

Τ.Ε.Ι ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ

ΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΈΡΓΩΝ
&
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ**

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

ΘΕΟΔΩΡΑΚΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑ

ΚΑΛΑΜΠΟΚΑ ΑΙΜΙΛΙΑ

ΠΕΤΡΙΤΣΗ ΧΡΙΣΤΙΝΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΦΩΤΕΙΝΟΠΟΥΛΟΣ ΜΙΧΑΛΗΣ

ΠΑΤΡΑ

2016

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΈΡΓΩΝ & ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Επιβλέπων Καθηγητής

...

Επιμέλεια

....

Τμήμα

...

Περίληψη

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάζεται ο προγραμματισμός και η διαχείριση έργων. Η διαχείριση έργων (project management) αποτελεί ένα γνωστικό πεδίο ευρείας εφαρμογής σε διάφορους τομείς. Δίνονται όλοι οι αναγκαίοι ορισμοί ενώ ακολουθεί μια ιστορική αναδρομή της εξέλιξης της διαχείρισης έργων. Αναλύεται η δομή και η οργάνωση του έργου. Παρουσιάζεται αναλυτικά ο τρόπος επιλογής και η αξιολόγησης ενός έργου μέσω ορισμένων μοντέλων αξιολόγησης. Τέλος γίνεται μια αναφορά στις μεθόδους βελτιστοποίησης του προγραμματισμού ενός έργου μέσω των μεθόδων CPM και PERT.

Λέξεις Κλειδιά: Προγραμματισμός Έργου; Διαχείριση Έργου; Βελτιστοποίηση; Αξιολόγηση.

Μάρτιος 2016

Πίνακας Περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	2
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	3
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	6
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
1.2. ΟΡΙΣΜΟΣ ΈΡΓΟΥ.....	9
1.3. ΕΜΠΛΕΚΟΜΕΝΕΣ ΟΝΤΟΤΗΤΕΣ ΣΤΟ ΈΡΓΟ.....	12
1.4. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΈΡΓΟΥ	15
1.5. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΈΡΓΟΥ	18
1.6. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΈΡΓΟΥ	24
1.7. ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΈΡΓΟΥ	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο. ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΈΡΓΟΥ	28
2.1. ΦΑΣΕΙΣ ΈΡΓΟΥ	28
2.2. ΔΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΈΡΓΟΥ.....	33
2.3. ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΈΡΓΟΥ.....	37
2.3.1. <i>Εισαγωγή</i>	37
2.3.2. <i>Οργάνωση Pure Project</i>	37
2.3.3. <i>Fuctional Project</i>	39
2.3.4. <i>Matrix Organization</i>	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο. ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΈΡΓΟΥ	45
3.1. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΈΡΓΟΥ.....	46
3.2. ΜΗ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	47
3.3. ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	48
3.3.1. Περίοδος αποπληρωμής (Payback Period)	48
3.3.2. Επιστροφή επένδυσης (Return On Investment – ROI)	48
3.3.3. Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV - Net Present Value).....	49
3.3.4. Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης Επένδυσης (Internal Rate of Return –IRR)	53
3.3.5. Βαθμολόγηση με Συντελεστές (Weighted Scoring).....	55
3.3.6. Ανάλυση του Νεκρού Σημείου (Break – Even Analysis)	61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΈΡΓΟΥ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ	66
4.1. ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΕΝΟΣ ΈΡΓΟΥ	66
4.2. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΕΝΟΣ ΈΡΓΟΥ	69
4.2.1. Κανόνες δικτύου ΑΟΑ και υλοποίηση του	71
4.2.2. Κανόνες του δικτύου ΑΟΝ.....	74
4.3. ΤΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ GANTT	75
4.4. Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΡΙΣΙΜΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ CPM	78
4.4.1. Προσδιορισμός «Κρίσιμων Χρόνων» Δράσεων. Νωρίτερος χρόνος έναρξης (Early Start Time, ES) – Νωρίτερος χρόνος περάτωσης(Early Finish Time, EF).....	81
4.4.2. Προσδιορισμός «Κρίσιμων Χρόνων» Δράσεων. Βραδύτερος χρόνος έναρξης (Late Start Time, LS) – Βραδύτερος χρόνος περάτωσης(Late FinishTime, LF)	83
4.4.3. Χρονικό Περιθώριο Δράσης (Slack time) και Κρίσιμη Διαδρομή (Critical path)	85
4.5. Η ΜΕΘΟΔΟΣ PERT	87
4.5.1. Εκτίμηση χρόνου περάτωσης εργασιών.....	88
4.5.2. Αναμενόμενος χρόνος εκτέλεσης – Υπολογισμός της κρίσιμης διαδρομής	89

4.5.3. Καθορισμός πιθανότητας ολοκλήρωσης του έργου εντός ορισμένου χρόνου.....	91
4.6. ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΗΣ ΑΠΟΘΗΚΗΣ	94
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	118
ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ	118
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ	120
ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ	122

Πίνακας Εικόνων

ΕΙΚΟΝΑ 1. HENRY GANTT 1861-1919	8
ΕΙΚΟΝΑ 2. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΑΡΞΗ ΚΑΙ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΕΝΟΣ ΈΡΓΟΥ.....	14
ΕΙΚΟΝΑ 1. ΣΧΗΜΑ ΤΡΙΓΩΝΟΥ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ.....	20
ΕΙΚΟΝΑ 4. ΦΑΣΕΙΣ ΕΝΟΣ ΕΡΓΟΥ.....	28
ΕΙΚΟΝΑ 5. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΦΑΣΗ 2 ΕΝΟΣ ΕΡΓΟΥ	30
ΕΙΚΟΝΑ 6. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΦΑΣΗ 3.....	31
ΕΙΚΟΝΑ 7. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΦΑΣΗ 4.....	31
ΕΙΚΟΝΑ 8. ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΈΡΓΟΥ.....	32
ΕΙΚΟΝΑ 9. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ	34
ΕΙΚΟΝΑ 10. ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΡΓΟΥ	34
ΕΙΚΟΝΑ 11. ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΤΑ ΈΡΓΟ	38
ΕΙΚΟΝΑ 12. ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	40
ΕΙΚΟΝΑ 13. ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΤΑ ΠΙΝΑΚΑ	42
ΕΙΚΟΝΑ 14. ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΩΝ ΔΟΜΩΝ ΣΤΗΝ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΈΡΓΩΝ.....	43
ΕΙΚΟΝΑ 15.ΤΟ ΝΕΚΡΟ ΣΗΜΕΙΟ ΤΟΥ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	65
ΕΙΚΟΝΑ 16. ΜΟΡΦΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΟΑ	69
ΕΙΚΟΝΑ 17. ΜΟΡΦΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΟΝ.....	70
ΕΙΚΟΝΑ 18. ΑΡΧΗ ΚΑΙ ΤΕΛΟΣ ΣΤΟ ΑΟΑ	71
ΕΙΚΟΝΑ 19. ΠΑΡΑΛΛΗΛΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ - ΧΡΗΣΗ ΨΕΥΔΟ - ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ.....	72
ΕΙΚΟΝΑ 20. ΛΑΘΟΣ ΑΡΙΣΤΕΡΑ ΚΑΙ ΣΩΣΤΗ ΔΕΞΙΑ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ.....	72
ΕΙΚΟΝΑ 21. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ GANTT	76
ΕΙΚΟΝΑ 22. ΟΙ ΔΡΑΣΕΙΣ ΕΝΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΙ ΟΙ ΧΡΟΝΟΙ ES,EF.....	82
ΕΙΚΟΝΑ 23. ΟΙ ΔΡΑΣΕΙΣ ΕΝΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΙ ΟΙ ΧΡΟΝΟΙ ES,EF,LS,LF	85
ΕΙΚΟΝΑ 24. Η ΚΡΙΣΙΜΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ	86
ΕΙΚΟΝΑ 25. ΒΗΤΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	89
ΕΙΚΟΝΑ 25. Η ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ D	93

Κεφάλαιο 1^ο. Ιστορική Ανάδρομη

1.1 Εισαγωγή

Η εξέλιξη του ανθρώπινου νου και του κοινωνικού συνόλου είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη δημιουργία και τα έργα. Με τον όρο έργα, εννοούνται εγχειρήματα τα οποία έχουν αποφέρει ένα κατασκεύασμα, υλικό ή άυλο, το οποίο είναι αποτέλεσμα νοητικής και πρακτικής εργασίας, (είτε ατομικής είτε συλλογικής). Αυτό το εγχείρημα καλείται έργο όταν δημιουργεί μια πρόοδο στη πολιτισμική πραγματικότητα αυτού του κοινωνικού συνόλου και αφήνει μια κληρονομιά στην επόμενη γενιά ανθρώπων. Το εγχείρημα αυτό, μπορεί να αποτελεί συνεισφορά σε οποιοδήποτε τομέα (οικονομικό, κατασκευαστικό, διαπαιδαγωγικό, στρατιωτικό) με σημαντικότερο παράγοντα την οργάνωση, τη διαχείριση και το συντονισμό του έργου που είναι καθοριστικός παράγοντας για την σωστή και επιτυχημένη ολοκλήρωση του έργου¹.

Η κληρονομιά των έργων που μας έχουν αφήσει οι προγονοί μας είναι ένα δείγμα του τι μπορούμε εμείς να καταφέρουμε στο μέλλον αλλά και μια προειδοποίηση ότι αν δεν εργαστούμε με σωστή διαχείριση δεν θα καταφέρουμε ποτέ σπουδαία πράγματα. Πράγματα όπως είναι η παναγία των Παρρησιών, τα αγάλματα των αρχαίων Ελλήνων, οι κρεμαστοί κήποι της Βαβυλώνας, οι πυραμίδες και πολλές άλλες κατασκευές που έχουν μείνει στην ιστορία για τη δυσκολία της κατασκευής τους με την περιορισμένη τεχνογνωσία και ελλιπή τεχνολογία της εποχής. Αυτά τα έργα δεν θα είχαν έρθει ποτέ στη ζωή αν οι άνθρωποι δεν είχαν εργαστεί με σωστό πρόγραμμα και διοίκηση.

Στη σύγχρονη εποχή, η οποία χαρακτηρίζεται από τη ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας και του ανταγωνισμού τα διάφορα κοινωνικά σύνολα πασχίζουν να εξασφαλίσουν ένα μερίδιο στις διεθνείς αγορές. Λόγω πίεσης και περιορισμένων

¹ Martin Stevens (2002). Project Management Pathways. Association for Project Management. APM Publishing Limited, 2002.

πόρων (είτε ανθρωπίνων είτε οικονομικών) οι επιχειρήσεις έχουν αναγκαστεί να διαφοροποιήσουν τα συστήματα διοίκησης που εφάρμοζαν μέχρι πρότινος. Αυτή η ανάγκη, άνοιξε το δρόμο για την ανάπτυξη της επιστήμης της διαχείρισης έργων, η οποία προσέφερε λύσεις στα προβλήματα των εκάστοτε μηχανικών ². Τα πρώτα βήματα αυτής της επιστήμης έγιναν στα μέσα του 20^{ου} αιώνα με τα σημαντικότερα, να γίνονται κατά τη διάρκεια του δεύτερου Παγκοσμίου πολέμου.

Αρχιτέκτονας του αντικειμένου αυτού θεωρείται ο Χένρι Γκαντ, ο οποίος έθεσε τα θεμέλια της διαχείρισης έργων (μαζί με τον Φρέντερικ Τέιλορ) για τον κατασκευαστικό τομέα και τα οποία άνοιξαν πολλές πόρτες για τους μηχανικούς του μέλλοντος. Πάνω στις θεωρίες του Γκαντ βασίστηκε το γνωστό διάγραμμα Γκαντ, το οποίο προφανώς πήρε το όνομα του από αυτόν. Το διάγραμμα αυτό είναι ένα ραβδόγραμμα το οποίο εμφανίζει τα στοιχεία του έργου (θα αναφερθούμε παρακάτω με λεπτομέρειες) ³. Ο Φρέντερικ Τέιλορ εφηύρε το scientific management (αρχές της επιστημονικής διαχείρισης).

Η επιστημονική διαχείριση εμπεριέχει γνώσεις και όρους από πολλές επιστήμες όπως επεξεργασία δεδομένων, χρονικό προγραμματισμό (από θεωρία δικτύων), αναγνώριση προτύπων και συστημάτων, μαθηματικό προγραμματισμό, θεωρία αποφάσεων, τεχνικές ελέγχου, risk management (διαχείριση κινδύνου) και άλλες εξειδικευμένες γνώσεις που διαφέρουν ανάλογα με την κατηγορία του κάθε έργου. Διαχείριση έργου λοιπόν, απαιτεί την συγκέντρωση αυτών των γνώσεων και τον σωστό καταμοιρασμό τους στις εκάστοτε εργασίες που απαιτούνται για την επιτυχή ολοκλήρωσή του ².

² Young-Hoon Kwak (2005). "A brief History of Project Management". In: The story of managing projects. Elias G. Carayannis et al. (9 eds), Greenwood Publishing Group, 2005.

³ https://en.wikipedia.org/wiki/Project_management Ημερομηνία ανάκτησης: 16 Μαρτίου 2016



Εικόνα 1. Henry Gantt 1861-1919

Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Henry_Gantt#/media/File:Henry_L._Gantt.jpg.

Ημερομηνία ανάκτησης: 16 Μαρτίου 2016

1.2. Ορισμός Έργου

Σύμφωνα με το Project Management Institute (PMI) ως έργο ορίζεται μία προσωρινή διαδικασία η οποία ως στόχο φέρει την δημιουργία και ανάπτυξη ενός μοναδικού προϊόντος ή υπηρεσίας. Με τον όρο προσωρινό προσδιορίζεται ο πεπερασμένος χρονικά χαρακτήρας του έργου ενώ με τον όρο μοναδικό ορίζεται η καινοτομία που φέρουν τα προϊόντα ή υπηρεσίες έναντι άλλων παραπλήσιων⁴. Τα χαρακτηριστικά αυτά των έργων εναντιώνονται με την βασική λειτουργική δομή που ακολουθούν οι πλείστες επιχειρήσεις των οποίων οι ενέργειες παραγωγής χαρακτηρίζονται από την σταθερότητα και την μονιμότητα. Ο τρόπος με τον οποίον οι επιχειρήσεις ικανοποιούν τις παραπάνω ιδιότητες είναι ιδιαίτερα πολύπλοκος και απαιτεί συνδυασμών διάφορων επιστημονικών πεδίων⁵.

Η διαχείριση και η επιτυχής εκτέλεση ενός έργου καθορίζεται από ορισμένους περιορισμούς, όπως ο ελλιπής χρόνος που έχουν στην διάθεσή αυτοί που έχουν αναλάβει την υλοποίηση του καθώς και οι περιορισμένοι διαθέσιμοι οικονομικοί πόροι της επιχείρησης. Λαμβάνοντας υπόψιν τις δυσκολίες αυτές το αποτέλεσμα του έργου το οποίο θα προκύψει κρίνεται απαραίτητο να είναι το βέλτιστο δυνατό.

Η διαπίστωση αυτή οδηγεί σε έναν αναλυτικότερο ορισμό του έργου ο οποίος δόθηκε από τον **Turner**⁶. Ως έργο συνίσταται η «προσπάθεια κατά την οποία ανθρώπινο δυναμικό, μηχανήματα, οικονομικοί πόροι και πρώτες ύλες συγκροτούνται κατά πρωτοφανή τρόπο, με σκοπό την αναδοχή καθορισμένου αντικειμένου εργασιών που διαθέτουν καθορισμένες απαιτήσεις και υπόκεινται σε δεδομένες οικονομικές και χρονικές οριοθετήσεις, ώστε να προκύψει μια ωφέλιμη μεταβολή που καθορίζεται μέσω ποσοτικών και ποιοτικών στόχων».

⁴ The Definitive Guide to Project Management. Nokes, Sebastian. 2nd Ed.n. London (Financial Times / Prentice Hall): 2007.

⁵What is Project Management? | Project Management Institute". Pmi.org. Retrieved 2014-06-04.

⁶ https://en.wikipedia.org/wiki/Project_management. Ημερομηνία ανάκτησης: 16 Μαρτίου 2016

Τα έργα διαφέρουν ως προς τον φόρτο εργασίας, τις ειδικές γνώσεις και τα χρήματα που απαιτούνται καθώς και από τον χρόνο διεκπεραίωσής τους. Παραδείγματος χάρη σε ένα έργο του τεχνολογικού τομέα η επιχείρηση επικεντρώνεται στην έρευνα και το κατάλληλα τεχνολογικά εξειδικευμένο προσωπικό σε αντίθεση με ένα έργο κατασκευών στο οποίο δίνεται βαρύτητα στα υλικά και στα κατάλληλα μηχανήματα. Ουσιαστική διαφορά καθίσταται το πλήθος του ανθρώπινου δυναμικού που χρειάζεται για την υλοποίηση του. Ορισμένα χαρακτηριστικά παραδείγματα έργων αναφέρονται ακολούθως:

- Η ανάπτυξη και σχεδίαση ενός νέου τύπου αεροπλάνου.
- Η ανοικοδόμηση ενός κτηρίου ή ουρανοξύστη (κατασκευαστικά έργα).
- Η ανάπτυξη νέων συστημάτων τεχνολογίας όπως η σχεδίαση ενός κινητού (τεχνολογικά έργα).
- Η προώθηση και προβολή υπηρεσιών και αγαθών στην καταναλωτική αγορά (διαφημιστικά έργα).
- Η διεξαγωγή γεγονότων αθλητισμού όπως Ολυμπιακοί αγώνων.
- Η μελέτη και η πραγμάτωση καινούργιων δομών οργάνωσης.
- Η αποκατάσταση ζημιών από φυσικές καταστροφές.

Παράλληλα τα έργα φέρουν ορισμένες κοινές βασικές ιδιότητες ⁷:

- Συνίσταται από μη επαναλαμβανόμενες διαδικασίες οι οποίες καθορίζονται από τον κύκλο ζωής λογισμικού.
- Χρειάζονται οργάνωση και σχεδίαση για την επίτευξη του.

⁷ Δημητριάδης Α. 'Διοίκηση – Διαχείριση Έργου', Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Έκδοση 4η 2009.

- Το προϊόν ή η υπηρεσία που παράγεται είναι αποκλειστικό.
- Η υλοποίηση τους χρειάζεται μία ομάδα.
- Διαθέτουν αρχή και τέλος.
- Καθορίζεται η ομαλή εκτέλεσή τους από χρονικούς και οικονομικούς περιορισμούς.

1.3. Εμπλεκόμενες οντότητες στο Έργο

Σε κάθε Έργο εμπλέκονται διάφορα, άτομα και οργανισμοί, οι οποίοι διαδραματίζουν καθαρυστικό ρόλο στην διεξαγωγή του Έργου και των οποίων τα συμφέροντα μπορεί να επηρεαστούν σε σημαντικό βαθμό από το τελικό αποτέλεσμα της διεκπεραίωσης του Έργου. Οι συμμετέχοντες στην περάτωση ενός Έργου αναφέρονται ακολούθως⁸:

- **Δικαιούχοι του Έργου:** Οι Δικαιούχοι ενός Έργου συνιστούν τους επικείμενους πελάτες, για τους οποίους εκτελείται το Έργο. Η εταιρία οφείλει να λάβει σοβαρά υπόψιν της όπου κρίνεται απαραίτητο τις ανάγκες και τις επιθυμίες αυτών ώστε το τελικό αποτέλεσμα να επιφέρει την πλήρη ικανοποίησή τους. Σε περίπτωση που αγνοηθούν οι ανάγκες των πελατών το Έργο θα είναι καταστροφικό.
- **Ιδιοκτήτης Έργου:** Ο Ιδιοκτήτης του Έργου είναι το πρόσωπο που ευθύνεται νομικά για το Έργο, όταν αυτό έχει περατωθεί. Ως επι το πλείστον η οντότητα η οποία σκέφτηκε την ιδέα του έργου συνιστά και τον ιδιοκτήτη του έργου. Η ενεργή συμμετοχή του καθίσταται ιδιαίτερα καταλυτική για την επιτυχημένη ολοκλήρωση του Έργου. Ο Ιδιοκτήτης του Έργου διαχειρίζεται τα έξοδα λειτουργίας και συντήρησης του. Ως ιδιοκτήτης του έργου οφείλει να εποπτεύει προσεχτικά την σχέση εξόδων-κέρδους καθώς και να είναι προετοιμασμένος με εναλλακτικές λύσεις αν η υλοποίηση του έργου οδηγηθεί σε τέλμα. Παράλληλα, θεωρείται αδύνατον ο ιδιοκτήτης ενός έργου να διαθέσει εξ ολοκλήρου όλους τους απαιτούμενους οικονομικούς πόρους για την αντιμετώπιση προκλήσεων και δυσκολιών που ανακύπτουν κατά το στάδιο της διεξαγωγής του έργου. Για το μεγαλύτερο αριθμό των έργων, ο Ιδιοκτήτης έχει την δυνατότητα ανάθεσης της διεκπεραίωσης όλου ή μέρους

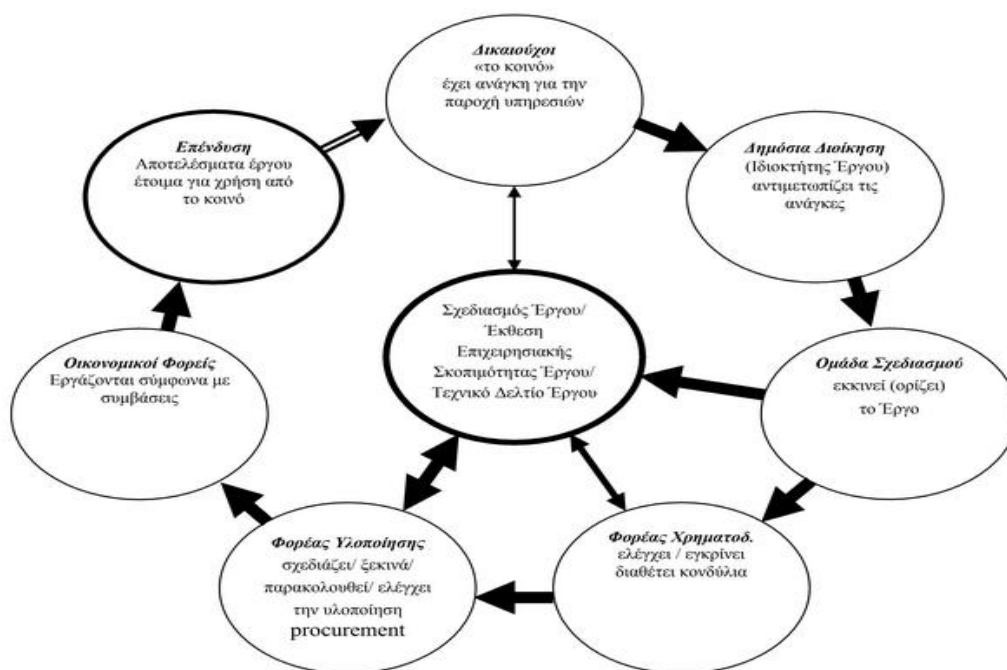
⁸ Δημητριάδης Α. 'Διοίκηση – Διαχείριση Έργου', Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Έκδοση 4η 2009.

