προκειμένου να επιτευχθεί η αντιστάθμιση χρόνου – κόστους, με την αντικειμενική συνάρτηση του μοντέλου LP και τους σχετικούς περιορισμούς στους οποίους «υπόκειται», να προσδιορίζονται αποτελεσματικά.

Η μέθοδος PERT/CPM αποτελεί τον πυρήνα της υπολογιστικής διαδικασίας των μεθοδολογιών εργαλείων που χρησιμοποιούνται για την αποτελεσματική διοίκηση ενός έργου. Παρόλο που πρόκειται για μεθοδολογία απλής λογικής, χωρίς σημαντικές υπολογιστικές δυσκολίες, το πλήθος των υπολογισμών και ο όγκος των απαραίτητων πληροφοριών που προκύπτουν με τα διαγράμματα Gantt για την παρακολούθηση της πορείας τους, αυξάνονται ραγδαία με το μέγεθος του δικτύου που απεικονίζει ένα έργο. Αν και τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί πλήθος προγραμμάτων εξειδικευμένου

λογισμικού για την υποστήριξη του προγραμματισμού και του ελέγχου υλοποίησης μεγάλων έργων, όπως το Primavera Engineering & Construction Project Management MS Project Microsoft, εξίσου αποτελεσματική είναι η χρήση λογιστικών φύλων σε περιβάλλον Microsoft Excel, που όλοι έχουν στη διάθεσή τους.

Οι αξιολογήσεις Επιχειρησιακών Προγραμμάτων αποτελούν αντικείμενο ιδιαίτερης βαρύτητας για το χαρτοφυλάκιο των εταιρειών παροχής Συμβουλευτικών Υπηρεσιών, καθώς απαιτούν απαραίτητη τεχνογνωσία, εις βάθος κατανόηση του αξιολογούμενου προγράμματος, είναι σύνθετες και χρονοβόρες διαδικασίες, ενώ η αποτύπωση των αποτελεσμάτων αποτελεί τη βάση για τη συνέχιση ή μη, του προγράμματος, σε επόμενη προγραμματική περίοδο. Επομένως, ο σωστός χρονοπρογραμματισμός των επιμέρους δραστηριοτήτων αποκτά ιδιαίτερη βαρύτητα, για την έγκαιρη υλοποίηση του έργου και την αποτροπή διάθεσης επιπλέον πόρων (μέσω τοποθέτησης περισσότερων συμβούλων από τους προβλεπόμενους για την ενίσχυση συγκεκριμένων δραστηριοτήτων).

Η εφαρμοζόμενη μεθοδολογία είναι απλή, προσιτή και κατανοητή ως προς τα αποτελέσματα, γεγονός που την κατατάσσει σε ένα άρτιο εργαλείο χρονοπρογραμματισμού, ξεκινώντας από τη φάση του σχεδιασμού του έργου, δηλαδή στο στάδιο της Τεχνικής Προσφοράς και πριν τη συμβασιοποίησή του. Σε σύγκριση με τη χειροκίνητη προσέγγιση της συμπίεσης έργου που είναι επαναληπτική και συχνά οδηγεί σε λανθασμένη διαδικασία, η προσέγγιση του Γραμμικού Προγραμματισμού, παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία και μπορεί εύκολα να επιλυθεί χρησιμοποιώντας πακέτα υπολογιστών. Παράλληλα, η μέθοδος είναι κατάλληλη για εφαρμογές και άλλα έργα, με μεγαλύτερο αριθμό δραστηριοτήτων που διαφορετικά θα ήταν δύσκολο να υπολογιστούν αναλυτικά, χρησιμοποιώντας επαναληπτική δοκιμή και δοκιμή σφάλματος. Τα πρόσθετα επίλυσης Excel, φαίνεται να απλοποιούν αρκετά τη διαδικασία.