Κυπριακή Δημοκρατία, Γενικό Λογιστήριο της Δημοκρατίας, Διεύθυνση Δημοσίων Συμβάσεων[online].
Διεύθυνση: <http://www.publicprocurementguides.treasury.gov.cy>. Ημερομηνία ανάκτησης: 17 Μαρτίου 2016.

του Έργου σε κάποιον οικονομικό οργανισμό μέσω της διαδικασίας διαγωνισμού.

- **Αναθέτουσα Αρχή:** Η Αναθέτουσα Αρχή αποτελεί την νομική οντότητα δημοσίου δικαίου η οποία φέρει την ευθύνη για την έναρξη των ενεργειών σύνταξης δημοσίων συμβάσεων και την σύνταξη της σύμβασης για το Έργο, είτε για την ίδια, αν αποτελεί και ιδιοκτήτη του έργου είτε για λογαριασμό κάποιου άλλου οργανισμού. Αν η Αναθέτουσα Αρχή έχει στην διάθεσή της τους απαιτούμενους πόρους για την διεκπεραίωση του Έργου, μπορεί να αναλάβει και τον ρόλο του Φορέα Υλοποίησης.
- **Φορέας Υλοποίησης:** Ο Φορέας Υλοποίησης αποτελεί έναν οργανισμό που έχει τις απαραίτητες δεξιότητες διαχείρισης καθώς και την κατάλληλη εμπειρία και εξειδίκευση για την περάτωση ενός Έργου. Ο φορέας αυτός αναλαμβάνει αρκετές δικαιοδοσίες όπως την εποπτεία και την διαχείριση οικονομικών και τεχνικών πόρων. Σε περίπτωση που Ιδιοκτήτη ενός Έργου, αποτελεί ένας οργανισμός του δημοσίου π.χ. ένας δήμος, ο Φορέας Υλοποίησης καθίσταται δυνατό να είναι μια οντότητα του δημόσιου ή του ιδιωτικού τομέα. Ο φορέας αυτόν καθορίζει σε σημαντικό βαθμό την λήψη αποφάσεων.
- **Φορέας Χρηματοδότησης:** Η χρηματοδότηση του έργου μπορεί να γίνει είτε από τον ιδιοκτήτη του αν διαθέτει τα απαραίτητα κεφάλαια είτε από εξωτερικές οντότητες, οι οποίες αναλαμβάνουν εξ ολοκλήρου το κόστος ή το μοιράζονται με τους ιδιοκτήτες. Τα κεφάλαια προέρχονται από τον είτε προϋπολογισμό του Ιδιοκτήτη του Έργου είτε από κάποια επιδότηση ή δάνειο.

Το ακόλουθο διάγραμμα παρουσιάζει την διαδοχική σειρά των διαδικασιών που απαιτούνται για την έναρξη και εκπλήρωση ενός Έργου. Το διάγραμμα διασαφηνίζει, τον κυρίαρχο ρόλο του αποτελέσματος που προκύπτει από τον ακριβή σχεδιασμό του έργου.



Εικόνα 2. Διαδικασίες για την έναρξη και ολοκλήρωση ενός Έργου

Πηγή: www.publicprocurementguides.treasury.gov.cy. Ημερομηνία ανάκτησης: 17 Μαρτίου 2016.

1.4. Παράγοντες Επιτυχίας στη Διοίκηση Έργου

Ο project manager ενός έργου πρέπει να εκτελεί ταυτόχρονα πολλές δραστηριότητες. Πρέπει, επίσης, να λαμβάνει συνεχώς αποφάσεις σε όλους τους τομείς σχετικά με τους διαθέσιμους πόρους, το χρονοδιάγραμμα, τον προϋπολογισμό, τη διαχείριση ανθρώπινου δυναμικού, την επικοινωνία και τις τεχνικές δυσκολίες. Επομένως πρέπει να προσεγγίζει τα θέματα, τακτικά, στρατηγικά ή λειτουργικά, ώστε να τεθούν οι προτεραιότητες, να επιλυθούν οι δυσκολίες και να μπορέσει να συνεχίσει εστιάζοντας σε πιο κρίσιμα θέματα, η φύση των οποίων περιγράφεται με τη παρούσα φάση του έργου⁹.

Οι 10 πιο σημαντικοί παράγοντες επιτυχίας είναι¹⁰ : **1. Στόχος έργου:** Ο ορισμός συγκεκριμένων βημάτων αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός έργου. Η κατανόηση αυτών των βημάτων οδηγεί στην αποτελεσματική αξιολόγηση των δυσκολιών ώστε να γίνεται σωστός συντονισμός. Συνεπώς, οι εμπλεκόμενοι στο έργο, πρέπει να από τη αρχή τις υποχρεώσεις τους και τους στόχους του project.

2. Υποστήριξη από την διοίκηση: Ο ανταγωνισμός σε συνδυασμό με τους περιορισμούς και τις δυσκολίες ενός έργου συχνά έχουν σαν αποτέλεσμα την εσωτερική σύγκρουση και κρίση. Η δουλειά κ υποχρέωση της διοίκησης καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του έργου βοηθά στην κατανόηση του σκοπού του project και στη διατήρηση της ενότητας μεταξύ των εργαζομένων. Αυτή η κατανόηση οδηγεί σε ανεκτίμητο συντελεστή για την επίλυση προβλημάτων σε δύσκολες καταστάσεις ή γεγονότα σύγκρουσης και κρίσης. Επομένως, η επικοινωνία της διοίκησης και του project manager πρέπει να παίζει καταλυτικό ρόλο στην επιτυχία του έργου.

⁹ Πληροφοριακά συστήματα στη Διαχείριση τεχνικών έργων Τόμος Β' Οδυσσέα Μανωλιάδη, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα 2003.

¹⁰ Σεραφείμ Πολύζος 'Διοίκηση και Διαχείριση των Έργων – Μέθοδοι και Τεχνικές' Εκδόσεις Κριτική 1η έκδοση Οκτώβριος 2004.

3. Προγραμματισμός έργου. Η μετατροπή του σκοπού και των συντελεστών απόδοσης σε ένα ρεαλιστικό σχέδιο είναι η σύνδεση μεταξύ των φάσεων σχεδιασμού και παραγωγής. Ένα εμπειριστωμένο σχέδιο που να επεξηγεί την επικοινωνία, τα τεχνικά, οργανωτικά και οικονομικά θέματα, του ελέγχου και χρονικού περιθωρίου αποτελεί τον πυρήνα της υλοποίησης. Ο προγραμματισμός διαρκεί σε όλη τη διάρκεια της εκτέλεσης καθώς μπορεί να προκύψουν ανάγκες για αλλαγή του αρχικού πλάνου. Επομένως ο σχεδιασμός είναι δυναμικός και συνεχόμενος και ενώνει τους εναλλασσόμενους σκοπούς και τα τελικά αποτελέσματα.

4. Συνεργασία με τον Πελάτη. Ο τελικός εμπλεκόμενος στο project είναι και ο τελικός αξιολογητής της επιτυχίας του. Στη φάση αρχικού σχεδιασμού είναι αρκετά σημαντικό να επικοινωνούμε συχνά και σωστά με τον πελάτη, ώστε οι σκοποί που θα τεθούν να βρίσκονται σε συμφωνία με τις επιθυμίες του πελάτη. Στα επόμενα στάδια είναι αναγκαστική η συνεργασία και επικοινωνία με τον πελάτη ώστε να διορθώνονται τα λάθη κατά την αλλαγή των σκοπών. Ωστόσο, λόγω αναγκαστικών αλλαγών, παρόλο που στα αρχικά στάδια είναι δεν είναι απαραίτητο να γίνεται ακριβής δήλωση των αναγκών του πελάτη, αυτό γίνεται σε όλη τη διάρκεια του έργου. Με τον όρο configuration management εννοούμε τον σύνδεσμο των υπάρχοντων πλάνων του πελάτη και της ομάδας του έργου.

5. Θέματα προσωπικού. Η επιθυμητή υλοποίηση των στόχων χωρίς να παραβιάζονται τα χρονικά περιθώρια ή ο προϋπολογισμός είναι ένας από τους σκοπούς του προγραμματιστή, ο άλλος είναι να μείνει ο πελάτης ικανοποιημένος. Εάν αυτοί που συμμετέχουν στο πρότζεκτ δεν έχουν καλή αλληλεπίδραση, τότε δεν είναι σίγουρη η επιτυχία του έργου. Η επιτυχία σιγουρεύεται όταν υπάρχει καλό κλίμα στην ομάδα που έχει αναλάβει το έργο και είναι αφοσιωμένη σε αυτό.

6. Τεχνικά θέματα. Η κατάρτιση και οι γνώσεις των εμπλεκόμενων στο έργο καθώς και η ικανοποίηση των τεχνικών προδιαγραφών είναι βασικός παράγοντας στο στόχο ενός project manager να ολοκληρώσει ένα έργο με τα επιθυμητά αποτελέσματα.

7. Έλεγχος έργου. Η συνεχής πληροφόρηση για την πραγματική πρόοδο του έργου και ο μηχανισμός ανατροφοδότησης πληροφοριών βοηθούν τον project manager να

χειρίζεται την αβεβαιότητα με το μικρότερο δυνατό ρίσκο. Ο project manager συγκρίνει την πρόοδο του έργου με τα αρχικά πλάνα και παίρνει τις αντίστοιχες αποφάσεις ανάλογα με την απόκλιση που έχουν αυτά τα δυο μεταξύ τους. Οι όποιες παρεκκλίσεις από το αρχικό σχέδιο μπορούν να διορθωθούν αν εντοπιστούν εγκαίρως.

8. Επικοινωνία. Η μετάβαση με επιτυχία, από τη μία φάση στην άλλη, του κύκλου ζωής ενός έργου και ο καλός σχεδιασμός μεταξύ των εμπλεκομένων σε κάθε φάση χρειάζεται μία κατάλληλη αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Γενικά, η επικοινωνία μπορεί να γίνει πιο εύκολη αν η διοίκηση είναι ξεκάθαρη εξαρχής. Η οργάνωση του έργου πρέπει να ορίζει το κανάλι επικοινωνίας και τις πληροφορίες που θα διέρχονται από αυτά. Επίσης, πρέπει να υπάρχουν ξεκάθαρες εντολές σχετικά με το πόσο συχνά πρέπει γίνεται η ανταλλαγή πληροφοριών. Η επίσημη γραμμή επικοινωνίας, όπως και οι ανεπίσημες ανάμεσα στους εργαζόμενους της ομάδας βοηθούν στην επιτυχημένη υλοποίηση του έργου.

9. Επίλυση προβλημάτων. Η αρχιτεκτονική ελέγχου είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να μπορεί να βρίσκει την πηγή των προβληματικών περιοχών. Επειδή αβεβαιότητα υπάρχει καθ' όλη τη διάρκεια του έργου και είναι συχνός «μπελάς» για την υλοποίηση των έργων, η σύνθεση ενός διαφορετικού πλάνου (contingency plan), είναι καλό αντίδοτο. Η ετοιμασία ορισμένων σχεδίων και διαδικασιών για τη διαχείριση δυσκολιών μπορεί να ελαχιστοποιήσει τον κόπο που χρειάζονται για την επίλυσή τους και το έργο να υλοποιηθεί σαν να μην υπήρχαν αυτά.

1.5. Διαχείριση Έργου

Διαχείριση έργου ορίζουμε τη διαδικασία στην οποία συγκεντρώνουμε τεχνικές γνώσεις και εργαλεία για την πραγματοποίηση των στόχων μας και εν τέλει την ολοκλήρωση του έργου.

Η διαχείριση έργου (Project Management, PM) αποτελείται από έναν τυχαίο αριθμό ανεξαρτήτων παραμέτρων οι οποίες μπορεί να είναι: ο χρόνος, το ανθρώπινο δυναμικό, οι οικονομικοί πόροι και το κόστος. Η λογική σκέψη και η σημασία στη λεπτομέρεια είναι αρετές που παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στον αποτελεσματικό έλεγχο και σχεδιασμό του έργου. Διαχείριση έργου σημαίνει να συνδυαστούν τα παραπάνω χαρακτηριστικά με τη βέλτιστη μέθοδο προκειμένου να βγει το προσδοκώμενο κέρδος. Λανθασμένη χρήση κάποιας από τις παραπάνω παραμέτρους, θα οδηγήσει σε μη επιθυμητά αποτελέσματα, όπως είναι το μειωμένο κέρδος και η παρατήρηση ζημίας για τον υπεύθυνο μηχανικό ή εταιρία που έχουν αναλάβει το συγκεκριμένο έργο¹¹.

Οι ραγδαίες εξελίξεις στη δεκαετία του 1970 που χαρακτηρίζονταν κυρίως από οικολογικού τύπου γεγονότα (πυρηνικά απόβλητα, μολύνσεις, πετρελαϊκή κρίση), δημιούργησε εμπόδια στις προϋπάρχουσες τεχνικές διαχείρισης έργου. Τα τόσο σοβαρά οικολογικά προβλήματα, όμως ήταν η αιτία για τη γένεση πιο εκλεπτυσμένων τεχνικών διαχείρισης¹².

Κατά το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, δημιουργούνταν αρκετά προβλήματα κατά τη διαχείριση των διαθέσιμων πόρων και τεχνικών. Στο δημόσιο τομέα συγκεκριμένα, ανέβηκαν με ρυθμούς γεωμετρικής προόδου τα άστοχα και αποτυχημένα εγχειρήματα. Οι αποτυχίες αυτές οφείλονταν στην έλλειψη: γνώσεων των υπεύθυνων φορέων του έργου, οικονομικών πόρων, δεξιοτήτων ή ανθρώπινου δυναμικού.

¹¹ James P. Lewis (2000). The project manager's desk reference: a comprehensive guide to project planning, scheduling, evaluation, and systems.

¹² https://en.wikipedia.org/wiki/Project_management. Ημερομηνία ανάκτησης: 17 Μαρτίου 2016.

Πολλοί επαγγελματίες σε διάφορα επαγγέλματα δημιουργικού χαρακτήρα βλέποντας αυτή την τρύπα στην αγορά, μετέτρεψαν τη διαχείριση έργου σε επάγγελμα, παρατηρώντας ραγδαία άνθηση στους τομείς της τεχνολογίας, της κατασκευαστικής, της στρατιωτικής αλλά και της φαρμακευτικής βιομηχανίας. Αυτή η εξέλιξη δημιούργησε μια εξειδικευμένη μορφή διαχείρισης, το μάνατζμεντ το οποίο, ξεδιπλώθηκε αργότερα σε ολόκληρη επιστήμη διαθέτοντας τις δικές του αξιώσεις ορολογίες. Μετά την παρατήρηση της επιτυχίας του στον επαγγελματικό τομέα, η διαχείριση έργου επιβλήθηκε ως επάγγελμα από μεγάλες ενώσεις μηχανικών (Αμερικής, Μεγάλης Βρετανίας). Ο συντονισμός και η δημιουργία των ενώσεων αυτών οδήγησε στην εξέλιξη της επιστήμης αυτής. Συγκεντρώνοντας ανθρώπους με διαφορετική και μεγάλη εμπειρία στις λειτουργίες και στις τεχνικές αυτές και ανταλλάζοντας απόψεις πάνω στο αντικείμενο, η διαχείριση έγινε πολύ δυνατό όπλο για το μηχανικό .

Η διαχείριση έργου, λοιπόν, πέρασε από 3 δεκαετίες (1960: η χοντροκομμένη εφαρμογή, 1970: η εκλέπτυνση, 1980: η τελειοποίηση) οι οποίες έδωσαν την τελική υπόσταση (που ισχύει μέχρι σήμερα) στην επιστήμη αυτή που ήταν μόνο θεωρητική μέχρι τότε¹³ .

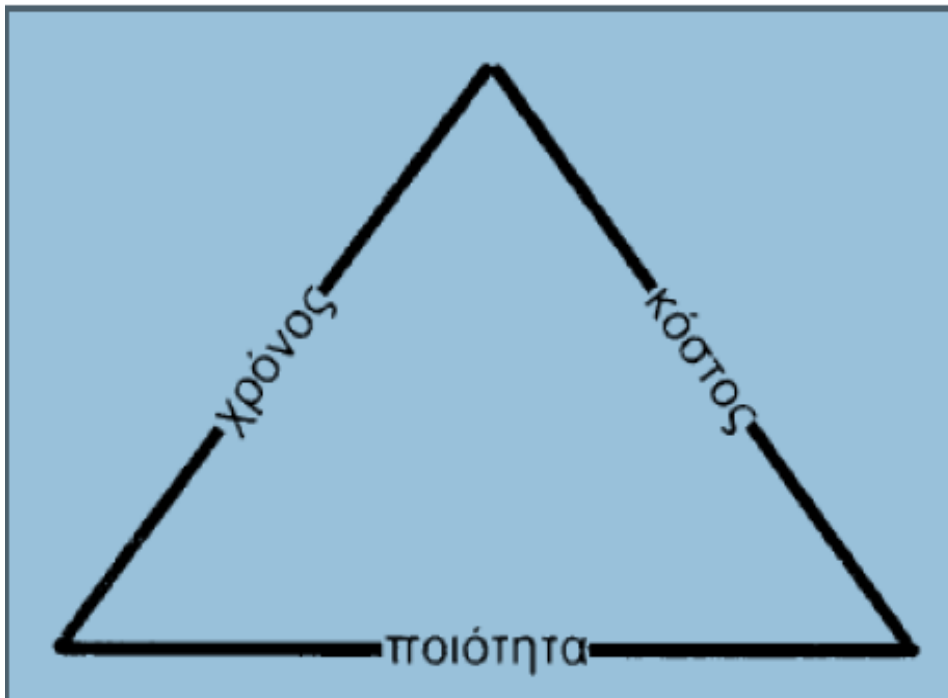
Ένας βασικός κανόνας της θεωρίας της διαχείρισης έργου είναι το τρίγωνο ισορροπίας. Το τρίγωνο ισορροπίας είναι μια σταθερή σχέση του χρόνου, της ποιότητας, και του κόστους ενός έργου που μελετάται για την επιτυχημένη υλοποίησή του. Τα τρία χαρακτηριστικά αυτά, περιγράφουν το αποτέλεσμα του έργου με θετικό ή αρνητικό πρόσημο¹⁴ .

- Χρόνος: Εντός των χρονικών περιθωρίων.
- Κόστος: Εντός των αρχικού προϋπολογισμού.

¹³ Θεοφάνης Κ. Γιώτης “Η Επιστήμη για το πώς Κάνουμε Πράγματα. ”

¹⁴ Δημητριάδης Α. ‘Διοίκηση – Διαχείριση Έργου’, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Έκδοση 4η 2009.

- Ποιότητα: Εντός του επιθυμητού αποτελέσματος



Εικόνα 1. Σχήμα τριγώνου ισορροπίας

Οι παραπάνω δείκτες αλληλοεπηρεάζονται μεταξύ τους γιατί η τήρηση του ενός δείκτη μπορεί να οδηγήσει στην επιβάρυνση του άλλου. Για παράδειγμα, η επίτευξη της επιθυμητής ποιότητας μπορεί να οδηγήσει στην επιβάρυνση του κόστους του έργου κ αντίστροφα. Άλλο παράδειγμα είναι η επίτευξη του χρονοδιαγράμματος να οδηγήσει σε επιπλέον κόστος. Για αυτό το λόγο μπαίνει και ένας τρίτος παράγοντας το αντικείμενο (score) με το οποίο καταστρώνεται μια λύση όπου κάθε δείκτης περιέχει ένα εύρος τιμών. Δηλαδή γίνεται αποδεκτό ότι στο τέλος του έργου, με βασικό στόχο την ολοκλήρωσή του, οι δείκτες επιτρέπεται να βρίσκονται εντός μιας συγκεκριμένης απόκλισης προκειμένου να παραχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Άλλος τρόπος είναι να θεωρηθεί ένας δείκτης αμετάβλητος και οι υπόλοιποι δείκτες να είναι εξαρτημένες μεταβλητές του πρώτου. Για παράδειγμα, αν σε ένα έργο υπάρχει συγκεκριμένο κεφάλαιο χωρίς δυνατότητες υπέρβασής του, τότε ο χρόνος και η ποιότητα θα εξαρτηθούν από το πώς θα δαπανηθεί αυτό το ποσό.

Τελευταίος τρόπος είναι ένας συνδυασμός των δύο παραπάνω όπου θα καθορίζεται μια χρυσή τομή ανάμεσα στους 3 δείκτες. Δηλαδή κατά την ολοκλήρωση του έργου η τομή αυτή θα βρίσκεται¹⁵ :

- Πιο κοντά εντός των χρονικών ορίων.
- Πιο κοντά εντός του κεφαλαίου.
- Πιο κοντά εντός της επιθυμητής ποιότητας

Από τα παραπάνω διαπιστώνουμε ότι ένα έργο περιγράφεται από αβεβαιότητα σε μεγάλο βαθμό και ότι ο προγραμματισμός του είναι δύσκολη και περίπλοκη διαδικασία προκειμένου να υλοποιηθούν με τα επιθυμητά αποτελέσματα. Ο στόχος επομένως, είναι η ικανοποίηση αυτών των προσδοκιών. Η μέθοδος για την επίτευξη αυτού του στόχου είναι το αντικείμενο της Διαχείρισης έργου.

Με τις παραπάνω προσδοκίες λοιπόν, δημιουργήθηκαν ορισμένες δεξιότητες πάνω στη διαχείριση έργου που χρησιμοποιούνται από ενώσεις μηχανικών που ονομάζονται Κορμοί Γνώσεων.

Γνωστοί κορμοί γνώσεων¹⁶ :

- Κορμός Ένωσης Αμερικής.
- Κορμός Ένωσης Μεγάλης Βρετανίας.
- Κορμός Ένωσης Διεθνών διαχειριστών

Όπως προαναφέραμε αυτοί οι Κορμοί χρησιμοποιούν συγκεκριμένες δεξιότητες. Αυτές οι δεξιότητες χωρίζονται σε 9 γνωστικές περιοχές οι οποίες είναι¹⁷ :

¹⁵ Πληροφοριακά συστήματα στη Διαχείριση τεχνικών έργων Τόμος Β' Οδυσσέα Μανωλιάδη, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα 2003.

¹⁶ Joseph Phillips (2003). PMP Project Management Professional Study Guide. McGraw-Hill Professional, 2003.

- Περιοχή Ολοκλήρωσης του έργου.
- Περιοχή Φυσικού Αντικειμένου του έργου.
- Περιοχή Χρονοδιαγράμματος του έργου.
- Περιοχή Κόστους του έργου.
- Περιοχή Ποιότητας του έργου.
- Περιοχή Ανθρώπινων Πόρων του έργου.
- Περιοχή Επικοινωνιών του έργου.
- Περιοχή Κινδύνων του έργου.
- Περιοχή Προμηθειών του έργου.
- Περιοχή Ασφάλειας του έργου.
- Περιοχή Περιβαλλοντολογικών Επιπτώσεων του έργου.
- Περιοχή Οικονομικών του έργου.
- Περιοχή Απαιτήσεων του έργου.