Σε επόμενο βήμα και καθώς η διάρκεια των δραστηριοτήτων του έργου μπορεί συχνά διαφοροποιείται εξαιτίας διαφόρων παραγόντων (π.χ. καθυστερήσεις στη συλλογή στοιχείων από έρευνες πεδίου, κ.ο.κ.) μπορούμε να μετατρέψουμε αυτό το πρόβλημα της CPM σε PERT λαμβάνοντας τη διάρκεια των δραστηριοτήτων (ή την Κανονική Διάρκεια) ως πιο πιθανό χρόνο εμφάνισης, τους Αισιόδοξους χρόνους ως το 70% της κανονικής διάρκειας και τους Απαισιόδοξους χρόνους στο 125% της κανονικής διάρκειας. Στη συνέχεια, επιλύοντας το υπό μελέτη έργο μας με PERT, θα καθοριστεί νέα Κρίσιμη Διαδρομή και η τυπική απόκλιση στη διάρκεια κάθε δραστηριότητας και στη συνέχεια η Τυπική απόκλιση (SD) του έργου. Χρησιμοποιώντας αυτή την τυπική απόκλιση και τη διάρκεια του κρίσιμου μονοπατιού, θα υπολογίσουμε την Πιθανότητα Ολοκλήρωσης του έργου την προγραμματισμένη ημερομηνία.

Συνεχίζοντας την ερευνητική εργασία, προτείνεται η αξιολόγηση της συμπίεσης του έργου με τη συγκριτική διερεύνηση και αποτίμηση άλλων λογισμικών διαχείρισης έργων: τη μέθοδο LINDO, για την διατύπωση συμπερασμάτων ως προς το αποτέλεσμα και την ευκολία στη χρήση, ενώ προτείνεται και η διερεύνηση της επεκτασιμότητας των υπολογιστικών μεθόδων ενσωματώνοντας την παράμετρο της ποιότητας.

Τέλος, θα ήταν επιθυμητή η ενασχόληση περισσότερων ατόμων με τη διαχείριση έργων στον κλάδο των συμβουλευτικών υπηρεσιών, στην Ελλάδα, καθώς φαίνεται να αποτελεί ένα πεδίο με σημαντικό μερίδιο στην αγορά εργασίας και η πιο εμπειριστατωμένη προσέγγιση θα μπορούσε να επιφέρει οφέλη στις επιχειρήσεις όπου αναλαμβάνουν τέτοια έργα, αλλά και στους αποδέκτες των υπηρεσιών αυτών.

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση

Δημητριάδης, Σ. και Μιχιώτης, Α. (2020), Διοίκηση παραγωγικών συστημάτων, 2^η έκδοση. Εκδόσεις ΚΡΙΤΙΚΗ

Πολύζος, Σ. (2011). Διοίκηση και διαχείριση έργων: μέθοδοι και τεχνικές. Εκδόσεις Κριτική

Φιτσιλής, Π., Σταμέλος, Γ. (2007) «Διαχείριση έργων πληροφορικής», Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών

Ξενόγλωσση

Andiyan, A., Putra, R., Rembulan, G. and Tannady, H. (2020), Construction Project Evaluation Using CPM-Crashing, CPMPERT and CCPM for Minimize Project Delays, Virtual Conference on Engineering, Science and Technology (VICEST), J. Phys.: Conf. Ser. 1933 012096, doi:10.1088/1742-6596/1933/1/012096.

Ballesteros-Pérez, P., Elamrousy, K.M., González-Cruz, M.C. Non-linear time-cost trade-off models of activity crashing: Application to construction scheduling and project compression with fast-tracking, Automation in Construction, 97 (2019) 229-240. doi.org/10.1016/j.autcon.2018.11.001

Garg, A. (2016). Project Crashing Algorithm. Conference: INTERNATIONAL CONFERENCE ON EMERGING TRENDS IN CIVIL ENGINEERING (ICETCE-16).