Οι τελευταίες 4 περιοχές εστιάζουν κατά κύριο λόγο στα κατασκευαστικά έργα. Μέσα σε αυτές τις περιοχές εκτελούνται διεργασίες οι οποίες συγκεντρώνονται σε 5 κατηγορίες διεργασιών:

- Έναρξη του έργου.

¹⁷ Δημητριάδης Α. 'Διοίκηση – Διαχείριση Έργου', Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Έκδοση 4η 2009.

- Προγραμματισμός του έργου .
- Εκτέλεση του έργου.
- Έλεγχος του έργου.
- Κλείσιμο του έργου.

1.6. Ανάπτυξη τεχνικών διαχείριση έργου

Η ιστορία της ανάπτυξης τεχνικών προγραμματισμού και διαχείρισης έργων ξεκίνησε με την δημιουργία του γραμμικού διαγράμματος γνωστό ως διάγραμμα Grantt. Η μέθοδος της σχεδίασης τέτοιων διαγραμμάτων εφαρμόστηκε από τον Henry Gantt στον πρώτο παγκόσμιο πόλεμο ως μέσο εποπτείας ώστε τα ναυπηγικά έργα να προγραμματίζονται και να ελέγχονται αποτελεσματικότερα. Απόρροια του καταλυτικού ρόλου που διαδραμάτισε ο Henry Gantt στο προγραμματισμού έργου ήταν τα διαγράμματα αυτά να φέρουν το όνομα του .

Οι πλείστες τεχνικές για την διαχείριση ενός έργου οι οποίες εφαρμόζονται στην σημερινή εποχή εφευρέθηκαν και σχεδιάστηκαν στο μεσοδιάστημα του 1950 και 1970 από τα ερευνητικά κέντρα του υπουργείου άμυνας των ΗΠΑ και της ΝΑΣΑ. Η μέθοδος PERT (Program Evaluation and Review Technique), η τεχνική διαχειρισμού στοιχειοθέτησης (configuration management) και η τεχνική WBS (Work Breakdown Structure) αποτελούν τις πιο διαδεδομένες τεχνικές που αναπτύχθηκαν από τα κέντρα αυτά. Παράλληλα στον κατασκευαστικό τομέα όπου η πίεση για την σωστή οργάνωση και διαχείριση ενός έργου καθίσταται κύριος παράγοντας για την ομαλή διεξαγωγή του, αναπτύχθηκαν τεχνικές διαγραμμάτων δικτύου. Οι πιο γνωστές είναι η τεχνική CPM (Critical Path Method) και η PDM (Precedence Diagram Method)¹⁸ .

Έως τις αρχές του 1950 τα έργα διεκπεραιώνονταν από επιχειρήσεις οι οποίες είχαν βασικό χαρακτηριστικό την δομική οργάνωση τους με τον κλασσικό ιεραρχικό τρόπο. Με τον τρόπο αυτό το η εκτέλεση ενός έργου χωριζόταν σε τμήματα και κάθε τμήμα του περνούσε από τον ένα τομέα στον επόμενο. Με την πάροδο του χρόνου τα έργα άρχισαν να εξελίσσονται σε όλο και πολυπλοκότερα ιδιαίτερα αυτά που αφορούσαν τις διαστημικές αποστολές. Το γεγονός αυτό καθιστούσε την μη αθέτηση του προϋπολογισμού και της καθορισμένης χρονικής περάτωσης των έργων ιδιαίτερα κρίσιμη για την επιτυχή έκβαση τους¹⁹. Η ανάγκη για συνεργασία

¹⁸ David I. Cleland, Roland Gareis (2006). Global Project Management Handbook. McGraw-Hill Professional, 2006.

¹⁹ B. Ralph Stauber, H. M. Douty, Willard Fazar, Richard H. Jordan, William Weinfeld and Allen D. Manvel. Federal Statistical Activities. The American Statistician 13 (2): 9-12 (Apr., 1959).

διαφορετικών ειδικοτήτων μιας επιχείρησης ή ακόμα και η συνεργασία διαφορετικών εταιρειών γινότανε όλο και πιο επιτακτική. Η κατάληξη αυτού αποτέλεσε την αιτία δημιουργίας των εγωκεντρικών δομών οργάνωσης των επιχειρήσεων.

Συνοπτικά τα πιο σημαντικά γεγονότα τους συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος αποτελούν¹⁹ :

- 1950-1960 Αναπτύσσονται οι τεχνικές Pert και Cpm.
- 1961 Η ΝΑΣΑ μελέτα τις δομές οργάνωσης πινάκων οι οποίες αναφέρονται στο δίκτυο ενός έργου.
- 1963 Η ΝΑΣΑ εφαρμόζει τις τεχνικές PERT οι οποίες ελέγχουν το κόστος και την τεχνική WBS.
- 1964 Στο αγγλικό έργο Polaris εφαρμόστηκαν για πρώτη φορά οι προαναφερθείσες τεχνικές προγραμματισμού.
- 1964 Η ΝΑΣΑ αναπτύσσει την τεχνική στοιχειοθέτησης η οποία αποτελεί ένα σύνολο διεργασιών διοίκησης, η οποία φέρει ως στόχο τον προσδιορισμό και την τεκμηρίωση των υλικών και λειτουργικών ιδιοτήτων των συστημάτων, καθώς και ο έλεγχος των αλλαγών αυτών.
- 1966 Πλήθος έργων χρησιμοποιούν τις νέες μεθόδους προγραμματισμού έργου.
- 1969 Ίδρυση του Ινστιτούτου διαχείρισης έργου (PMI).

1.7. Λογισμικά διαχείρισης έργου

Η ραγδαία εξέλιξη του τεχνολογικού τομέα την δεκαετία του 80 επέφερε την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών γραφείου καθώς και την σχεδίαση κατάλληλων λογισμικών ώστε ο χρήστης μέσα από ένα φιλικότερο και εύχρηστο περιβάλλον να μπορεί να υλοποιεί τις εργασίες του. Το γεγονός αυτό βελτίωσε κατακόρυφα την παραγωγικότητα των επιχειρήσεων καθώς αναπτύχθηκαν εφαρμογές για τον προγραμματισμό και την διαχείριση ενός έργου, οι οποίες εκμεταλλεύονταν στο έπακρο την νέα δυναμική των υπολογιστών ²⁰. Το έτος 1983 αναπτύχθηκε το λογισμικό πρόγραμμα για την διαχείριση έργου το Harvard Project Manager.

Το έτος 1968 το PMI παρουσίασε το πρώτο βιβλίο το οποίο εμπεριείχε τις βασικές γνώσεις που απαιτούνταν για το προγραμματισμό ενός έργου (PmBook). Σκοπός του εγχειρήματος αυτού συνιστούσε η παρουσίαση του προγραμματισμού και της διαχείρισης ενός έργου ως ένα οργανωμένο και αναπτυσσόμενο επιστημονικό πεδίο με έντονο ερευνητικό περιεχόμενο. Μέχρι αυτό το σημείο η διαχείριση έργου αποτελούσε μια απλή εφαρμογή διάφορων τεχνικών και μεθόδων ²¹.

Σύμφωνα λοιπόν με τα ιστορικά δεδομένα πρώτα αναπτύχθηκαν οι μέθοδοι διαχείρισης έργου και έπειτα σχεδιάστηκαν τα κατάλληλα προγράμματα για υπολογιστές τα οποία τις εφάρμοσαν, αυτοματοποιώντας με τον τρόπο αυτό την διαδικασία του προγραμματισμού ενός έργου. Στις μέρες μας οι απεριόριστες δυνατότητες των σύγχρονων υπολογιστικών συστημάτων διαδραματίζουν κυρίαρχο ρόλο στις εξελίξεις των μεθόδων διαχείρισης έργου. Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικότερα λογισμικά προγραμματισμού έργων ²⁰:

- Timeline από την Symantic.

²⁰ Tom Kendrick. The Project Management Tool Kit: 100 Tips and Techniques for Getting the Job Done Right, Third Edition. AMACOM Books, 2013.

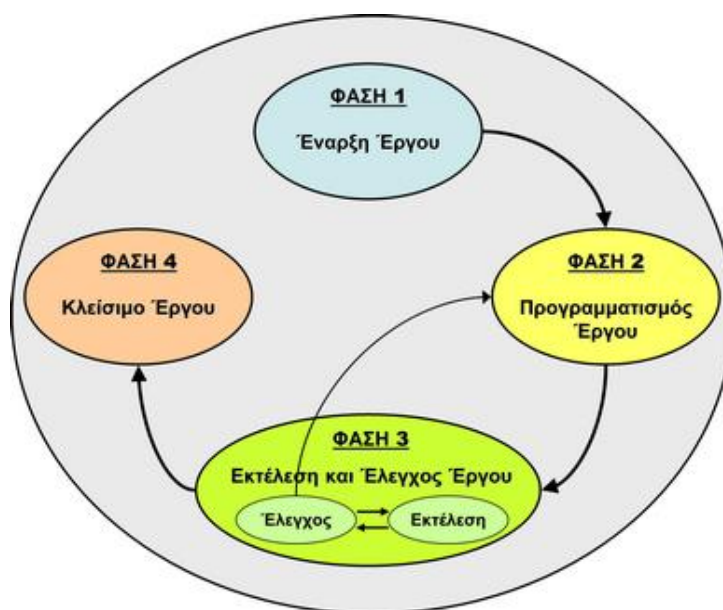
²¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Project_management. Ημερομηνία ανάκτησης: 17 Μαρτίου 2016.

- Instaplan από την Instaplan.
- Project Scheduler από την Scitor.
- Mac Project από την Clavis.
- FlowCharting από την Patton& Patton.
- Project Management από την Primavera Systems.
- Project από την Microsoft.

Κεφάλαιο 2^ο. Δομή και Οργάνωση Έργου

2.1. Φάσεις έργου

Το έργο διαχωρίζεται σε Φάσεις (Phases), διαδικασίες (Activities) ή και σε υπορουτίνες διαδικασιών για την ομαλή διεκπεραίωση του. Ορισμένες διαδικασίες δύναται να υλοποιούνται παράλληλα για την ταχύτερη πραγματοποίηση του έργου. Ο κύκλος ζωής Έργου αφορά μια λογική ακολουθία διαδικασιών για την επιτυχημένη υλοποίηση των στόχων του έργου. Ανεξάρτητα από το πόσο δύσκολο και σύνθετο είναι ένα έργο, απαρτίζεται από μια ακολουθία φάσεων κατά την διάρκεια της ζωής του. Οι φάσεις αυτές χωρίζονται σε 4 κύριες κατηγορίες οι οποίες διαφαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα²²:



Εικόνα 4. Φάσεις ενός έργου

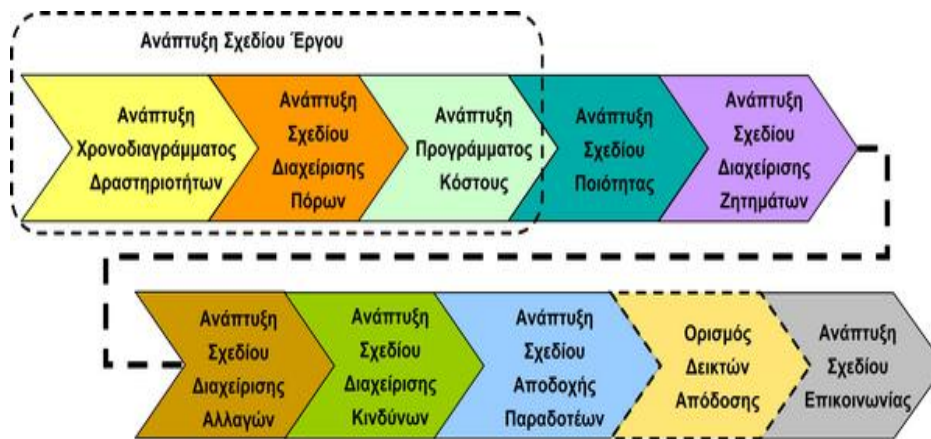
Πηγή: www.publicprocurementguides.treasury.gov.cy. Ημερομηνία ανάκτησης: 18 Μαρτίου 2016.

²² Κυπριακή Δημοκρατία, Γενικό Λογιστήριο της Δημοκρατίας, Διεύθυνση Δημοσίων Συμβάσεων [online]. Διεύθυνση: <http://www.publicprocurementguides.treasury.gov.cy> Ημερομηνία ανάκτησης: 18 Μαρτίου 2016

Φάση 1 Έναρξη έργου. Κατά την διάρκεια της φάσης αυτής συλλαμβάνεται κάποια ιδέα για την αντιμετώπιση και επίλυση ενός προβλήματος ή για την εκμετάλλευση κάποιας ευκαιρίας και εν συνεχεία συντάσσεται η έκθεση της μελέτης για την επιχειρησιακή σκοπιμότητα του έργου. Παράλληλα με την σύνταξη της εν λόγω έκθεσης, συντάσσονται η μελέτη για την ανάλυση κόστους-οφέλους καθώς και εκθέσεις για την διερεύνηση εναλλακτικών προτάσεων για την αντιμετώπιση δυσκολιών. Συνέπεια της διαδικασίας αυτής αποτελεί η προώθηση μιας τελικής καθολικά αποδεχόμενης λύσης. Έπειτα από την έγκριση της πρότασης αναλαμβάνουν δράση ο υπεύθυνος συντονιστής και το επιτελικό στέλεχος η οποίοι εκπονούν το δελτίο ελέγχου, που εμπεριέχει το στόχο, τις διαδικασίες που απαιτούνται, την δομή, τους χρονικούς και οικονομικούς περιορισμούς, τους κινδύνους για το Έργο. Εφόσον εγκριθεί το δελτίο αυτό αναλαμβάνουν τα άλλα άτομα της ομάδας διαχείρισης έργου.

Φάση 2. Προγραμματισμός έργου. Στην φάση αυτή περιλαμβάνεται ο προγραμματισμός όλων των συνιστωσών του Έργου με σκοπό την προετοιμασία όλων των δραστηριοτήτων που απαιτούνται για την ομαλή περάτωση του. Τα στάδια τα οποία ακολουθούνται κατά την εκτέλεση της φάσης αυτής παρουσιάζονται συνοπτικά ακολούθως:

- Χρονικός προγραμματισμός, καθορισμός των χρονικών ορίων όλων των διαδικασιών που πρέπει να γίνουν για την επίτευξη του τελικού αποτελέσματος.
- Πλάνο για την διαχείριση των διαθέσιμων πόρων όπως υλικά, μηχανήματα που κρίνονται αναγκαία για κάθε φάση της υλοποίησης.
- Πλάνο αντιμετώπισης πιθανών κινδύνων.
- Προσδιορισμός των οικονομικών πόρων που χρειάζεται το Έργο.
- Πλάνο για την εξασφάλιση της ποιότητας του τελικού αποτελέσματος.

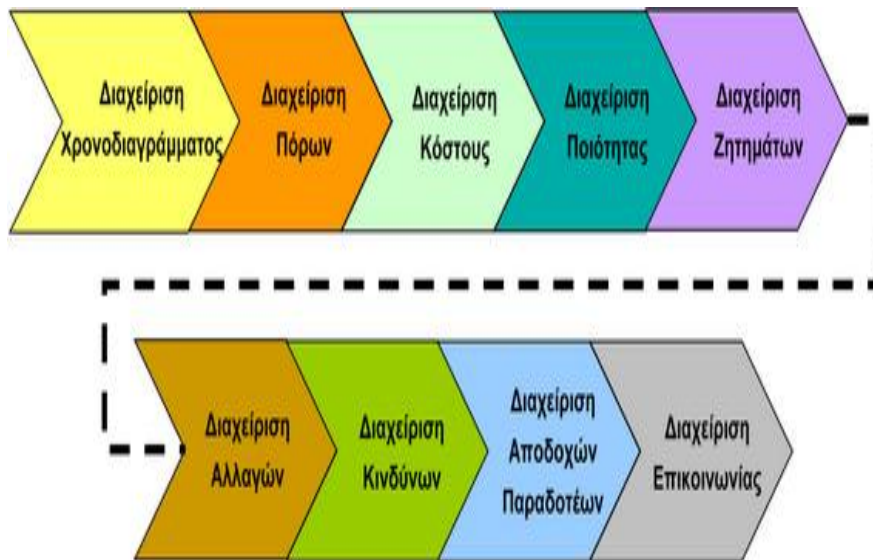


Εικόνα 5. Διαδικασίες κατά την φάση 2 ενός έργου

Πηγή: www.publicprocurementguides.treasury.gov.cy. Ημερομηνία ανάκτησης: 18 Μαρτίου 2016.

Επιπλέον, κατά την διάρκεια της εν λόγω φάσης προσδιορίζονται οι Δείκτες Απόδοσης των οποίων η χρήση θα επέλθει σε επερχόμενο στάδιο για την έλεγχο της προόδου περάτωσης του Έργου και την εκτίμηση της απόδοσής του με βάση τους καθορισμένους στόχους και επιδιώξεις.

Φάση 3: Εκτέλεση και Έλεγχος Έργου. Στην φάση αυτή εκτελούνται διαδικασίες και εργασίες οι οποίες καθορίζονται από το χρονικό προγραμματισμό του Έργου. Κατά την διεκπεραίωση των απαραίτητων διαδικασιών και εργασιών παράλληλα γίνεται μία ακολουθία από διαδικασίες διαχείρισης για την εποπτεία και τον έλεγχο των ακόλουθων: χρόνου, πόρων, κόστους, κινδύνων, ποιότητας, ζητημάτων, αλλαγών, διαδικασίας αποδοχής παραδοτέων, επικοινωνίας, κλπ. Ο Φορέας Υλοποίησης ευθύνεται αποκλειστικά για την υλοποίηση του τελικού αποτελέσματος του Έργου.



Εικόνα 6. Διαδικασίες κατά την Φάση 3

Πηγή: www.publicprocurementguides.treasury.gov.cy. Ημερομηνία ανάκτησης: 18 Μαρτίου 2016.

Φάση 4 κλείσιμο έργου. Η φάση αυτή εμπεριέχει όλες τις ενέργειες και τις διαδικασίες για την διασφάλιση και το σωστό «κλείσιμο» της σύμβασης. Επίσης, περιλαμβάνει την αξιολόγηση των διαδικασιών που χρησιμοποιήθηκαν στο Έργο και των αποτελεσμάτων που επιτεύχθηκαν.



Εικόνα 7. Διαδικασίες κατά την Φάση 4

Πηγή: www.publicprocurementguides.treasury.gov.cy. Ημερομηνία ανάκτησης: 18 Μαρτίου 2016.



Εικόνα 8. Αναπαράσταση Κύκλου Ζωής Έργου

Πηγή: [Α. Δημητριάδης 2009]

2.2. Δομική Ανάλυση Έργου

Ένας εύκολος τρόπος να αντιμετωπίσουμε μεγάλο φόρτο εργασίας είναι να την αναλύσουμε σε μικρότερα κομμάτια τα οποία τα διαχωρίζουμε με δραστηριότητες και μετά τα συγκεντρώνουμε σε πακέτα μικρότερων εργασιών. Αυτή η τακτική ονομάζεται δομική ανάλυση έργου (work breakdown structure WBS). Η κάθε δραστηριότητα από αυτές που προαναφέραμε, αντιπροσωπεύουν μια συγκεκριμένη εργασία ²³. Η ανάλυση αυτή, φέρει ως αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση της πολυπλοκότητας του αρχικού φόρτου, και αυξάνει τις πιθανότητες για επιτυχές και επιθυμητό αποτέλεσμα κατά την ολοκλήρωση του έργου.

Η γένεση αυτής της λογικής ανάλυσης της εργασίας αναπτύχθηκε στις αρχές του 1960, με ραγδαία εξέλιξη κατά τα τέλη του 1960 όπου και εδραιώθηκε ως αναντικατάστατο βοήθημα στην εργαλειοθήκη του μηχανικού²⁴. Αυτός ο κλάδος της επιστήμης βοήθησε σε τεράστιο βαθμό τους επιστήμονες στην ερευνά τους σε διεθνή προγράμματα που αφορούν την υγεία και άλλους τομείς.

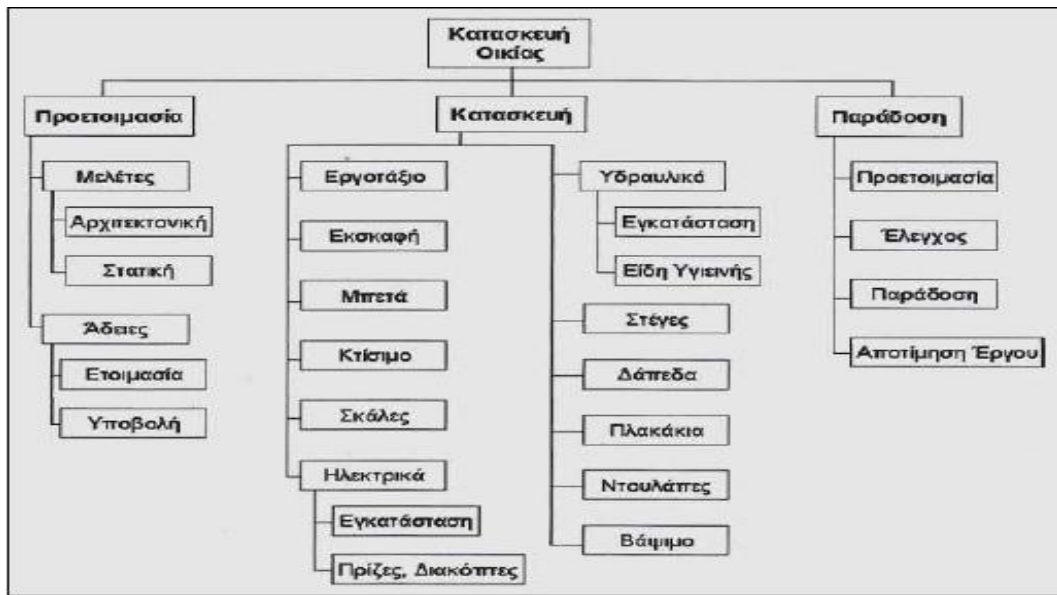
Η παρουσίαση μιας δομικής ανάλυσης, γίνεται με δυο τρόπους ²⁵:

- Διάγραμμα ανάλυσης σε μορφή δένδρου:

²³ Martin Stevens (2002). Project Management Pathways. Association for Project Management. APM Publishing Limited, 2002.

²⁴ Δημητριάδης Α. 'Διοίκηση – Διαχείριση Έργου', Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Έκδοση 4η 2009.

²⁵ Βιθυνός Γ. PMP 'Τα εργαλεία του Project Management: Δομή ανάλυσης εργασιών WBS' 'Critical Path Consulting and Training' Μάιος 2009.



Εικόνα 9. Διάγραμμα δομικής ανάλυσης ενός κατασκευαστικού έργου

Πηγή: [Βυθινός Γ. Μάιος 2009]

- Πίνακας ιεραρχικής στοίχισης:

Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 4	Επίπεδο 5	
Project A	Deliverable A.1	Component A.1.1	WP A.1.1.1		
			WP A.1.1.2		
		WP A.1.2			
	Deliverable A.2	WP A.1.3			
		WP A.2.1			
		WP A.2.2			
		WP A.2.3			
	Deliverable A.3	Component A.3.1	WP A.2.4		
			WP A.3.1.1		
		WP A.3.1.2			
		Component A.3.2	WP A.3.2.1		
			Component A.3.2.2	WP A.3.2.2.1	WP A.3.2.2.2
	Deliverable A.4	Component A.4.1	WP A.4.1.1		
			WP A.4.1.2		
		WP A.4.2			
	WP A.4.3				

Εικόνα 10. Πίνακας δομικής ανάλυσης έργου

Πηγή: [Βυθινός Γ. Μάιος 2009]

Πολλές φορές στην ιεραρχική στοίχιση χρησιμοποιούμε ένα ξεχωριστό λεξικό, το λεξικό WBS στο οποίο περιγράφονται με λεπτομέρειες οι δραστηριότητες του κάθε πακέτου εργασίας. Το λεξικό αυτό συντάσσεται σε ξεχωριστό πίνακα. Από τις δύο μορφές αναπαράστασης των υπό εργασιών ενός έργου συνηθίζεται να χρησιμοποιείται η πρώτη από τις δυο (μορφή δένδρου), και αυτό οφείλεται στο λεξικό WBS, καθώς είναι πιο περίπλοκη η σύνταξη του λεξικού αυτού.

Όπως είδαμε η ανάλυση του έργου γίνεται σε επίπεδα. Συνήθως η ανάλυση αυτή ολοκληρώνεται με 3 ή 4 επίπεδα δομής και είναι αρκετά ικανοποιητικό για το επιθυμητό αποτέλεσμα. Υπάρχουν όμως περιπτώσεις όπου οι ανάγκες του έργου, μας υποχρεώνουν σε περαιτέρω ανάλυση. Αν προσθέσουμε περισσότερα επίπεδα τότε η πολυπλοκότητα της ανάλυσης ανεβαίνει και είναι δύσκολη στο χειρισμό της καθώς ξεφεύγει από τα συνηθισμένα πρότυπα. Υπάρχουν κάποιοι συντελεστές, των οποίων η βαρύτητα (σε κάθε έργο) καθορίζει τον αριθμό των επιπέδων ανάλυσης και δομής και αυτοί είναι ²⁶:

- Συντελεστής λεπτομερούς ανάλυσης.
- Συντελεστής κινδύνου και ρίσκου.
- Συντελεστής ελέγχου.
- Συντελεστής ακρίβειας εκτιμήσεων.
- Συντελεστής κόστους υπό εργασιών.
- Συντελεστής εργατοωρών που απαιτούνται για την επιθυμητή ολοκλήρωση του έργου.

Αν λοιπόν τα επίπεδα δομής που απαιτούνται, είναι πάνω από τέσσερα τότε πρέπει να εφαρμοσθεί άλλη τακτική. Θεωρούμε εξαρχής ότι έχουμε 2 έργα, δηλαδή χωρίζουμε

²⁶ Βιθυνός Γ. PMP 'Τα εργαλεία του Project Management: Δομή ανάλυσης εργασιών WBS' 'Critical Path Consulting and Training' Μάιος 2009.

το αρχικό μας σε 2 κατηγορίες. Για παράδειγμα, αν ένας μηχανικός αναλάβει ένα περίπλοκο κατασκευαστικό έργο τότε θα πρέπει να την μοιράσει σε πολλούς εργολάβους ανάλογα με τις τεχνογνωσίες τους και τα προσόντα τους. Τα κριτήρια κατηγοριοποίησης ενός έργου σε μικρότερα πακέτα μπορεί να είναι οικονομικά, ανθρώπινου δυναμικού, τεχνικής κατάρτισης ή με βάση τον διαθέσιμο χρόνο.

Η Δομική ανάλυση έργου έχει πολλά πλεονεκτήματα. Ένα από τα μεγαλύτερα είναι ότι προσφέρει μοναδικούς κωδικούς για τις δραστηριότητες και τα πακέτα εργασίας. Η κωδικοποίηση ή αρίθμηση αυτή χρησιμοποιείται για την σύνδεση με την αποθήκη, το λογιστήριο, και άλλα. Υπάρχουν λογισμικά κατάλληλα για αυτή την εργασία που λέγονται (ERP). Το σύστημα κωδικοποίησης μπορεί να είναι αλφαβητικό, αριθμητικό ή αλφαριθμητικό. Όλα τα έργα έχουν όνομα²⁷. Για παράδειγμα, έργα κατασκευής πλοίων φέρουν το όνομα του πλοίου. Ακόμη ερευνητικά προγράμματα φέρουν σύμπτυξη κάποιου ονόματος, ώστε να είναι εύκολη η απομνημόνευσή τους.

²⁷ Δημητριάδης Α. 'Διοίκηση – Διαχείριση Έργου', Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Έκδοση 4η 2009

2.3. Οργάνωση Έργου

2.3.1. Εισαγωγή

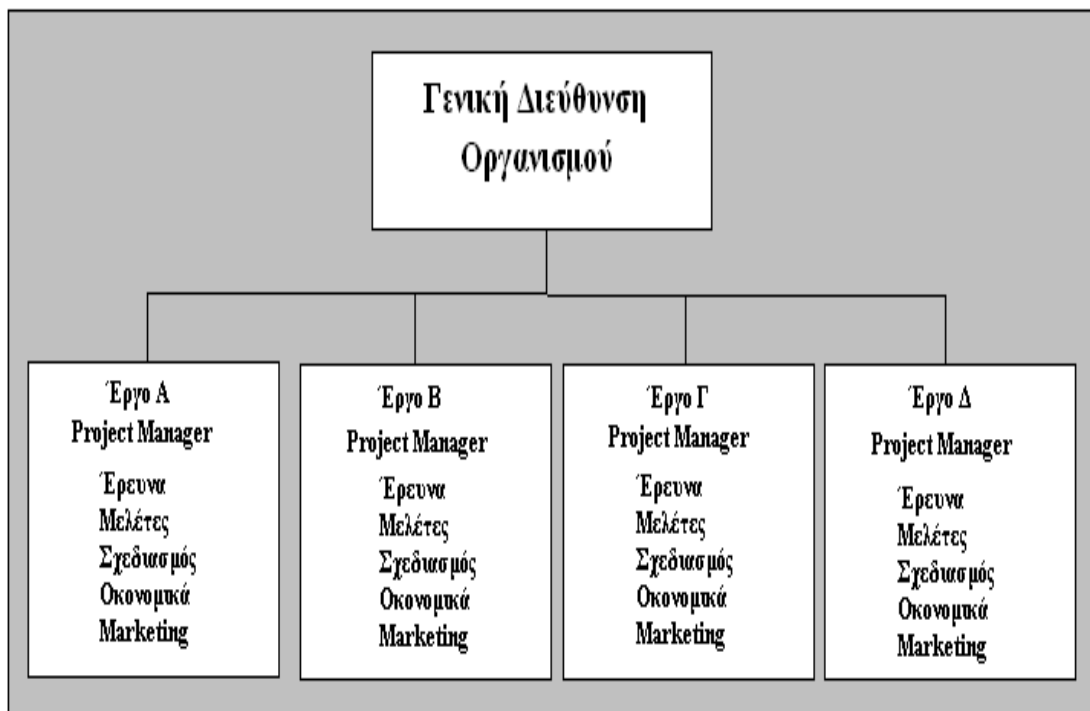
Κατά την διάρκεια περάτωσης του έργου υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες οργανωτικών δομών τις οποίες ακολουθούν οι επιχειρήσεις. Σημαντικό στάδιο της, εκτέλεσης του έργου αποτελεί η κατάληξη της διοίκησης για το ποια οργανωτική δομή θα εφαρμοστεί. Οι οργανωτικές δομές είναι οι “Pure project”, “Functional project” και “Matrix project”. Ανεξάρτητα από το ποια δομή θα επιλέξει η εταιρεία ο ρόλος του project manager (ο οποίος φέρει την ευθύνη υλοποίησης του έργου) καθίσταται σημαντικός για την επιτυχή υλοποίησή του έργου ²⁸.

2.3.2. Οργάνωση Pure Project

Το πλείστο μέρος του ανθρώπινου δυναμικού της επιχείρησης διαχωρίζεται σε ομάδες, καθεμία από αυτές αναλαμβάνει κάποιο κομμάτι της διαδικασίας υλοποίησης του έργου ή μια υποκατηγορία παρόμοιων έργων. Κάθε ομάδα αποτελεί μια μικρογραφία της επιχείρησης, δεδομένου ότι μαζεύει όλο το απαραίτητο δυναμικό για την ολική διεκπεραίωση του τμήματος του έργου, το οποίο έχει αναλάβει. Κάθε ομάδα φέρει την ευθύνη για την περάτωση του έργου και με την ολοκλήρωση του θα αναλάβει το επόμενο project. Τον διευθυντή κάθε ομάδας αποτελεί ο Project Manager οποίος ασκεί την μεγαλύτερη επιρροή στην κάθε ομάδα. Ο ρόλος που διαδραματίζει στην λειτουργία του έργου στο έργο είναι παραπλήσιος με εκείνον του γενικού διευθυντή της επιχείρησης ²⁸.

²⁸ Δημητριάδης Α. ‘Διοίκηση – Διαχείριση Έργου’, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Έκδοση 4η 2009

Σεραφείμ Πολύζος ‘Διοίκηση και Διαχείριση των Έργων – Μέθοδοι και Τεχνικές’ Εκδόσεις Κριτική 1η έκδοση Οκτώβριος 2004.



Εικόνα 11. Οργάνωση κατά Έργο

Πηγή: [Α. Δημητριάδης 2009]

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα της εν λόγω δομής είναι ²⁹:

- Τα άτομα που απαρτίζουν κάθε ομάδα απευθύνονται στον εκάστοτε επικεφαλής της ομάδας, με αποτέλεσμα η επικοινωνία να καθίσταται πιο άμεση και να περιορίζεται σημαντικά ο χρόνος που απαιτείται για να παρθούν κρίσιμες αποφάσεις.
- Κάθε ομάδα φέρει τον δικό της χαρακτήρα με συνέπεια το επίπεδο επικοινωνίας και εξειδίκευσης να είναι ιδιαίτερα υψηλό γεγονός που έχει θετικό αντίκτυπο στην παραγωγικότητα της ομάδας.
- Η εμπειρία που αποκτά κάθε ομάδα μέσω της αλληλεπίδρασης των μελών της της παρέχει την δυνατότητα ταυτόχρονης αντιμετώπισης παρόμοιων έργων που μπορεί να προκύψουν.

²⁹ Σεραφείμ Πολύζος 'Διοίκηση και Διαχείριση των Έργων – Μέθοδοι και Τεχνικές' Εκδόσεις Κριτική 1η έκδοση Οκτώβριος 2004.

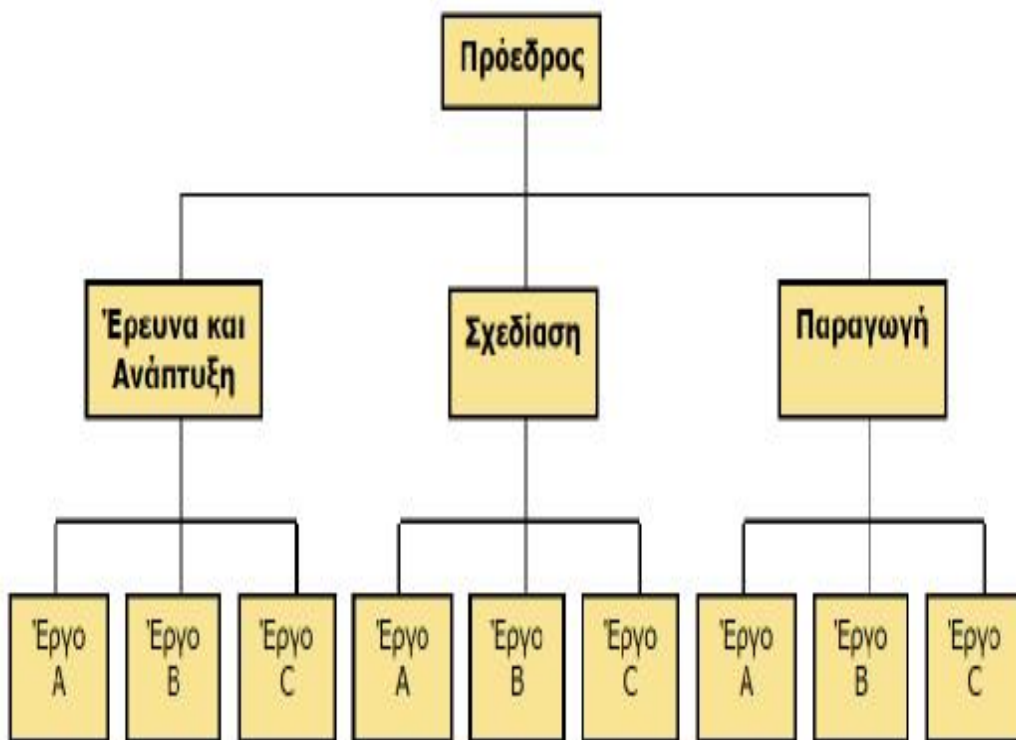
Τα βασικότερα μειονεκτήματα της εν λόγω δομής είναι ³⁰:

- Περιορισμός διαθέσιμων πόρων καθώς πραγματοποιείται πολλαπλή χρήση αυτών για την ικανοποίηση των αναγκών κάθε ομάδας.
- Η εμπειρία και η εξειδίκευση που αποκτά κάθε ομάδα εγκλωβίζεται εντός της και δεν διαμοιράζεται και στα άλλα τμήματα.
- Στα μέλη της ομάδας δημιουργείται μια ανησυχία για το μέλλον των μελών της έπειτα από την ολοκλήρωση ενός έργου.

2.3.3. Functional Project

Στην **Οργάνωση κατά Λειτουργία** ³⁰, η διάρθρωση του οργανισμού κατευθύνεται στη λειτουργία των κλασσικών καταστάσεων του (ανθρώπινο δυναμικό, οικονομικά, παραγωγή, εφοδιασμοί κτλ..) και ο οργανισμός οργανώνεται σε τμήματα ανάλογα με τις λειτουργίες του, όπως στο σχήμα.

³⁰ Σεραφείμ Πολύζος 'Διοίκηση και Διαχείριση των Έργων – Μέθοδοι και Τεχνικές' Εκδόσεις Κριτική 1η έκδοση Οκτώβριος 2004.



Εικόνα 12. Οργάνωση κατά λειτουργία

Πηγή: [Α. Δημητριάδης 2009]

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα της functional δομής είναι ³¹:

- Ένα στέλεχος μπορεί να εργασθεί σε πολλά έργα.
- Η γνώση και κατάρτιση αποτυπώνεται στο σύνολο των εργαζόμενων ακόμη και μετά την αποχώρηση κάποιων ατόμων από την ομάδα.
- Οι συμμετέχοντες παραμένουν στη θέση τους κατά την ολοκλήρωση του εγχειρήματος.
- Από την εμπειρία που θα αποκτήσουν κάποιοι θα μπορέσουν να καταρτιστούν για ειδικά πεδία εφαρμογών.
- Ύπαρξη κάθετης επικοινωνίας.

³¹ Δημητριάδης Α. 'Διοίκηση – Διαχείριση Έργου', Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Έκδοση 4η 2009

Τα βασικότερα Μειονεκτήματα της εν λόγω δομής είναι ³²:

- Περιορισμένος ζήλος και αφοσίωση των μελών.
- Πλευρές του έργου, που δεν έχουν σχέση με το τμήμα, δεν τους δίνεται η κατάλληλη προσοχή.
- Οι επιθυμίες του πελάτη δεν θεωρούνται Σημαντικές ή ικανοποιούνται με πολύ αργό ρυθμό.

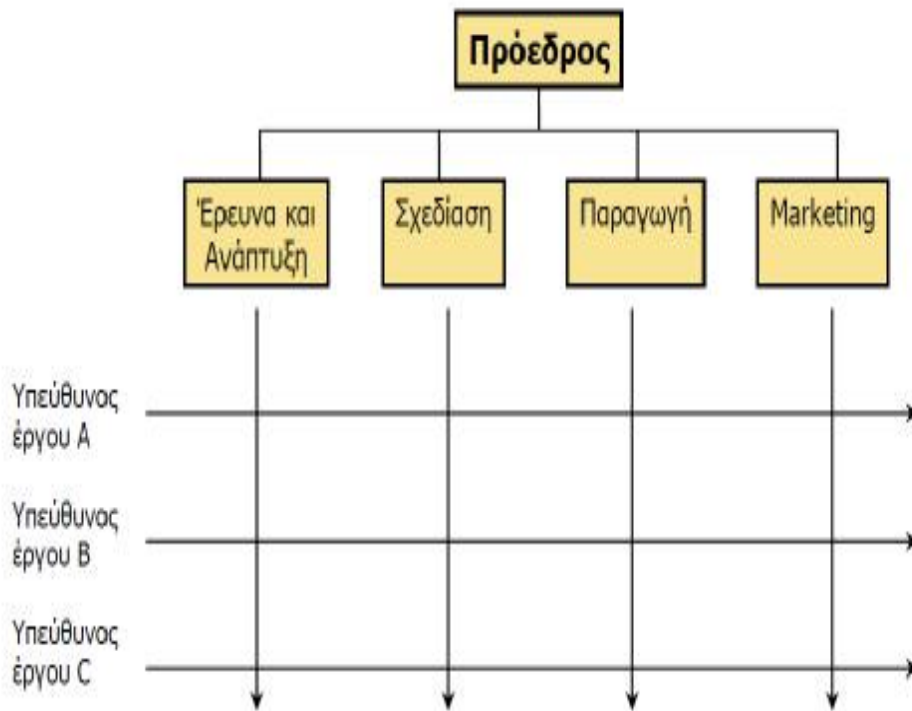
2.3.4. Matrix Organization

Η **Οργάνωση κατά Πίνακα** ³², περιγράφει την συνένωση των δύο προαναφερόμενων τύπων οργάνωσης. Η εταιρία είναι οργανωμένη κατά λειτουργία, αλλά στην αφετηρία του έργου η ομάδα οργανώνεται με οργάνωση κατά έργο, με την χρήση εργαζομένων από άλλα τμήματα στα οποία κατέχουν μόνιμη θέση, και κατά την ολοκλήρωση του έργου στέλνονται πάλι πίσω στα τμήματα τα οποία ανήκουν. Οι εργαζόμενοι της κάθε ομάδας έχουν παραπάνω από ένα προϊστάμενο, οι οποίοι είναι ο Project Manager του έργου, και οι Functional Managers οι οποίοι αποτελούν τους προϊσταμένους των εργαζομένων από τα βασικά τμήματα εργασίας τους.

Υπάρχουν τρεις κατηγορίες αυτής της οργάνωσης ανάλογα με την φύση της εργασίας του προσωπικού και το βαθμό εξουσίας του Project Manager σε σχέση με τους υπόλοιπους προϊσταμένους:

- Η δημιουργία ασθενούς Πίνακα
- Η δημιουργία Ισοροπημένου Πίνακα
- Η δημιουργία ισχυρού Πίνακα

³² Δημητριάδης Α. 'Διοίκηση – Διαχείριση Έργου', Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Έκδοση 4η 2009



Εικόνα 13. Οργάνωση κατά πίνακα

Πηγή: [Α. Δημητριάδης, 2009]

Τα βασικότερα **πλεονεκτήματα** της εν λόγω δομής είναι³³ :

- Ο Project Manager έχει τον απόλυτο έλεγχο.
- Γρήγορη συνεργασία των εμπλεκομένων στις απαιτήσεις του project.
- Μεγαλύτερη απασχόληση εργαζομένων.
- Ο αριθμός των ατόμων που δουλεύουν στο έργο δεν είναι σταθερός και επηρεάζεται από τις ανάγκες του.
- Η μετακίνηση προσωπικού από έργο σε έργο κάνει αποδοτικότερη την υλοποίηση πολλών έργων ταυτόχρονα.

³³ Δημητριάδης Α. 'Διοίκηση – Διαχείριση Έργου', Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Έκδοση 4η 2009

Τα βασικότερα **μειονεκτήματα** της εν λόγω δομής είναι ³⁴:

- Η μετακίνηση εργαζομένων από έργο σε έργο μπορεί να δημιουργήσει έλλειψη προσωπικού σε κάποιο συγκεκριμένο project ανά πάσα στιγμή καθώς η διαθεσιμότητα των απαιτούμενων ατόμων δεν θεωρείται πάντα δεδομένη.
- Η ανάγκη κάλυψης των θέσεων που μένουν κενές για αρκετό διάστημα μετά από μετακίνηση εργαζομένων για συγκεκριμένο έργο, μπορεί να οδηγήσει σε νέες προσλήψεις και στη συνέχεια σε νέες απολύσεις όταν τελειώσει το έργο αυτό.
- Λόγω της συνεχής μετακίνησης υπάρχει δημιουργείται η ανάγκη για συνεχή αξιολόγηση και αυξημένη γραφειοκρατία. Αυτό σαν αποτέλεσμα έχει και την αύξηση της σύγχυσης και την έλλειψη οργάνωσης.
- Τα τμήματα αποφεύγουν να δίνουν στις ομάδες έργων το καλύτερο προσωπικό τους με αποτέλεσμα να μην καταλήγουν στο καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

Τύπος Οργ/σης Χαρ/κά Έργου	Κατά Λειτουργία	Πίνακας			Κατά Έργο
		Ασθενής	Ισορροπημένος	Ισχυρός	
Εξουσία Project Manager	Καμία - Ελάχιστη	Περιορισμένη	Μικρή - Μεσαία	Μεσαία - Υψηλή	Υψηλή - Απόλυτη
% εταιριών με πλήρη απασχόληση προσωπικού στο έργο	Ανύπαρκτη	0 – 25%	15 – 60%	50 – 95%	85 – 100%
Ρόλος Project Manager	Μερική απασχόληση	Μερική απασχόληση	Αποκλειστική απασχόληση	Αποκλειστική απασχόληση	Αποκλειστική απασχόληση
Τίτλος Project Manager	Project Coordinator ή Project Leader	Project Coordinator ή Project Leader	Project Manager ή Project Officer	Project Manager ή Program Manager	Project Manager ή Program Manager
Διοικητική Υποστήριξη	Μερική απασχόληση	Μερική απασχόληση	Μερική απασχόληση	Αποκλειστική απασχόληση	Αποκλειστική απασχόληση

Εικόνα 14. Επιδράσεις των Οργανωτικών Δομών στην υλοποίηση Έργων

³⁴ Δημητριάδης Α. 'Διοίκηση – Διαχείριση Έργου', Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Έκδοση 4η 2009

Πηγή: [Α. Δημητριάδης 2009]

Κεφάλαιο 3^ο. Επιλογή και αξιολόγηση έργου

Το έργο συνιστά μια οικονομική διαδικασία, η οποία από την μία απαιτεί την διάθεση ενός κεφαλαίου για την ομαλή διεξαγωγή του, από την άλλη η επιτυχής διεκπεραίωσή του επιφέρει τα ανάλογα κέρδη στην επιχείρηση. Οι συμμετέχοντες στο έργο παρέχουν οικονομικούς πόρους, εργασία, πρώτες ύλες, τεχνογνωσία με κυριότερο σκοπό το κέρδος. Επομένως η αποδοχή ενός έργου, ανεξάρτητα από το μέγεθος του, εμπεριέχει έναν βασικό στόχο: **«Την δαπάνη του ελαχίστου δυνατού κεφαλαίου και την απόκτηση του μέγιστου δυνατού κέρδους»**. Εσφαλμένες αποφάσεις δύναται να επιφέρουν στους συμμετέχοντες στο έργο, οικονομικές απώλειες ακόμα και οικονομική καταστροφή.