Geda, M. (2014), A Linear Programming Approach for Optimum Project Scheduling Taking Into Account Overhead Expenses and Tardiness Penalty Function, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 3 Issue 10, October- 2014, www.ijert.org

Golakia, P., Pataskar, S., Shalu, S., Kaulgi, M.S., Cost Optimization of Project by Crashing Project Schedule Using Linear Programming Technique, IJARIE-ISSN (O)-2395-4396, Vol-3 Issue-4 (2017)

Islam, NS. (2013). Complex Project Crashing Algorithm. Journal of Business and Management (IOSR-JBM). Volume 11, Issue 4 (Jul. - Aug. 2013), PP 10-17 www.iosrjournals.org

Jaśkowski, M. T. (2020, 12 29). Crashing Construction Project Schedules. *IEEE Access*, 8, σσ. 224522-224531.

Kerzner, H. (2017), Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling, New Jersey, John Wiley & Sons

Project Management Institute, "A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)" - Fourth Edition, 2008

Ou-Yang, C. and Chen, W. (2019), A Hybrid Approach for Project Crashing Optimization Strategy with Risk Consideration: A Case Study for an EPC Project, Hindawi, Mathematical Problems in Engineering, Volume 2019, Article ID 9649632, 17 pages, doi.org/10.1155/2019/9649632

San Cristóbal, J. (2019), An Integer Linear Programming Model Including Time, Cost, Quality, and Safety, *IEEE Access*. Vol. 7.

Sharma, S., Bedi, N., Sukhwani, VK. Optimization of Time and Cost for a Research Project by Project Crashing Method, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 998 012057 (2020). doi:10.1088/1757-899X/998/1/012057

Sharma, S. C. (2006). Operation research: PERT, CPM & cost analysis, Discovery Publishing House, New Delhi (India)

Tomczak, M. and Jankowski, P. (2020). "Crashing Construction Project Schedules by Relocating Resources". IEEE Access. Vol. 8.

Turner, J. (1993), The handbook of project- based management- Improving the processes for achieving strategic objectives, 2nd edn, London, The McGraw-Hill Companies

Turner, J. (2009), The Handbook of Project-Based Management: Leading Strategic Change in Organizations, 3rd edn, London, UK: McGraw-Hill London

Winston, Wayne L. (2004). Operations Research: Applications and Algorithms, Brooks/Cole - Thomson, 4^η έκδοση. Διαθέσιμο στο:
<https://itslearningakarmazyan.files.wordpress.com/2015/09/operation-research-aplications-and-algorithms.pdf>

Έρευνες /Ανοιχτή διδασκαλία

- feaco, European Federation of Management Consultancies Associations, Survey of the EUROPEAN MANAGEMENT CONSULTANCY 2020 | 2021, January 2022
- The Economist, Do McKinsey and other consultants do anything useful? Οκτώβριος 2022, διαθέσιμο στο διαδίκτυο: <https://www.economist.com/leaders/2022/10/05/do-mckinsey-and-other-consultants-do-anything-useful>
- Κηρυττόπουλος, Κ. (2020). Προγραμματισμός & Διοίκηση Έργων. Ανακτήθηκε 12 Σεπτεμβρίου 2022 από:
https://ocw.aoc.ntua.gr/modules/document/file.php/MECH109/135_PM_schedule_CP_M_open.pdf
- Μαρκάκη, Μ. (2020). Η Διαχείριση Έργου στη Σύγχρονη Επιχείρηση. Σειρά δημοσίων διαλέξεων σε σύγχρονα θέματα, Τμήμα Διοικητικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, ΕΛΜΕΠΑ
- Μαρκάκη, Μ. (2020). Διοίκηση Έργου: ΕΝΟΤΗΤΑ 5. ΧΡΟΝΟΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΡΓΟΥ ΔΙΚΤΥΑ ΕΡΓΟΥ – ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΡΙΣΙΜΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ (CPM). Σειρά διαλέξεων για το ΔΠΜΣ «Οργάνωση και Διοίκηση για Μηχανικούς», ΕΛΜΕΠΑ