Το γεγονός όμως ότι το ευρύ πλήθος των απρόβλεπτων μεταβλητών που καθορίζουν την επιτυχία ενός έργου (τεχνικές, νομικές, πολιτικές, περιβαλλοντικές συνιστώσες) καθιστά δύσκολη έως αδύνατη την εκ των προτέρων πρόβλεψη για την επιτυχημένη κατάληξη του. Την αβεβαιότητα αυτή ελαχιστοποιούν ορισμένες μέθοδοι επιλογής και αξιολόγησης ενός έργου οι οποίες θα αναλυθούν στο κεφάλαιο αυτό.

Μια αξιολόγηση και εν συνεχεία επιλογή κάποιου έργου προς πραγμάτωση εμφανίζει τις έξης συνιστώσες³⁵:

- Κατά πόσο συμφέρει οικονομικά μία οντότητα ή έναν οργανισμό να αναλάβει την ολοκλήρωση ενός επικείμενου έργου.
- Την επιλογή του καταλληλότερου έργου μεταξύ άλλων παρόμοιων.

³⁵ Δημητριάδης Α. 'Διοίκηση – Διαχείριση Έργου', Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Έκδοση 4η 2009.

3.1. Τεχνικές Επιλογής και Αξιολόγησης Έργου

Για τον ακριβή καθορισμό των κριτηρίων επιλογής και αξιολόγησης κάποιου έργου εφαρμόζονται ορισμένες μέθοδοι οι οποίες προσδιορίζουν και αναλύουν τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τον ενδεδειγμένο έλεγχο των κριτηρίων αυτών. Οι κυριότερες τεχνικές που χρησιμοποιούνται είναι οι ακόλουθες³⁶:

- Τα **Μη Αριθμητικά Μοντέλα** (Non Numeric Models), τα οποία είναι τεχνικές επιλογής και αξιολόγησης οι οποίες στηρίζονται στην υποκειμενική εκτίμηση αυτών που φέρουν την ευθύνη για τις λήψεις αποφάσεων.
- Τα **Αριθμητικά Μοντέλα Κερδοφορίας** (Numeric Models – Profitability), τα οποία στηρίζονται στον έλεγχο της χρηματοοικονομικής φύσης του έργου. Στην ουσία διερευνάται το κατά πόσο είναι αποδοτική η αρχική επένδυση του επενδυτή.

³⁶ Δημητριάδης Α. 'Διοίκηση – Διαχείριση Έργου', Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Έκδοση 4η 2009.

Σεραφείμ Πολύζος 'Διοίκηση και Διαχείριση των Έργων – Μέθοδοι και Τεχνικές' Εκδόσεις Κριτική 1η έκδοση Οκτώβριος 2004.

3.2. Μη Αριθμητικά Μοντέλα Αξιολόγησης

Τα συγκεκριμένα μοντέλα βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στην υποκειμενική κρίση των υπεύθυνων για τις λήψεις αποφάσεων με συνέπεια να καθίσταται πρακτικά αδύνατη η ένταξη αυτών των μοντέλων εντός κάποιου πλαισίου και κανόνων ή αναλυτική παρουσίαση τους μέσω μιας ακολουθίας βημάτων και μεθοδολογίας. Η εμπειρία καθώς και οι ανάγκες του υπεύθυνου για την ομαλή εκτέλεση και το επιτυχημένο τελικό αποτέλεσμα του έργου διαδραματίζουν τον βασικότερο παράγοντα διαμόρφωσης των εν λόγω μοντέλων.

3.3. Αριθμητικά Μοντέλα Αξιολόγησης

Τα αριθμητικά μοντέλα στηρίζονται στην διερεύνηση της χρηματοοικονομικής πλευράς ενός έργου. Οι παρατηρήσεις και τα συμπεράσματα που ανακύπτουν από την αξιολόγηση ενός έργου αποτιμώνται χρηματοοικονομικά και έπειτα μελετώνται από την επιχείρηση η οποία έχει αναλάβει την διεκπεραίωση του έργου. Ακολούθως αναφέρονται και αναλύονται τα κυριότερα μοντέλα αξιολόγησης έργου:

3.3.1. Περίοδος αποπληρωμής (Payback Period)

Στο εν λόγω μοντέλο αξιολόγησης το βάρος πέφτει στην χρονική περίοδο επιστροφής του πρωταρχικού κεφαλαίου επένδυσης **C** που προϋποθέτει η εκτέλεση ενός έργου. Παραδείγματος χάριν, μέσω της μεθόδου αυτής ένας οργανισμός ο οποίος έχει στην διάθεση του ένα αρχικό κεφάλαιο **C** και διατίθεται να το επενδύσει σε μία από τις 2 διαφορετικές κατηγορίες επικείμενων έργων θα επιλέξει το έργο το οποίο θα του επιστρέψει γρηγορότερα το κεφάλαιο το οποίο επενδύθηκε. Αυτή η τεχνική παρόλη την ευκολία και την πρακτικότητα που εμπεριέχει, διαθέτει ένα βασικό μειονέκτημα καθώς η πραγματική χρονική αξία των χρημάτων δεν περιλαμβάνεται σε αυτήν³⁷.

3.3.2. Επιστροφή επένδυσης (Return On Investment – ROI)

Η εν λόγω μέθοδος, εν αντιθέσει με την προηγούμενη, διερευνά συνολικά την επιστροφή της επένδυσης. Καλείται επίσης και **Μέσο Επιτόκιο Απόδοσης (Average Rate of Return – ARR)**. Αποτελεί ένα μέτρο απόδοσης για την αξιολόγηση της απόδοσης μιας επένδυσης ή την αποτελεσματικότητα ενός αριθμού διαφορετικών επενδύσεων. Η τεχνική αυτή αξιολογεί την απόδοση της επένδυσης σε σχέση με το κόστος που επενδύθηκε. Για τον υπολογισμό του δείκτη **ROI** η επιστροφή ή το

³⁷ https://en.wikipedia.org/wiki/Payback_period. Ημερομηνία ανάκτησης: 3 Απριλίου 2016

όφελος της επένδυσης διαιρείται από το κόστος και το αποτέλεσμα εκφράζεται σε ποσοστό.³⁸

$$ROI = \frac{(\text{Gain from Investment} - \text{Cost of Investment})}{\text{Cost of Investment}}$$

Το πλεονέκτημα της μεθόδου αποτελεί η έκφραση του αποτελέσματος σε ποσοστό γεγονός το οποίο επιτρέπει την σύγκριση αποδόσεων διαφορετικών έργων μεταξύ τους. Παράλληλα όμως είναι πιθανόν να οδηγήσει σε εσφαλμένα αποτελέσματα καθώς δεν εμπερικλείει και άλλες παραμέτρους όπως ο πληθωρισμός και τα επιτόκια.

3.3.3. Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV - Net Present Value)

Η φιλοσοφία της καθαρής παρούσας αξίας στηρίζεται στην αληθινή αξία του χρήματος, έχοντας ως παράμετρο τις ανατιμήσεις, τον πληθωρισμό και τα επιτόκια, δηλαδή το Cost of Capital (**Κόστος του κεφαλαίου**). Αν για παράδειγμα θεωρήσουμε ότι το τρέχον έτος το cost of capital είναι 20%, το ποσό €1.000.000 σήμερα, θα γίνει μετά από ένα χρόνο **€800.000** (παρούσα αξία).

Επομένως κάθε χρηματικό ποσό μειώνεται κατά συγκεκριμένο νούμερο πολλαπλασιάζοντας την εισροή επί κάποιο Συντελεστή Προεξόφλησης (**Discount Factor**) και αφαιρώντας από το αρχικό ποσό. Έτσι καταλήγουμε στο παρακάτω τύπο³⁹:

$$\text{Συντελεστής Προεξόφλησης} = \frac{1}{1 + kn}$$

³⁸ <http://www.investopedia.com/terms/r/returnoninvestment.asp>. Ημερομηνία ανάκτησης: 3 Απριλίου 2016

³⁹ Δημητριάδης Α. 'Διοίκηση – Διαχείριση Έργου', Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Έκδοση 4η 2009.

Οπού:

- **k** το κόστος κεφάλαιού ανά έτος (οι ανατιμήσεις, ο πληθωρισμός κτλ..)
- **n** το πλήθος από τα έτη από την ημερομηνία που ξεκινήσαν οι εισροές.

Αν προσθέσουμε τις παρούσες αξίες κάθε χρόνου και αφαιρέσουμε την αρχική επένδυση από το άθροισμά τους, τότε προκύπτει μια διαφορά που αποτελεί την Καθαρή Παρούσα Αξία της επένδυσης⁴⁰:

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{R_i}{(1+k)^i} - C_0$$

Όπου:

- R_i = καθαρές ταμειακές εισροές κατά την περίοδο t .
- C_0 = συνολικό αρχικό κόστος επένδυσης.
- k = προεξοφλητικό επιτόκιο (πληθωρισμός, ανατιμήσεις).
- t = ο αριθμός των χρονικών περιόδων.

⁴⁰ Kurt, Daniel (2003-11-24). "[Net Present Value \(NPV\) Definition | Investopedia](#)". *Investopedia*. Retrieved 2016-05-05.

Μια θετική παρούσα αξία υποδεικνύει ότι τα προβλεπόμενα έσοδα που παράγονται από ένα έργο ή μια επένδυση ξεπερνούν το αναμενόμενο κόστος. Σε γενικά πλαίσια μια επένδυση με θετικό NPV θα είναι επικερδής ενώ μια επένδυση με αρνητικό NPV θα καταλήξει σε ζημία. Αυτό το σκεπτικό είναι η βάση του κανόνα της Καθαρής Παρούσας Αξίας, που υπαγορεύει ότι πρέπει να γίνονται μόνο επενδύσεις με θετικό NPV.

Η αξιολόγηση της αξίας ενός έργου είναι δύσκολη, γιατί υπάρχουν πολλοί και διαφορετικοί τρόποι να υπολογίσεις την αξία των μελλοντικών ροών ρευστότητας. Εξ' αιτίας της χρονικής αξίας του χρήματος (Time Value of Money- TVM), ένα χρηματικό ποσό στο παρόν αξίζει περισσότερο από το ίδιο χρηματικό ποσό στο μέλλον. Αυτό οφείλεται στα έσοδα που θα εισπραχθούν από χρήματα με αξία αυτής της συγκεκριμένης χρονικής περιόδου ή λόγω πληθωρισμού. Με άλλες λέξεις, ένα δολάριο που κερδίζεται στο παρόν δεν θα έχει την ίδια αξία με ένα δολάριο που κερδίζεται στο μέλλον.

Το στοιχείο του ρυθμού έκπτωσης της φόρμουλας NPV είναι ένας τρόπος για να απευθυνθείς στο προαναφερθέν πρόβλημα. Οι επιχειρήσεις συχνά έχουν διάφορους τρόπους για να εντοπίζουν τους ρυθμούς έκπτωσης. Κοινές μέθοδοι για τον προσδιορισμό του προεξοφλητικού επιτοκίου περιλαμβάνουν τη χρήση της αναμενόμενης απόδοσης των άλλων επενδυτικών επιλογών με παρόμοιο επίπεδο κινδύνου (οι τιμές επιστροφής που περιμένουν οι επενδυτές) , ή τα έξοδα που σχετίζονται με το δανεισμό των χρημάτων που απαιτούνται για τη χρηματοδότηση του έργου.

Για παράδειγμα , αν μια επιχείρηση λιανικής πώλησης ενδυμάτων θέλει να αγοράσει ένα υπάρχον κατάστημα , θα εκτιμηθούν πρώτα οι μελλοντικές ταμειακές ροές που το κατάστημα θα δημιουργήσει , και στη συνέχεια η έκπτωση αυτών των ταμιακών ροών σε ένα εφάπαξ ποσό παρούσας αξίας των \$ 500.000 (για παράδειγμα). Αν ο ιδιοκτήτης του καταστήματος ήταν πρόθυμος να πουλήσει την επιχείρησή του για λιγότερο από \$ 500.000, η αγοραστική εταιρεία πιθανότατα θα αποδεχθεί την

προσφορά , δεδομένου ότι παρουσιάζει μια θετική επένδυση NPV . Αν ο ιδιοκτήτης συμφώνησε να πωλήσει το κατάστημα για \$ 300.000 , τότε η επένδυση αντιπροσωπεύει ένα καθαρό κέρδος \$ 200.000 (\$ 500.000 - \$ 300.000) κατά την υπολογιζόμενη περίοδο επένδυσης . Αυτό το ποσό των \$ 200.000 , ή το καθαρό κέρδος μιας επένδυσης , ονομάζεται εσωτερική αξία της επένδυσης . Αντίθετα, αν ο ιδιοκτήτης δεν πουλήσει για λιγότερο από \$ 500.000, ο αγοραστής δεν θα αγοράσει το κατάστημα , γιατί η εξαγορά θα παρουσιάσει μια αρνητική NPV εκείνη την εποχή και θα οδηγούσε στη μείωση της συνολικής αξίας της μεγαλύτερης εταιρείας ειδών ένδυσης⁴¹ .

Ένα βασικό θέμα με τη μέτρηση της αποδοτικότητας μιας επένδυσης με NPV είναι ότι η παρούσα αξία βασίζεται σε μεγάλο βαθμό από πολλαπλές εκτιμήσεις και παραδοχές, έτσι μπορεί να υπάρχουν σημαντικά περιθώρια για λάθη. Εκτιμώμενοι παράγοντες περιλαμβάνουν το επενδυτικό κόστος, το προεξοφλητικό επιτόκιο και τις προβλεπόμενες αποδόσεις. Ένα έργο μπορεί να απαιτεί συχνά απρόβλεπτες δαπάνες ή μπορεί να απαιτεί πρόσθετες δαπάνες στο τέλος του έργου.

Επιπλέον, τα προεξοφλητικά επιτόκια και οι εκτιμήσεις ταμειακών εισροών μπορεί να μην ευθύνονται εγγενώς για τον κίνδυνο που συνδέεται με το έργο και μπορεί να αναλάβουν τις μέγιστες δυνατές ταμειακές εισροές κατά τη διάρκεια μιας περιόδου επενδύσεων. Αυτό μπορεί να συμβεί ως μέσο για την τεχνητή αύξηση της εμπιστοσύνης των επενδυτών. Ως εκ τούτου, αυτοί οι παράγοντες μπορεί να χρειαστεί να προσαρμοστούν στο λογαριασμό για απρόβλεπτες δαπάνες ή ζημίες ή για υπερβολικά αισιόδοξες προβλέψεις ταμειακών εισροών⁴¹ .

Η περίοδος αποπληρωμής είναι ένας δημοφιλής τεχνική που χρησιμοποιείται συχνά ως εναλλακτική λύση στην καθαρή παρούσα αξία. Είναι πολύ πιο απλό από το NPV, κυρίως επειδή μας γλιτώνει από το χρόνο που απαιτείται μετά από μια επένδυση για να αποσβεσθεί το αρχικό κόστος της επένδυσης. Σε αντίθεση με NPV, η περίοδος αποπληρωμής (ή «μέθοδος αποπληρωμής») αποτυγχάνει να λογοδοτήσει για την χρονική αξία του χρήματος. Για το λόγο αυτό, οι περίοδοι αποπληρωμής

⁴¹ <http://www.investopedia.com/terms/i/irr.asp>. Ημερομηνία ανάκτησης:5 Απριλίου 2016

υπολογίζονται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και οι επενδύσεις έχουν μεγαλύτερες δυνατότητες για ανακρίβεια, καθώς καλύπτουν περισσότερο χρόνο κατά τον οποίο μπορεί να προκύψει πληθωρισμός και να παραποιήσει τα εκτιμώμενα κέρδη και, κατά συνέπεια, την πραγματική περίοδο αποπληρωμής.

Επιπροσθέτως, η περίοδος απόσβεσης περιορίζεται αυστηρά στο ποσό του χρόνου που απαιτείται για να κερδίσει πίσω το αρχικό κόστος επένδυσης. Ως εκ τούτου, επίσης αποτυγχάνει να λογοδοτήσει για την κερδοφορία μιας επένδυσης παρ' ότι η επένδυση έχει φτάσει στο τέλος της περιόδου αποπληρωμής της. Είναι πιθανό, το ποσοστό απόδοσης της επένδυσης να μπορεί στη συνέχεια να αντιμετωπίσει μια απότομη πτώση, μια απότομη αύξηση ή τίποτα στο μεταξύ. Επομένως οι συγκρίσεις των περιόδων αποπληρωμής επενδύσεων, μπορεί να μην αποφέρουν απαραίτητως μια ακριβή απεικόνιση της αποδοτικότητας των επενδύσεων αυτών.

Τα πλεονεκτήματα αυτής της τεχνικής, είναι ότι λαμβάνονται κυρίως υπόψη η μεταβολή της αξίας του χρήματος σε σχέση με το χρόνο, τον πληθωρισμό και τις μεταβολές των τιμών.

Τα μειονεκτήματα αυτής της τεχνικής είναι ότι χρησιμοποιεί σταθερό κόστος κεφαλαίου καθ' όλη τη διάρκεια του έργου, η οποία γενικά δεν είναι έγκυρη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε βραχυπρόθεσμα έργα μόνο μια φορά με βάση την πρόβλεψη των εισροών και των επιτοκίων, η οποία μακροπρόθεσμα περιλαμβάνει μεγάλο βαθμό κινδύνου⁴².

3.3.4. Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης Επένδυσης (Internal Rate of Return – IRR)

Ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης αποτελεί μια τεχνική αξιολόγησης και μέτρησης της αποδοτικότητας πιθανών επενδύσεων που χρησιμοποιείται στο κεφάλαιο του προϋπολογισμού. Ο συντελεστής είναι ένα προεξοφλητικό επιτόκιο που κάνει την καθαρή παρούσα αξία (NPV) όλων των ταμειακών ροών από ένα

⁴² Baker, Samuel L. (2000). "[Perils of the Internal Rate of Return](#)". Retrieved January 12, 2007.

συγκεκριμένο έργο να ισούται με μηδέν. Ο υπολογισμός του **IRR** συντελεστή προκύπτει με το τύπο υπολογισμού της καθαρής παρούσας αξίας (**NPV**).

Αναλυτικότερα για τον υπολογισμό του δείκτη **IRR** χρησιμοποιούμε τον παραπάνω τύπο και θέτουμε την **NPV** ίση με μηδέν και λύνουμε την εξίσωση ως προς **r** (προεξοφλητικό επιτόκιο) το οποίο στην περίπτωση μας είναι και ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης επένδυσης **IRR**⁴³.

$$\sum_{i=1}^n \frac{R_i}{(1+k)^i} - C_0 = 0$$

Σε γενικές γραμμές όσο υψηλότερο το ποσοστό εσωτερικής επιστροφής ενός έργου τόσο πιο επισφαλής είναι η επένδυση. Το **IRR** δύναται να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση πολλαπλών επικείμενων έργων. Υποθέτοντας ότι για όλα τα υποψήφια έργα το κόστος επένδυσης είναι ίδιο, το έργο με το υψηλότερο δείκτη **IRR** αποτελεί πιθανόν την βέλτιστη περίπτωση. Το **IRR** είναι γνωστό και ως «οικονομική απόδοση» (**ERR**)

Παρόλο που η τεχνική του υπολογισμού του **εσωτερικού συντελεστή απόδοσης είναι αρκετά δημοφιλής φέρει ορισμένα βασικά μειονεκτήματα**. Σε ορισμένες περιπτώσεις η μέθοδος αυτή μπορεί να δώσει παραπλανητικά αποτελέσματα αν χρησιμοποιηθεί μόνη της. Ανάλογα με το αρχικό ποσό επένδυσης ένα έργο μπορεί να έχει μικρό **IRR** αλλά υψηλό **NPV** το οποίο σημαίνει ότι, ενώ ο ρυθμός επιστροφής να είναι χαμηλός το έργο πιθανόν να προσθέσει ένα μεγάλο συνολικό ποσό τελικώς στα ταμεία της επιχείρησης.

Παρόμοιο πρόβλημα προκύπτει όταν ο δείκτης **IRR** εφαρμόζεται για την σύγκριση έργων διαφορετικής χρονικής διάρκειας. Λόγω χάρη ένα έργο μικρής διάρκειας

⁴³ <http://www.investopedia.com/terms/i/irr.asp>. Ημερομηνία ανάκτησης:6 Απριλίου 2016

μπορεί να έχει υψηλό IRR κάνοντας μια επένδυση να φαίνεται εξαιρετική περίπτωση, αλλά παράλληλα να έχει χαμηλό NPV.

3.3.5. Βαθμολόγηση με Συντελεστές (Weighted Scoring)⁴⁴

Υπάρχουν διάφορες προσεγγίσεις για την εκτίμηση του κόστους και των οφελών που είναι δύσκολο να αποτιμηθούν σε χρήμα . Αυτά περιλαμβάνουν , για παράδειγμα , την καταγραφή και περιγραφή τους , αναπτύσσοντας μια μήτρα και εφαρμόζοντας τη μέθοδο του σταθμικού βαθμολόγησης . Οι διάφορες προσεγγίσεις θα πρέπει να εξετάζονται προσεκτικά πριν από την επιλογή της πιο κατάλληλης μεθόδου για την συγκεκριμένη υπόθεση . Η οργάνωση και περιγραφή συχνά αρκεί για απλές περιπτώσεις . Η προσέγγιση δήλωσης επιπτώσεων είναι προσαρμόσιμη στις περισσότερες περιπτώσεις. Η βαθμολόγηση με συντελεστές , είναι μια πιθανή εναλλακτική προσέγγιση .

Η μέθοδος βαθμολόγησης με συντελεστές , επίσης γνωστή ως « στάθμιση και βαθμολόγηση » , είναι μια μορφή ανάλυσης πολλαπλών χαρακτηριστικών και πολλαπλών κριτηρίων . Αφορά την αναγνώριση όλων των μη - νομισματικών στοιχείων (ή χαρακτηριστικών) που είναι σχετικά με το έργο. Η κατανομή των βαρών σε κάθε μία από αυτές να αντικατοπτρίζει τη σχετική σημασία τους , και η κατανομή των βαθμολογιών σε κάθε επιλογή να αντικατοπτρίζει το πώς θα εκτελείται σε σχέση με το κάθε χαρακτηριστικό . Το αποτέλεσμα είναι μια ενιαία σταθμισμένη βαθμολογία για κάθε επιλογή , η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δείξει και να συγκρίνει τις συνολικές επιδόσεις των επιλογών σε μη νομισματικούς όρους .

Αυτή η διαδικασία αναθέτει αναγκαστικά αριθμητικές τιμές για τις αποφάσεις . Οι αποφάσεις αυτές δεν πρέπει να είναι αυθαίρετες ή υποκειμενικές , αλλά θα πρέπει να αντικατοπτρίζουν τις απόψεις των εμπειρογνομόνων , και θα πρέπει να υποστηρίζονται από αντικειμενικά στοιχεία . Για να επιτευχθεί σημαντικά αποτελέσματα στα οποία να μπορούν να βασιστούν οι ιθύνοντες, είναι σημαντικό :

⁴⁴ <https://www.finance-ni.gov.uk/publications/weighted-scoring-method>. Ημερομηνία ανάκτησης: 6 Απριλίου 2016

- Η άσκηση να μην αφεθεί στους « ειδικούς » , αλλά να γίνεται από μια ομάδα ανθρώπων που εκπροσωπούν όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη, συμπεριλαμβανομένων , για παράδειγμα , αυτών που επηρεάζονται άμεσα από το σχέδιο , και εκείνων που είναι υπεύθυνοι για την παράδοση του.
- Η ομάδα να διαθέτει τις γνώσεις και την εμπειρογνωμοσύνη που απαιτούνται για να κάνουν αξιόπιστες μετρήσεις και τις αποφάσεις που θα επηρεάσουν τα χαρακτηριστικά.
- Η ομάδα να οδηγείται από έναν ανεξάρτητο πρόεδρο που θα κατευθύνει τη διαδικασία , θα μετρά απόψεις , θα προωθήσει τη συναίνεση και θα αποφύγει την προκατάληψη.
- Να εξηγηθεί πλήρως η αιτιολόγηση για τα επιλεγμένα βάρη και τις βαθμολογίες του ομίλου.

Οι εκθέσεις αξιολόγησης θα πρέπει να προσδιορίσουν το προσωπικό που συμμετέχει στην άσκηση , συμπεριλαμβανομένων των διαπιστευτηρίων τους , έτσι ώστε οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων να έχουν πλήρη επίγνωση ποιων ατόμων εκπροσωπούνται οι απόψεις . Αν υπάρχει έλλειψη συναίνεσης μεταξύ των μελών της ομάδας σύμφωνα με τα βάρη ή τις βαθμολογίες , θα πρέπει να καταγράφονται οι απόψεις των διαφωνούντων ατόμων .

Η διαδικασία από την οποία απορρέουν τα βάρη και οι βαθμολογίες, εξηγείται παρακάτω βήμα προς βήμα, και καλύπτει τα ακόλουθα στάδια :

- Εντοπίζει τις σχετικά μη χρηματικά, χαρακτηριστικά.
- Ισοσταθμίζει τα χαρακτηριστικά ώστε να αντικατοπτρίζουν τη σχετική σημασία τους.

- Διαμορφώνει τις επιλογές ώστε να αντικατοπτρίζουν το πώς κάθε επιλογή λειτουργεί ενάντια σε κάθε χαρακτηριστικό.
- Υπολογίζει τις σταθμισμένες βαθμολογίες.
- Δοκιμάζει τα αποτελέσματα για την ευρωστία.
- Ερμηνεύει τα αποτελέσματα.

Ο εντοπισμός των χαρακτηριστικών μπορεί να ακούγεται απλό , αλλά τα χαρακτηριστικά πρέπει να καθορίζονται με σαφήνεια , έτσι ώστε και οι εκτιμήσεις και η αναθεώρηση των εκθέσεων αξιολόγησης να έχουν μια σαφή κατανόηση . Για να βοηθήσουν στην βαθμολόγηση των επιλογών , τα χαρακτηριστικά θα πρέπει να ορίζονται όσο το δυνατόν περισσότερο προσανατολισμένα στην υπηρεσία ή στους όρους παραγωγής , και γενικά θα πρέπει να σχετίζονται στενά με τους στόχους των υπηρεσιών και τα κριτήρια επιδόσεων που καθορίζονται κατά την έναρξη της συνολικής εκτίμησης . Σημαντική μέριμνα είναι επίσης απαραίτητη για να εξασφαλιστεί ότι :

- Δεν υπάρχει επιπλέον υπολογισμός που προκαλείται από μια επικάλυψη στα χαρακτηριστικά (για παράδειγμα , αισθητική ποιότητα και γοητεία).
- Υπάρχει επιπλέον υπολογισμός που προκαλείται από τα χαρακτηριστικά που καλύπτονται από το κόστος (για παράδειγμα , να συμπεριλάβουμε ένα χαρακτηριστικό « αξιοπιστίας » όταν η αξιοπιστία παρέχεται ήδη από το κόστος συντήρησης).
- Όλα τα σχετικά χαρακτηριστικά περιλαμβάνονται , ακόμα και αν αυτά είναι κοινά για όλες τις επιλογές.

Όσον αφορά το τελευταίο σημείο παραπάνω, είναι σημαντικό να συμπεριληφθούν σχετικές ιδιότητες, ακόμα και όταν όλες οι επιλογές φαίνεται να επηρεάζουν εξίσου το ίδιο. Η παράλειψη των κοινών χαρακτηριστικών μπορεί να στρεβλώσει τα αποτελέσματα και να οδηγήσει σε μια ανισόρροπη σύγκριση μεταξύ των διαφορών και των επιλογών. Για παράδειγμα, οι επιλογές X και Y μπορεί να σκοράρουν 200 και 100 πόντους αντίστοιχα, όταν τα κοινά χαρακτηριστικά παραβλέπονται, δίνοντας την εντύπωση ότι το X είναι δύο φορές πιο ευεργετικό από το Y. Ωστόσο, αν τα κοινά χαρακτηριστικά αξίζουν 300 πόντους, οι σωστές βαθμολογίες για X και Y θα πρέπει να είναι 500 και 400 αντίστοιχα, υποδεικνύοντας ότι το X έχει ένα σημαντικά μικρότερο πλεονέκτημα σε σχέση με το Y, όταν έχουν ληφθεί όλοι οι μη νομισματικοί παράγοντες υπόψη. Εκτός από τη νόθευση του σκορ, υπάρχει ένας γενικός κίνδυνος ότι η αξιολόγηση μπορεί να επικεντρωθεί σε χαρακτηριστικά που είναι σχετικά ασήμαντα, ταυτόχρονα παραβλέποντας τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά.

Τα χαρακτηριστικά πρέπει να ορίζονται καλύτερα, έτσι ώστε το status quo ή η βασική επιλογή του να πράττει τα ελάχιστα, να μπορεί να πάρει μια βαθμολογία εκτός του μηδενός. Για παράδειγμα, αν ένας από τους στόχους του έργου είναι η βελτίωση της πρόσβασης των ατόμων με αναπηρία, το χαρακτηριστικό ορίζεται καλύτερα ως « η προσβασιμότητα για τα άτομα με αναπηρία » και όχι « η βελτίωση της προσβασιμότητας για τα άτομα με αναπηρία ».

Ο πρώτος ορισμός επιτρέπει όλες τις επιλογές, συμπεριλαμβανομένης της βασικής, και έτσι επιτρέπει τις επιλογές που θα συγκρίνονται κατ' αναλογία με τη βασική. Ο δεύτερος ορισμός απαιτεί μηδενική βαθμολογία για τη βασική επιλογή, πράγμα που σημαίνει ότι οι βαθμολογίες για τις εναλλακτικές λύσεις δεν μπορούν να δείξουν πόσο καλύτερα θα εφαρμόζονται από τη βασική επιλογή. Αυτό δεν σημαίνει ότι στην βασική επιλογή δεν πρέπει ποτέ να δοθεί μηδενική βαθμολογία. Στο παράδειγμα της προσβασιμότητας, η βασική επιλογή θα αξίζει ένα σκορ 0 αν η ισχύουσα διάταξη είναι εντελώς απρόσιτη για τα άτομα με αναπηρία. Ωστόσο, η πιο πιθανή περιγραφή είναι ότι τα άτομα με αναπηρία μπορούν να έχουν πρόσβαση με ένα βαθμό δυσκολίας, οπότε θα ήταν επιθυμητή μια ενδιάμεση επιλογή.

Παράδειγμα: Σε μια αξιολόγηση υπηρεσιών υγείας , τα σχετικά χαρακτηριστικά προσδιορίζονται ως εξής:

- Αριθμός των υποθέσεων που εξετάστηκαν.
- Χρόνος αναμονής.
- Πρόσβαση των ασθενών.
- Επίπεδο οργάνωσης των υπηρεσιών.

Το δεύτερο στάδιο περιλαμβάνει την απόφαση σχετικά με τα βάρη που πρέπει να επισυνάπτονται σε κάθε ένα από τα χαρακτηριστικά που προσδιορίζονται . Αυτό θα πρέπει να αντανakλά στη συναίνεση της ομάδας για τη σχετική σημασία των χαρακτηριστικών , το οποίο είναι ένα θέμα κρίσης, που βασίζεται , για παράδειγμα , στους σχετικούς κανονισμούς της εκάστοτε εταιρίας . Η πιο κοινή προσέγγιση , και αυτή που είναι πιο εύκολα κατανοητή , είναι να εκφράσουμε τα βάρη σε ποσοστιαίες μονάδες , έτσι ώστε το άθροισμά τους να είναι το 100 .

Η αιτιολόγηση των βαρών που αποδίδονται θα πρέπει να καταγράφεται . Μια τέτοια ρητή προσέγγιση βοηθά να εξασφαλιστεί το γεγονός ότι η βάση των βαρών είναι πλήρως κατανοητή και αποδεκτή από όλους εκείνους που συμμετέχουν στην άσκηση , καθώς και εκείνων που χρησιμοποιούν τα αποτελέσματά της .

Παράδειγμα: Η ομάδα που είναι υπεύθυνη για την αξιολόγηση του υποθετικού μας έργου των υπηρεσιών υγείας αποφάσισε ότι τα βάρη που είναι κατάλληλα είναι τα ακόλουθα:

- αριθμός των υποθέσεων που εξετάστηκαν - 40 %

- χρόνος αναμονής - 30 %
- πρόσβαση των ασθενών - 20 %
- επίπεδο οργάνωσης των υπηρεσιών - 10 %

Το τρίτο στάδιο είναι να σκοράρει κάθε επιλογή εναντίον κάθε χαρακτηριστικού σε μια κατάλληλη κλίμακα . Η προσέγγιση που περιγράφεται εδώ χρησιμοποιεί μια κλίμακα πληθικότητας . Αυτό σημαίνει ότι εάν η επιλογή A θεωρείται ότι θα εκτελέσει τρεις φορές καλύτερα από την επιλογή B , τότε στη συνέχεια, η επιλογή A πάρει μια βαθμολογία που είναι τρεις φορές μεγαλύτερη από αυτή της επιλογής B. Είναι δυνατές και απλούστερες εναλλακτικές λύσεις από την κλίμακα πληθικότητας, όπως για παράδειγμα, η χρήση μίας τακτικής κλίμακας . Αυτό παρέχει μια απλή κατάταξη των επιλογών προς κάθε χαρακτηριστικό , το οποίο επιτρέπει στο άτομο να πει ότι η επιλογή A είναι καλύτερη από την επιλογή B , αλλά δεν δείχνει το πόσο καλύτερο είναι η A από την B. Μια τέτοια προσέγγιση μπορεί να είναι χρήσιμη σε ορισμένες περιπτώσεις , αλλά μια προσέγγιση πληθικότητας , (σε περίπτωση που είναι βιώσιμη) , είναι πιο κατατοπιστική .

Οι επιλογές αξιολογούνται ενάντια στα χαρακτηριστικά με αναφορά σε κλίμακα , (πχ μια κλίμακα 0-20) . Ένα σκορ 0 δείχνει ότι η επιλογή δεν προσφέρει κανένα όφελος όσον αφορά την σχετική ιδιότητα , ενώ ένα σκορ 20 θα δείξει ότι αντιπροσωπεύει κάποιο " μέγιστο " ή "ιδανικό " επίπεδο απόδοσης . Βαθμολογίες μεταξύ 0 και 20 θα αφορούν ενδιάμεσα επίπεδα επιδόσεων . Η κλίμακα που χρησιμοποιείται δεν είναι ανάγκη να είναι 0-20 , αλλά η μαθηματική της έννοια και συνοχή απαιτείται για όλες τις ιδιότητες . Η έννοια της μέγιστης και της ελάχιστης βαθμολογίας θα πρέπει πάντα να ορίζεται με σαφήνεια και το όλο σύστημα βαθμολόγησης θα πρέπει να τεκμηριώνεται πλήρως στην έκθεση αξιολόγησης . Τα μέλη της ομάδας θα πρέπει να έχουν μια κοινή κατανόηση πάνω στο θέμα.

Για την επίτευξη πληθικότητας , η ομάδα πρέπει να σκεφτεί προσεκτικά σχετικά με τις διαφορές στις βαθμολογίες που πήραν οι επιλογές , και να παρέχει ουσιαστική

αιτιολόγηση . Ας υποθέσουμε , για παράδειγμα, ότι το χαρακτηριστικό « χρόνος αναμονής » αναφέρεται στην ταχύτητα της παράδοσης της συγκεκριμένης υπηρεσίας, και ότι οι επιλογές βαθμολογούνται με μια κλίμακα 0-20 . Η ομάδα αποφάσισε ότι μια βαθμολογία 0 αντιπροσωπεύει ένα χρόνο αναμονής που είναι εντελώς απαράδεκτος π.χ. 12 μήνες ή περισσότερο , ενώ ένα σκορ 20 αντιπροσωπεύει ένα χρόνο αναμονής που είναι πολύ κοντά στο μηδέν . Αν υπάρχει και μία επιλογή Γ που αντιπροσωπεύει ένα χρόνο αναμονής 3 μηνών και μια επιλογή Δ 6 μηνών, τότε , χρησιμοποιώντας την ίδια κλίμακα , θα τους δίναμε τις βαθμολογίες των 15 και 10 αντίστοιχα . Σε ένα άλλο παράδειγμα , όπου το χαρακτηριστικό είναι η «προσβασιμότητα» μπορεί να είναι δυνατό να δοθούν διαφορετικές βαθμολογίες με βάση αντικειμενικές πληροφορίες σχετικές με τις διαφορές στις αποστάσεις που διανύουν .

Η μέθοδος σταθμισμένης βαθμολόγησης δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για να αποφευχθεί η προσπάθεια μέτρησης των διαφορών μεταξύ των επιλογών σε μη νομισματικές μονάδες . Ούτε θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να αντικαταστήσει ασαφείς υποκειμενικές κρίσεις των συγκριτικών επιδόσεων για σκληρή αξιολόγηση . Η αξιοπιστία των βαθμολογιών εξαρτάται από την παροχή λογικής αιτιολόγησης για την υποστήριξή τους , συμπεριλαμβανομένων των μετρήσεων , όπου αυτό καθίσταται δυνατό . Σε κάθε περίπτωση , οι χορηγοί του έργου πρέπει να είναι σε θέση να παρέχουν αιτιολόγηση για κάθε όρο που χρησιμοποιούν με κάθε λεπτομέρεια .

Βαθμολογίες πρέπει να δοθούν σε όλες τις επιλογές , συμπεριλαμβανομένης και της βασικής επιλογής (δηλαδή , το status quo ή « της πράξης των ελαχίστων ») . Ένα κοινό λάθος είναι να παραβλέψουμε τη βασική επιλογή , αλλά είναι σημαντικό να την συμπεριλάβουμε. Ωστόσο, το επίπεδο εξυπηρέτησης που προσφέρει η βασική επιλογή κανονικά θα έχει αντίκτυπο στα χαρακτηριστικά έως κάποιο βαθμό , και δίνοντας βαθμολογία σε αυτό βοηθά να δώσει μια αίσθηση ποσότητας συγκριτικά με τις βαθμολογίες των άλλων επιλογών , και να συγκριθούν οι επιδόσεις του με αυτές των τρεχουσών ή ελαχίστων επιπέδων παροχής .

3.3.6. Ανάλυση του Νεκρού Σημείου (Break – Even Analysis)

Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται συνήθως σε επιχειρήσεις βιομηχανίας και συνιστά ένα κατάλληλο εργαλείο για την εξέταση της σχέσης μεταξύ του επιπέδου δραστηριότητας μιας επιχείρησης (παραγωγή, πωλήσεις, έξοδα) και των εσόδων που αυτή σημειώνει

Η ανάλυση του νεκρού σημείου αναζητά και βρίσκει το σημείο στο οποίο τα συνολικά έσοδα πωλήσεων είναι ίσα με τα έξοδα παραγωγής, με αποτέλεσμα τα οφέλη να είναι μηδενικά. Ουσιαστικά προσδιορίζεται το ελάχιστο δυνατό σημείο με βάση το οποίο μια εταιρεία είναι σε θέση να λειτουργεί οριακά. Οι συνολικές δαπάνες μιας εταιρείας C αποτελούν συνάρτηση της ποσότητας παραγωγής Q δηλαδή $C = f(Q)$. Οι δαπάνες, κατηγοριοποιούνται σε σταθερά και μεταβλητά κόστη⁴⁵.

- **Μεταβλητά κόστη.** Πρόκειται στις δαπάνες που απαιτούνται κατά την παραγωγική διαδικασία όπως πληρωμές εργαζομένων, υπερωρίες, καύσιμα κτλπ. Τα έξοδα αυτά ως ένα βαθμό είναι ελεγχόμενα από την διοικητική αρχή της επιχείρησης.
- **Σταθερά κόστη.** Πρόκειται για δαπάνες οι οποίες ανακύπτουν σε κάθε φάση της λειτουργίας της εταιρείας ακόμα και σε περιπτώσεις στις οποίες οι επιχείρηση είναι κλειστή ή διαθέτει μηδενική παραγωγή όπως το ενοίκιο, ο λογαριασμός ρεύματος κτλπ.
- C Σύνολο δαπανών επιχείρησης.
- Q Ποσότητα παραγωγής.
- a σταθερά κόστη.
- μ μεταβλητά κόστη.

⁴⁵ Σεραφεΐμ Πολύζος 'Διοίκηση και Διαχείριση των Έργων – Μέθοδοι και Τεχνικές' Εκδόσεις Κριτική 1η έκδοση Οκτώβριος 2004.

Ο τύπος των συνολικών εξόδων δίνεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$C = \alpha + \mu Q$$

Έστω ότι μέγεθος παραγωγής είναι Q_m σε ετήσια βάση και το παραγόμενο αγαθό της επιχείρησης πωλείται στους καταναλωτές με κόστος P ευρώ ανά μονάδα. Στην περίπτωση λειτουργίας της εταιρείας σε πλήρη παραγωγική δυναμική, η οποία παράγει Q_m μονάδες προϊόντος, θα έχει ένα σταθερά ετήσια έξοδα α ευρώ. Τα μεταβλητά της έξοδα αλληλεξαρτώνται από την παραγωγή και θεωρούμε ότι είναι ίσα με μ ευρώ ανά μονάδα προϊόντος.

Λαμβάνοντας υπόψιν τις παραπάνω υποθέσεις τα συνολικά έσοδα E και έξοδα C μιας επιχείρησης δίνονται ως εξής⁴⁶:

$$\cdot E = P * Q$$

$$\cdot C = \alpha + \mu * Q$$

Για τον προσδιορισμό του νεκρού σημείου βρίσκουμε τις ρίζες της εξίσωσης $E(q) - C(q) = 0$ ή $E(q) = C(q)$ η λύσης της μας δίνει το σημείο αυτό. Πρόκειται δηλαδή για μια κατάσταση ισορροπίας στην οποία η επιχείρηση δεν διαθέτει ούτε κέρδη αλλά ούτε και έξοδα.

Από την σχέση $E_n = C_n$ και την εξίσωση $E = P * Q$ συνεπάγεται⁴⁷:

$$P * Q_n = \alpha + \mu * Q_n$$

⁴⁶ Δημητριάδης Α. 'Διοίκηση – Διαχείριση Έργου', Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Έκδοση 4η 2009.

⁴⁷ Σεραφείμ Πολύζος 'Διοίκηση και Διαχείριση των Έργων – Μέθοδοι και Τεχνικές' Εκδόσεις Κριτική 1η έκδοση Οκτώβριος 2004.

$$Qv = \alpha / P - \mu.$$

Επομένως οι συνολικές πωλήσεις οι οποίες ορίζονται στο νεκρό σημείο είναι ίσες με Qv μονάδες προϊόντος ανά έτος. Από την σχέση $Qv = \alpha / P - \mu$ την οποία την πολλαπλασιάζω με την τιμή P και την σχέση $E = P * Q$ προκύπτουν τα έσοδα τα οποία αντιστοιχούν στο νεκρό σημείο⁴⁶:

$$E_v = \frac{\alpha}{1 - \frac{\mu}{P}}$$

Με το πολλαπλασιασμό του παρονομαστή του κλάσματος μ / P με Qm , έχουμε:

$$E_v = \frac{\alpha}{1 - \frac{M_m}{E_m}}$$

όπου:

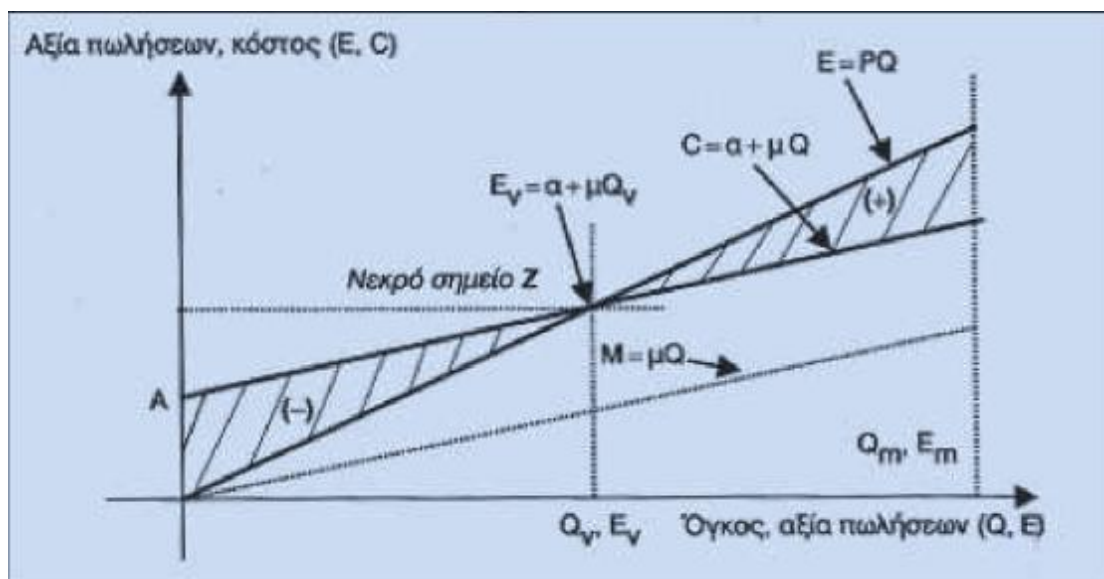
- $M_m = \mu * Qm$ τις συνολικές μεταβλητές δαπάνες σε πλήρη λειτουργία της επιχείρησης.
- $E_m = P * Qm$ τα έσοδα των πωλήσεων σε πλήρη λειτουργία της επιχείρησης.

Επίσης η σχέση $(P - \mu)$ καλείται ως **μοναδιαία συνεισφορά ή μοναδιαίο περιθώριο**, και η σχέση $(P - \mu) * Q$ ορίζεται ως **συνολική συνεισφορά**. Ο δείκτης

$1 - \frac{\mu}{P} = 1 - \frac{M}{E}$ καλείται και ως δείκτης συνεισφοράς ή περιθωρίου.

Το μέγεθος και η αξία των παραγόμενων προϊόντων στο νεκρό σημείο δύναται προσδιοριστούν με την χρήση των σταθερών δαπανών τα οργανισμού και το μοναδιαίο περιθώριο ή το δείκτη περιθωρίου. Στην εικόνα 15 διαφαίνονται οι

γραμμικές σχέσεις των εσόδων από τις πωλήσεις, των εξόδων και του βαθμού αξιοποίησης όλης της παραγωγικής δυναμικής που διαθέτει η επιχείρηση. Το σημείο Z είναι το νεκρό σημείο της επιχείρησης, όπου τα έσοδα από τις πωλήσεις E ισοδυναμούν τα συνολικά έξοδα $C = \alpha + \mu \cdot Q$, με συνέπεια κέρδη για την επιχείρηση να μην υφίστανται⁴⁸.



Εικόνα 15. Το νεκρό σημείο του γραμμικού υποδείγματος

Πηγή: [Σ. Πολύζος 2004]

⁴⁸ Σεραφείμ Πολύζος 'Διοίκηση και Διαχείριση των Έργων – Μέθοδοι και Τεχνικές' Εκδόσεις Κριτική 1η έκδοση Οκτώβριος 2004.

Κεφάλαιο 4^ο. Προγραμματισμός Έργου και Αριθμητικές Μέθοδοι Βελτιστοποίησης

4.1. Το δίκτυο ενός έργου⁴⁹

Τα διαγράμματα δικτύου χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό, τον προγραμματισμό και την παρακολούθηση της προόδου ενός έργου. Αυτά είναι διαγράμματα του σχεδιασμού των εργασιών του έργου που πρέπει να γίνουν και ως εκ τούτου αντικατοπτρίζουν τις δραστηριότητες του έργου, τη λογική ακολουθία τους, αλληλεξάρτησή τους, και στις περισσότερες των περιπτώσεων το χρόνο εκκίνησης και ολοκλήρωσης κάθε μίας από τις δραστηριότητες. Μπορούμε να πούμε ότι τα δίκτυα χρησιμοποιούνται από τους project managers για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με το χρονοδιάγραμμα, το κόστος και την προετοιμασία.

Για τη ρύθμιση των παραμέτρων της δικτυωτής γραφικής αναπαράστασης ενός έργου, αυτό χωρίζεται σε ξεχωριστές ανεξάρτητες δραστηριότητες, και στη συνέχεια καθορίζεται η σειρά με την οποία πρέπει να εκτελεστούν, καθώς και ο χρόνος που απαιτεί το καθένα από αυτά. Ο σχεδιασμός του δικτύου είναι τέτοιος που όχι μόνο μπορεί να αναγνωρίσει κάθε δραστηριότητα, αλλά όλες τις εργασίες που προηγούνται, καθώς και όλες όσες ακολουθούν.

Είναι εύκολο να συμπεράνουμε ότι τα δίκτυα παίζουν καθοριστικό ρόλο στο σχεδιασμό και την οργάνωση ενός έργου, αφού και οι δύο αντανακλούν τη σχέση μεταξύ των διαφόρων δραστηριοτήτων και - εν συντομία - το συνολικό σχέδιο για την επίτευξη του έργου. Με το δίκτυο φαίνεται, ο τρόπος με τον οποίο οι εργασίες έχουν συνάφεια, χρονικά και λειτουργικά. Το δίκτυο αποτελείται από κόμβους, συνήθως συμβολίζεται με ένα τετράγωνο και τα άκρα συνήθως συμβολίζεται με τα βέλη .

Δραστηριότητα (activity) ονομάζεται μια λειτουργία ή εργασία που πρέπει να

⁴⁹ Δημητριάδης Α. 'Διοίκηση – Διαχείριση Έργου', Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Έκδοση 4η 2009.

εκτελεστεί στο πλαίσιο του έργου και η οποία απαιτεί χρόνο και πόρους υλοποίησης. Οι δραστηριότητες είναι τα βασικά λειτουργικά και δομικά στοιχεία του έργου.

Πακέτο Εργασίας (work package) ονομάζεται ένας αριθμός δραστηριοτήτων που έχουν κοινό παραδοτέο.

Παράλληλες δραστηριότητες. Είναι δραστηριότητες που μπορεί να υλοποιηθούν την ίδια στιγμή (εκτός βέβαια αν ο project manager δεν το επιθυμεί).

Μονοπάτι. Είναι μια ακολουθία εξαρτώμενων δραστηριοτήτων.

Κρίσιμη διαδρομή. Είναι το μεγαλύτερο μονοπάτι στο δίκτυο. Εάν μια δραστηριότητα της κρίσιμης διαδρομής καθυστερήσει τότε το έργο θα καθυστερήσει τόσο χρόνο όσο καθυστέρησε η συγκεκριμένη δραστηριότητα.

Γεγονός (event). Αυτός ο όρος χρησιμοποιείται για να αντιπροσωπεύσει το χρόνο στον οποίο αρχίζει ή τελειώνει μια δραστηριότητα.

Ορόσημο (milestone) ονομάζεται κόμβος καθορίζει την αρχή και το τέλος του έργου, την έναρξη και τη λήξη των σχετικών πακέτων εργασίας, ελέγχοντας την πρόοδο του έργου.

Αφού δώσαμε τους βασικούς ορισμούς που χρησιμοποιούνται στο διάγραμμα δικτύου στη συνέχεια δίνουμε τους βασικούς κανόνες που πρέπει να ακολουθούνται προκειμένου να δημιουργηθεί ένα διάγραμμα δικτύου:

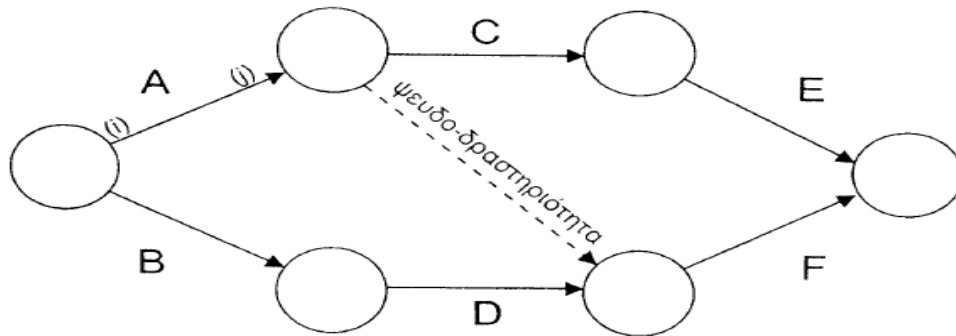
1. Τα δίκτυα ξεκινούν από αριστερά προς τα δεξιά.
2. Μια δραστηριότητα δεν ξεκινάει αν δεν έχουν ολοκληρωθεί οι προηγούμενες δραστηριότητες.
3. Οι ακμές του δικτύου αντανακλούν στην προτεραιότητα και στις ροές των δραστηριοτήτων.

4. Κάθε δραστηριότητα πρέπει να έχει ένα μοναδικό αριθμό.
5. Ο μοναδικός αριθμός της κάθε δραστηριότητας θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος από τον αριθμό των δραστηριότητες που προηγούνται.
6. Δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει μια δραστηριότητα που έχει ήδη χρησιμοποιηθεί.
7. Δεν επιτρέπονται θέματα της μορφής “εάν κάτι είναι επιτυχές τότε υλοποίησε μια δραστηριότητα διαφορετικά μην πράξεις τίποτα”. Με αυτό αντιλαμβανόμαστε ότι το διάγραμμα του δικτύου δεν είναι ένα δέντρο απόφασης.
8. Πολλοί κόμβοι δεν δίνουν μια σαφή αρχή στο δίκτυο. Έτσι, η επιλογή ενός ενιαίου αρχικού κόμβου δίνει μια σαφέστερη εικόνα της αρχής του δικτύου. Το ίδιο ισχύει και για τους τελικούς κόμβους. Πολλοί τελικοί κόμβοι δεν δίνουν σαφές άκρο στο δίκτυο, η επιλογή ενός μόνο ακριανού κόμβου δίνει καθαρό τέλος στο δίκτυο.

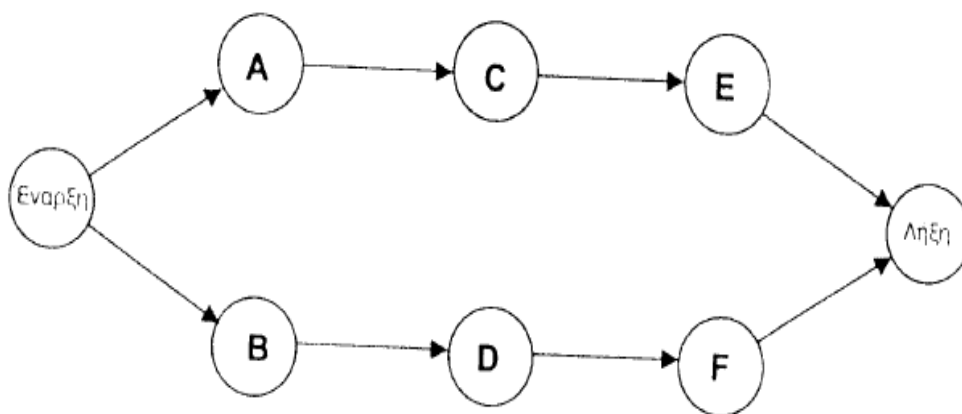
4.2. Κατασκευή του δικτύου ενός έργου

Το διάγραμμα δικτύου ενός έργου μπορεί να είναι⁵⁰:

- Είτε διάγραμμα δραστηριότητας στην άκρη (AOA, activity-on-arrow). Αυτό απεικονίζεται στο Σχήμα 3.1 και είναι γνωστό με τον όρο τοξωτό δίκτυο.
- Είτε διάγραμμα δραστηριότητας για τον κόμβο (AON, activity-on-node). Αυτό απεικονίζεται στο Σχήμα 3.2 και είναι γνωστό με τον όρο κομβικό δίκτυο.



Εικόνα 16. Μορφή διαγράμματος δικτύου AOA



⁵⁰ S.E. Elmagraby (2000). On Criticality and Sensitivity in Activity Networks. *European Journal of Operational Research* **127**, pp. 220-238.

Εικόνα 17. Μορφή διαγράμματος δικτύου AON

Σε ένα AOA χαράζει ο σχεδιασμός του έργου γίνεται με την τοποθέτηση των παραδοτέων στο χρόνο. Οι ημερομηνίες έναρξης και τέλους των εργασιών είναι οι κόμβοι των γεγονότων του έργου. Οι δραστηριότητες του προγράμματος είναι οι συνδέσεις (στα άκρα) μεταξύ των κόμβων των γεγονότων. Στο δίκτυο AOA είναι κατ' ανάγκην ο αρχικός κόμβος και το τέλος του κόμβου του έργου, οι οποίοι είναι μοναδικοί. Το δίκτυο AOA πάντα κατευθύνεται από τον κόμβο αρχής έως τον κόμβο περάτωσης.

Το γράφημα AON οι δραστηριότητες του προγράμματος είναι οι κόμβοι του γραφήματος. Οι δύο κόμβοι συνδέονται, εάν η πρώτη δραστηριότητα (κόμβος) θα πρέπει να τερματιστεί για να ξεκινήσει η δεύτερη δραστηριότητα (κόμβος). Το διάγραμμα AON μπορεί να αρχίζει και να τελειώνει με πολλές δραστηριότητες. Στην πράξη, προκειμένου να αντιστοιχεί το τοξωτό δίκτυο, με το κομβικό δικτύου, το έργο αρχίζει και τελειώνει με μοναδικά ορόσημα έναρξης και λήξης.

Τα πρώτα διαγράμματα δικτύου του έργου ήταν τύπου AOA. Αλλά τα διαγράμματα AON έχουν κάποια πλεονεκτήματα προς τα AOA παρέχοντας τις ίδιες πληροφορίες⁵¹:

- Η κατασκευή του κομβικού δικτύου είναι ευκολότερη από εκείνη του τοξωτών.
- Η κατανόηση του AON είναι πιο εύκολη για τους ανθρώπους που είναι δεν είναι εξοικειωμένοι με το θέμα.
- Η αναθεώρηση του κομβικού δικτύου είναι ευκολότερη από εκείνη του τοξωτού.

⁵¹ S.E. Elmagraby (2000). On Criticality and Sensitivity in Activity Networks. *European Journal of Operational Research* **127**, pp. 220-238.

4.2.1. Κανόνες δικτύου ΑΟΑ και υλοποίηση του ⁵²

Σε ΑΟΑ διάγραμμα δικτύου κάθε δραστηριότητα αντιπροσωπεύεται από ένα άκρο το οποίο έχει μια αρχή και ένα τέλος, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



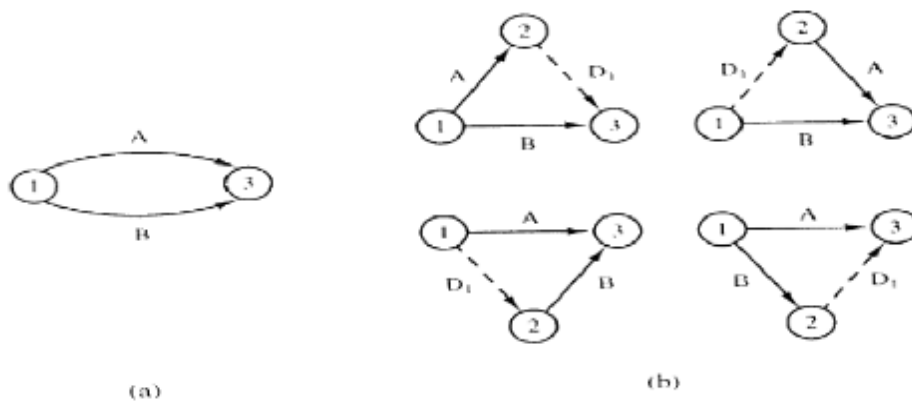
Εικόνα 18. Αρχή και τέλος στο ΑΟΑ

Για την κατασκευή ενός ΑΟΑ διάγραμμα που ακολουθεί τους κανόνες:

Κανόνας 1: Κάθε δραστηριότητα αντιπροσωπεύεται από ένα μόνο άκρο στο δίκτυο.

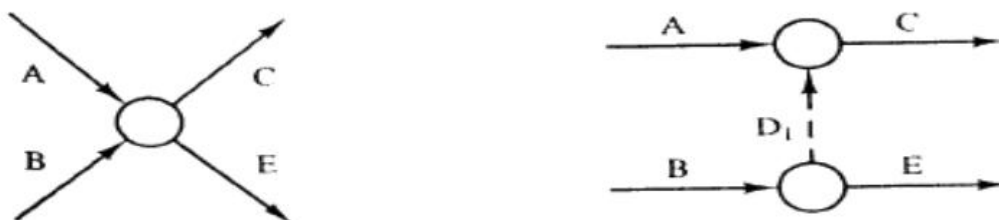
Κανόνας 2: Δύο δραστηριότητες δεν μπορεί να καθοριστούν άμεσα από την ίδια αρχή και τέλος τα γεγονότα. Μια τέτοια κατάσταση προκύπτει όταν δύο ή περισσότερες δραστηριότητες είναι παράλληλες. Στο Σχήμα 3.4α δύο παράλληλες δραστηριότητες που απεικονίζονται, είναι οι Α και Β Το ερώτημα είναι πώς θα ξεπεραστεί αυτή η δυσκολία. Λύση σε αυτό δίνουν οι ψευδο-δραστηριότητες (Dummy activities) μεταξύ των Α και Β Στην περίπτωση αυτή υπάρχουν τέσσερις διαφορετικές αλλά παρόμοιες καταστάσεις, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3,4-b. Οι ψευδο-δραστηριότητες δεν καταναλώνουν ούτε χρόνο ούτε πόρους. Το δίκτυο αυτό αντιπροσωπεύεται από μία διακεκομμένη γραμμή. Η χρησιμότητά τους έγκειται στο γεγονός να απεικονίσουν λογικές σχέσεις στο δίκτυο που δεν μπορεί να αναπαρασταθεί με άλλο τρόπο.

⁵² S.E. Elmagraby (2000). On Criticality and Sensitivity in Activity Networks. *European Journal of Operational Research* **127**, pp. 220-238.



Εικόνα 19. Παράλληλες δραστηριότητες - Χρήση ψευδό - δραστηριοτήτων

Ας υποθέσουμε ότι θα μας ζητηθεί να κάνετε το διάγραμμα σχέση ΑΟΑ που θα περιγράψουμε αμέσως: υποθέτουμε ότι οι συγκεκριμένες δραστηριότητες του σχεδίου Α και Β προηγούνται της C, ενώ η δραστηριότητα Β προηγείται της Α. Αρκετοί από εμάς είχαν κάνει το διάγραμμα που φαίνεται στο Σχήμα 3.5. Δυστυχώς, αυτή η άποψη είναι λάθος, όπως άφησε να εννοηθεί ότι οι δραστηριότητες Α και Β προηγούνται της Ε, η οποία έρχεται σε αντίθεση με την υπόθεση που έχουμε. Λύση δίνει η ψευδο-δραστηριότητα D1, έτσι ώστε το σωστό δίκτυο φαίνεται στο Σχήμα 3.6.



Εικόνα 20. Λάθος αριστερά και σωστή δεξιά αναπαράσταση.

Κανόνας 3: Για να βεβαιωθείτε ότι το διάγραμμα ΑΟΑ εμείς δομηθεί σωστά, θα πρέπει να απαντήσετε στις ακόλουθες ερωτήσεις, κάθε φορά που εισάγουν μια νέα δραστηριότητα στο δίκτυο:

- Ποιες δραστηριότητες πρέπει να έχουν ολοκληρωθεί πριν από τη νέα δραστηριότητα που θα εισαχθεί;

- Ποιες δραστηριότητες πρέπει να ακολουθήσουν αμέσως μετά τη νέα δραστηριότητα που εισάχθηκε;
- Ποιες δραστηριότητες πρέπει να πραγματοποιηθούν ταυτόχρονα με τη δραστηριότητα που εισάχθηκε;

Άλλες , χρήσιμες πληροφορίες, προκειμένου να φτιάξουμε το διάγραμμα **ΑΟΑ** είναι οι παρακάτω:

1. Πρώτα εντοπίζουμε τις δραστηριότητες που άλλες μπροστά τους και τις ενώνουμε με ένα μόνο κόμβο στην αρχή. Κάθε δραστηριότητα καταλήγει σε ένα μόνο κόμβο.
2. Μόνο ο κόμβος ρίζα του δικτύου συμβολίζεται με τον αριθμό (1), ενώ όλοι οι άλλοι κόμβοι αριθμούνται όταν έχουμε τελειώσει την κατασκευή του δικτύου.
3. Προσθέτουμε μόνο τις απαραίτητες ψευδό-δραστηριότητες.
4. Όταν όλες οι δραστηριότητες και οι δεσμοί μεταξύ τους αντιπροσωπεύονται στο διάγραμμα του δικτύου μπορεί να εξαλείψουμε τις "περιττές" ψευδό.
5. δραστηριότητες (μια ψευδό-δραστηριότητα ονομάζεται "περιττή" αν είναι η μόνη δραστηριότητα που αρχίζει ή τελειώνει σε μια συγκεκριμένη περίπτωση).
6. Έχοντας ολοκληρώσει τον αριθμό του διαγράμματος δικτύου με γεγονότα από αριστερά προς τα δεξιά πάντα βλέποντας το άκρο που έχει ένα μικρότερο αριθμό από την αρχή ενός γεγονότος.

Με τη βοήθεια αυτών των κανόνων θα καταστήσει το διάγραμμα δικτύου ΑΟΑ.

4.2.2. Κανόνες του δικτύου AON⁵³

Η ανάλυση δικτυωτού κόμβου (AON) είναι μια εναλλακτική προσέγγιση για την αναπαράσταση των διαγραμμάτων δικτύου. Στο δίκτυο AON οι άκρες αντιπροσωπεύουν τις σχέσεις μεταξύ των διαφόρων δραστηριοτήτων. Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της παράστασης είναι ότι δεν χρειάζονται ψευδο-πράξεις μεταξύ των διαφόρων δραστηριοτήτων, ώστε να πάρουμε λογικές σχέσεις μεταξύ τους. Για να κάνουμε το διάγραμμα δικτύου AON πρέπει να λάβουμε υπόψη μας τους ακόλουθους κανόνες:

- Όλοι οι κόμβοι εκτός από το τέλος του κόμβου θα πρέπει να έχει τουλάχιστον έναν κόμβο διαδοχής.
- Όλοι οι κόμβοι εκτός από το πρωτότυπο θα πρέπει να έχουν το λιγότερο έναν κόμβο που προηγείται πριν από αυτόν.
- Θα πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον ένας αρχικός και τουλάχιστον ένας τελικός κόμβος.
- Κάθε άκρο έχει μια αρχή και ένα τέλος.
- Ένα πλεονέκτημα ορίζει τη σχέση ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες δραστηριότητες.
- "Κύκλοι" στο διάγραμμα δικτύου δεν επιτρέπονται.

⁵³ Δημητριάδης Α. 'Διοίκηση – Διαχείριση Έργου', Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Έκδοση 4η 2009.

4.3. Το διάγραμμα Gantt⁵⁴

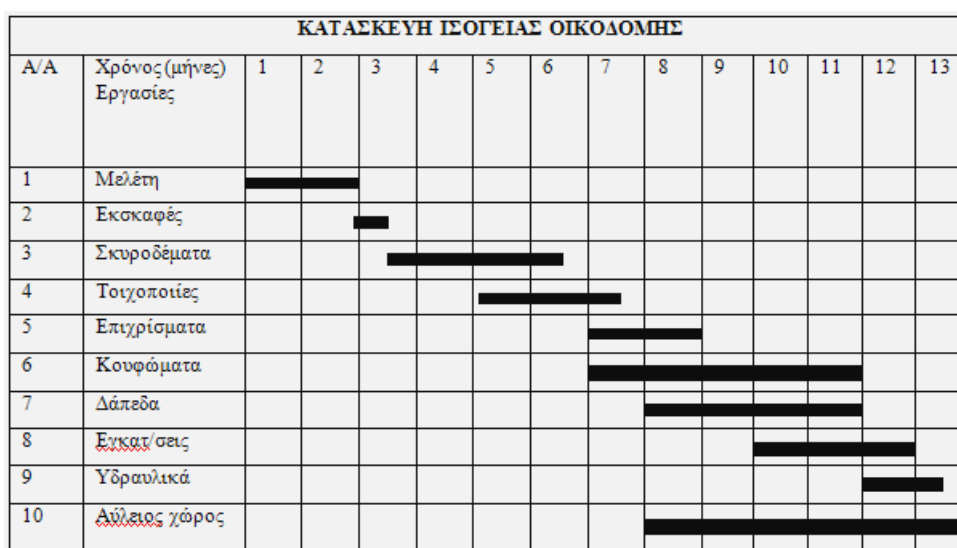
Το διάγραμμα Gantt αποτελεί την πρώτη σημαντική επιχείρηση προγραμματισμού. Η ονομασία του προήλθε από τον εμπνευστή του Χένρι Γκαντ. Πρόκειται για ένα οριζόντιο ιστόγραμμα το οποίο στηρίζεται στην αποτύπωση μέσω ευθύγραμμων τμημάτων των όλων ενεργειών και διαδικασιών που απαιτεί το έργο. Το μήκος των ευθύγραμμων τμημάτων εξαρτάται ανάλογα του χρόνου περάτωσης κάθε διαδικασίας. Η μέθοδος της υλοποίησης γραμμικών προγραμμάτων άρχισε στον πρώτο Παγκόσμιο Πόλεμο, όταν ο **Henry Gantt** εφηύρε και εφάρμοσε το γραμμικό διάγραμμα για να προγραμματίσει και να ελέγξει αποτελεσματικά τα ναυπηγικά έργα, με συνέπεια την ελαχιστοποίηση του χρόνου υλοποίησης των εν λόγω έργων.

Τα διαγράμματα Gantt αποτελούν μία αξιόλογη τεχνική για την μελέτη και την εξακρίβωση του απαιτούμενου χρόνου περάτωσης ενός έργου. Αναλυτικότερα χρησιμοποιούνται για τον προγραμματισμό μελλοντικών διαδικασιών καθώς και για τον έλεγχο της τήρησης των χρονικών ορίων ενός έργου. Η βασική τους προτεραιότητα αποτελεί ο έλεγχος της πορείας ενός έργου κατά την φάση της υλοποίησης. Μέσω των διαγραμμάτων αυτών μπορεί να γίνει μια εποπτεία όλων των διαδικασιών ώστε σε περίπτωση που κάποια δραστηριότητα αποκλίνει από τα καθορισμένα χρονικά όρια να εφαρμοστούν οι κατάλληλες ενέργειες.

Για τον σχεδιασμό ενός διαγράμματος Gantt, κρίνεται σκόπιμη η απαρίθμηση όλων των διαδικασιών που απαρτίζουν το έργο καθώς και οι χρόνοι διάρκειας τους. Έπειτα χαράσσονται και σχεδιάζονται όλες οι δραστηριότητες σε ένα φύλλο γραφικών παραστάσεων, και εν συνέχεια γίνεται η αναλυτική τους παρουσίαση. Στον οριζόντιο άξονα του γραφήματος τοποθετούνται τα χρονικά διαστήματα χωρισμένα ανάλογα της χρονικής διάρκειας των δραστηριοτήτων του έργου την χρονική διάρκεια του έργου, ενώ στον κατακόρυφο άξονα μπαίνουν τα ονόματα των δραστηριοτήτων του έργου. Είθισται οι δραστηριότητες να τοποθετούνται προς τα πάνω όσες ξεκινάνε πιο

⁵⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Henry_Gantt Ημερομηνία ανάκτησης: 25 Απριλίου 2016

νωρίς και προς τα κάτω όσες που αρχίζουν πιο αργά. Οι δραστηριότητες αναπαρίστανται με τα ονόματα τους ή μέσω κωδικών αριθμών οι αφορούν σε καθορισμένες διαδικασίες. Στο κύριο τώρα τμήμα του γραφήματος τοποθετούνται για κάθε δραστηριότητα και σε οριζόντια διάταξη οι ράβδοι αποτύπωσης του χρόνου, με μήκος ανάλογο με την χρονική διάρκεια που απαιτείται για την ολοκλήρωσή της. Κάθε ράβδος αρχίζει από το σημείο που στον οριζόντιο άξονα αντιστοιχεί με το χρονικό σημείο έναρξης της συγκεκριμένης δράσης.



Εικόνα 21. Διάγραμμα Gantt

Πηγή: [Πολύζος 2004]

Το διάγραμμα Gantt φέρει ορισμένα χαρακτηριστικά πλεονεκτήματα τα οποία παρουσιάζονται ακολούθως:

- Η σαφής απεικόνιση της χρονικής διάρκειας και της αλληλουχίας των δραστηριοτήτων.
- Ο απλός και γρήγορος τρόπος υλοποίησής του.
- Η απλότητα του το καθιστά κατανοητό ακόμα και σε άτομα τα οποία δεν διαθέτουν εξειδικευμένες γνώσεις.
- Είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για στατικά περιβάλλοντα.

Παράλληλα όμως στην εν λόγω τεχνική παρουσιάζονται και κάποια μειονεκτήματα:

- Δεν παρουσιάζει την εξάρτηση των δραστηριοτήτων μεταξύ τους δεδομένου ότι δεν λαμβάνεται υπόψιν η σχέση που πιθανόν να έχει η αρχή μια διαδικασίας με το τέλος κάποιας άλλης. Εξαίρεση αυτού συνιστούν τα μικρότερα διαγράμματα. Στα μεγαλύτερα και πολυπλοκότερα γραφήματα στα οποία οι δραστηριότητες είναι πάρα πολλές ο προσδιορισμός και η παρουσίαση των αλληλεξαρτήσεων τους καθίσταται πολύ δύσκολη.
- Η τεχνική αυτή αποφεύγεται σε μεγάλα έργα καθώς ο έλεγχος και η παρακολούθηση των δράσεων που απαρτίζουν το έργο είναι ιδιαίτερα.
- Δεν περιλαμβάνει την δυνατότητα να βελτιστοποιηθεί ένα έργο ως προς τον χρόνο και το κόστος.

4.4. Η μέθοδος κρίσιμης διαδρομής CPM⁵⁵

Η μέθοδος κρίσιμης διαδρομής (CPM) είναι μια τεχνική μοντελοποίησης έργου που αναπτύχθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1950 από τον Morgan R. Walker της DuPont και τον James E. Kelley Jr, του Remington Rand. Οι Kelley και Walker που σχετίζονται με την ανάπτυξη του CPM το 1989. Ο Kelley απέδωσε τον όρο «κρίσιμη διαδρομή» για τους προγραμματιστές του Προγράμματος Αξιολόγησης και της τεχνικής αναθεώρησης που αναπτύχθηκε περίπου την ίδια εποχή από τον Booz Allen Hamilton και το Πολεμικό Ναυτικό των ΗΠΑ. Οι πρόδρομοι του Critical Path είχαν αναπτυχθεί και τεθεί σε εφαρμογή από την DuPont μεταξύ 1940 και 1943 και συνέβαλαν στην επιτυχία του Προγράμματος Μανχάταν.

Η CPM χρησιμοποιείται συνήθως σε όλες τις μορφές των έργων, συμπεριλαμβανομένης της κατασκευής, της αεροδιαστημικής και άμυνας, ανάπτυξης λογισμικού, ερευνητικών προγραμμάτων, της ανάπτυξης προϊόντων, της μηχανικής, και της συντήρησης των φυτών, μεταξύ άλλων. Κάθε έργο με αλληλεξαρτώμενες δραστηριότητες μπορεί να εφαρμόσει αυτή τη μέθοδο της μαθηματικής ανάλυσης. Παρά το γεγονός ότι το αρχικό πρόγραμμα CPM και η προσέγγιση του δεν χρησιμοποιείται πλέον, ο όρος γενικά εφαρμόζεται σε κάθε προσέγγιση που χρησιμοποιείται για να αναλύσει ένα λογικό διάγραμμα δικτύων των έργων.

Η τεχνική CPM αρχικά δημιουργήθηκε για να καλύψει την σχέση χρόνου-κόστους η οποία προβλημάτιζε πολύ συχνά τους διαχειριστές του έργου και προέκυψε από το γεγονός ότι η σχέση μεταξύ του χρόνου για να ολοκληρωθεί και το κόστος μέχρι την ολοκλήρωση είναι πολύ σύνθετη.

Η ουσιαστική τεχνική για τη χρήση του CPM είναι να κατασκευάσει ένα μοντέλο του έργου που περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

⁵⁵ Samuel L. Baker, Ph.D. "Critical Path Method (CPM)" University of South Carolina, Health Services Policy and Management Courses.

- Μια λίστα όλων των δραστηριοτήτων που απαιτούνται για την ολοκλήρωση του έργου (συνήθως κατηγοριοποιούνται σε μια αναλυτική δομή εργασιών).
- Ο χρόνος (διάρκεια) που θα λάβει κάθε δραστηριότητα για να ολοκληρωθεί.
- Οι εξαρτήσεις μεταξύ των δραστηριοτήτων .
- Λογικά τελικά σημεία, όπως τα ορόσημα ή παραδοτέα αντικείμενα.

Από πολύ νωρίς, οι εφαρμογές αυτής της διαδικασίας είχαν τέτοια δημοτικότητα, που από τότε εφαρμόζεται σε ένα σημαντικό αριθμό έργων διαφορετικών τύπων παγκοσμίως. Για μια εντελώς επιτυχή εφαρμογή της μεθόδου θα πρέπει οι εκάστοτε επιμέρους εργασίες (ενέργειες ή δραστηριότητες) που συνδέονται με την εργασία, να έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Να είναι καλά καθορισμένες στη διάσταση του χρόνου και την ολοκλήρωσή τους για να συμπέσουν με την ολοκλήρωση του συνόλου του έργου.
- Να είναι ανεξάρτητες.
- Να ακολουθούν μια ακριβή σειρά υλοποίησης

Κοινά παραδείγματα που πληρούν τα παραπάνω χαρακτηριστικά κατασκευαστικά έργα, είναι η κατασκευή των αεροσκαφών και η ναυπηγική βιομηχανία και έτσι η μέθοδος CPM βρίσκει ευρεία εφαρμογή σε αυτό. Για πρακτική της μεθόδου έχει αναπτυχθεί μια συγκεκριμένη μεθοδολογία η οποία συνίσταται γενικά από τα ακόλουθα στάδια:

1. Ορισμός των εργασιών ή δραστηριοτήτων που αποτελούν το σύνολο του έργου.

2. Προσδιορισμός της σειράς (ακολουθίας) που χρειάζεται για την εκτέλεσή τους.
3. Εκτιμώμενος χρόνος ολοκλήρωσης κάθε εργασίας ή δραστηριότητα.
4. Σχεδιασμός των λειτουργιών του δικτύου, διατηρώντας παράλληλα την απαραίτητη αλληλουχία υλοποίησης του έργου.
5. Προσδιορισμός του δικτύου με διαδρομή από το αρχή μέχρι το τέλος του έργου, το συντομότερο δυνατό ξεκίνημα και την ολοκλήρωση της κάθε δράσης με βάση το δίκτυο και το χρόνο ολοκλήρωσης.
6. Προσδιορισμός του δικτύου, με διαδρομή από πίσω προς τα εμπρός, η πιο αργή ώρα έναρξης και λήξης της κάθε δράσης, με βάση τον ταχύτερο χρόνο ολοκλήρωσης του έργου καθορίζεται στο προηγούμενο βήμα.
7. Προσδιορισμός του χρόνου μπορεί να καθυστερήσει οποιαδήποτε ενέργεια (Χρονικό περιθώριο) με βάση τη διαφορά των χρόνων βρέθηκε στα δύο προηγούμενα βήματα.
8. Προσδιορισμός των κρίσιμων δράσεων είναι εκείνες των οποίων, η διαφορά των χρόνων είναι μηδέν και δεν μπορούν να καθυστερήσουν. Αυτές είναι η κρίσιμη διαδρομή.
9. Χρησιμοποιούμε τις πληροφορίες από τα βήματα 5 και 6 για το βασικό σχεδιασμό του έργου.

Είναι εύκολα κατανοητό ότι τα πιο σημαντικά στάδια που χρειάζονται για την εκτίμηση του χρόνου ολοκλήρωσης των επιμέρους δραστηριοτήτων και την εύρεση της κρίσιμης διαδρομής, δεν μπορούν να καθυστερήσουν. Έτσι, καταλαβαίνει κανείς ότι η μέθοδος CPM μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά σε περιπτώσεις όπου ο χρόνος για την περάτωση κάθε δραστηριότητας του έργου μπορεί να προσδιοριστεί με σχετική ακρίβεια. Αυτό συμβαίνει όταν υπάρχουν επαρκή δεδομένα σχετικά με τον προσδιορισμό των παραπάνω χρόνων, δηλαδή είτε στατιστικά στοιχεία από παρόμοια έργα ή σε έργα όπου οι υπεύθυνοι για τη διεξαγωγή του έργου μπορεί να βασίζονται σε τεχνικές γνώσεις της εμπειρία τους και να προβλέψουν σωστά τους χρόνους

περάτωσης ενεργειών. Δεδομένου των χρόνων ολοκλήρωσης των δραστηριοτήτων, τα αμέσως επόμενα βήματα είναι ο σχεδιασμός του δικτύου και ο προσδιορισμός της κρίσιμης διαδρομής.

4.4.1. Προσδιορισμός «Κρίσιμων Χρόνων» Δράσεων. Νωρίτερος χρόνος έναρξης (Early Start Time, ES) – Νωρίτερος χρόνος περάτωσης (Early Finish Time, EF)⁵⁶

Εν συνεχεία για την εύρεση της κρίσιμης διαδρομής πρέπει να γίνει ο υπολογισμός των κρίσιμων χρόνων των δραστηριοτήτων του έργου οι οποίοι είναι:

- **Νωρίτερος χρόνος περάτωσης (Early Finish Time, EF) μιας δραστηριότητας:** είναι ο νωρίτερος χρόνος κατά τον οποίο ολοκληρώνεται η συγκεκριμένη δραστηριότητα. Ο χρόνος αυτός ισούται με το άθροισμα του ES και της διάρκειας της δραστηριότητας.
- **Νωρίτερος χρόνος έναρξης (Early Start Time, ES) μιας δραστηριότητας:** είναι ο Νωρίτερος χρόνος κατά τον οποίο μπορεί να ξεκινήσει η συγκεκριμένη δραστηριότητα. Το πόσο νωρίς εξαρτάται από τους χρόνους περάτωσης των προηγούμενων δραστηριοτήτων.

Για τον εντοπισμό των δύο αυτών χρόνων χρησιμοποιούμε έναν αλγόριθμο με συγκεκριμένα βήματα:

Αρίθμηση

1^ο Βήμα: Η δραστηριότητα έναρξης παίρνει τον αριθμό 0

2^ο Βήμα: Αριθμούμε τις δραστηριότητες που ακολουθούν την πρώτη με αύξοντα αριθμό

⁵⁶ Kelley, James; Walker, Morgan. Critical-Path Planning and Scheduling. 1959 Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference.

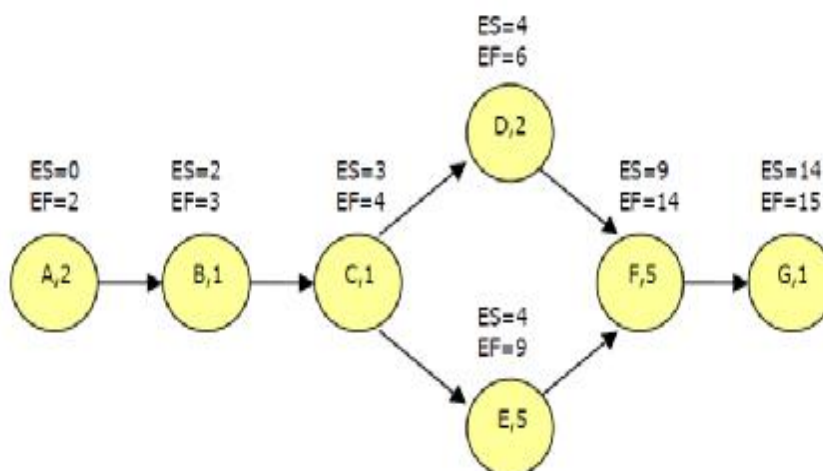
Σάρωση προς τα εμπρός

1° Βήμα: Θεωρώ $ES(0) = 0$ και $EF(0)=0$ σε $ES(j)$ και $EF(j)$ όπου $j = 1,2,3\dots$

2° Βήμα: $ES(j) = \text{maximum}\{EF(i)\}$ όπου $i=0,1,2,3\dots j-1$ και $\sigma_{ij}=1$ ($\sigma_{ij}=1$ με $i < j$ σημαίνει ότι η δραστηριότητα i είναι αναγκαστική για την δραστηριότητα j).

3° Βήμα: $EF(j)=ES(j)+D_j$ όπου D_j ο χρόνος της δραστηριότητας j .

Η τεχνική για τον εντοπισμό αυτών των χρόνων είναι ότι θεωρείται το έργο ξεκινά σε χρόνο μηδέν, και έτσι είναι $ES = 0$ για την δράση A η οποία είναι η αρχική δραστηριότητα στην ακολουθία των δραστηριοτήτων. Ο συντομότερος χρόνος ολοκλήρωσης EF για την δράση A θα είναι $ES + 2$ αφού δύο εβδομάδες είναι ο χρόνος της δράσης αυτής, άρα $EF = 2$. Η επόμενη ενέργεια είναι η B, η οποία, φυσικά, δεν μπορεί να αρχίσει αν η προηγούμενη δράση δεν έχει ολοκληρωθεί. Έτσι, οι ES για τη δραστηριότητα B θα ταυτιστεί με την EF της A η οποία ήταν 2 και έτσι προκύπτει ότι $ES = 2$ για τη δράση B. Είναι τώρα γνωστό ότι η διάρκεια της δράσης της B είναι 1, άρα $EF = ES + 1 = 2 + 1 = 3$ για εκείνη. Μετά από αυτή τη διαδικασία και με τη χρήση των χρόνων διάρκειας των δράσεων από την εικόνα 22, παράγεται η ακόλουθη διαμόρφωση των δράσεων του δικτύου και σημειώνονται οι ES και EF για όλες τις δράσεις.



Εικόνα 22. Οι δράσεις ενός δικτύου και οι χρόνοι ES,EF

4.4.2. Προσδιορισμός «Κρίσιμων Χρόνων» Δράσεων. Βραδύτερος χρόνος έναρξης (Late Start Time, LS) – Βραδύτερος χρόνος περάτωσης (Late Finish Time, LF)⁵⁷

Το μετέπειτα στάδιο της τεχνικής CPM είναι ο προσδιορισμός των βραδύτερων χρόνων έναρξης και ολοκλήρωσης των δραστηριοτήτων του έργου, οι οποίοι είναι:

- Βραδύτερος χρόνος ολοκλήρωσης (**Late Finish Time, LF**) της δραστηριότητας είναι η μέγιστη χρονική στιγμή σύμφωνα με την οποία δύναται να ολοκληρωθεί μια δραστηριότητα χωρίς την παράταση του προβλεπόμενου χρόνου περάτωσης του έργου.
- Βραδύτερος χρόνος έναρξης (**Late Start Time, LS**) της δραστηριότητας είναι η μέγιστη χρονική στιγμή σύμφωνα με την δύναται να ξεκινήσει μια δραστηριότητα χωρίς την παράταση του προβλεπόμενου χρόνου περάτωσης του. Ο χρόνος αυτός είναι ίσος με τον χρόνο **LF** μείον την χρονική διάρκεια της δραστηριότητας.

Για τον προσδιορισμό των εν λόγω χρόνων πρέπει να κάποιος να αρχίσει από το τέλος με κατεύθυνση προς την αρχή του δικτύου ελέγχοντας κάθε δραστηριότητα ξεχωριστά. Ο αλγόριθμος είναι ο ακόλουθος:

Σάρωση προς τα πίσω

1^ο Βήμα : Έστω $L(n)$ ο απαιτούμενος χρόνος για την υλοποίηση του έργου.

Τότε $LS(n)=L(n)$ και $LF(n)=L(n)$.

Για $i=n-1, n-2, \dots, 0$, έχουμε

2ο Βήμα : $LF(i) = \text{minimum}\{LS(j)\}$ όπου $j=i+1, i+2, \dots, n$ και $s_{ij}=1$

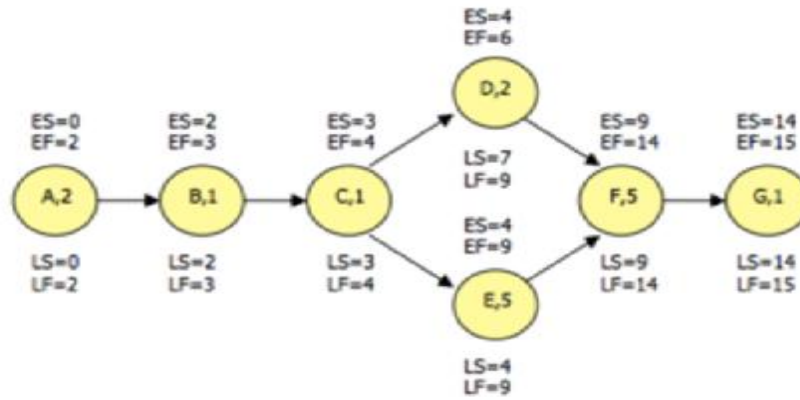
όπου το ελάχιστο υπολογίζεται σε σχέση με όλες τις δραστηριότητες (j), οι οποίες έχουν ως αναγκαστική δραστηριότητα την i .

⁵⁷ Kelley, James; Walker, Morgan. Critical-Path Planning and Scheduling. 1959 Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference.

3ο Βήμα : $LS(i) = LF(i) - D_i$ όπου D_i ο χρόνος της δραστηριότητας i .

Με βάση το παραπάνω παράδειγμα που εξηγήσαμε τους νωρίτερους χρόνους του έργου για να προσδιορίσει κάποιος τους βραδύτερους θα πρέπει να ξεκινήσει από το τέλος του δικτύου προς την αρχή κοιτάζοντας μία μία τις δράσεις. Όπως έχει ήδη αποδειχθεί, ο γρηγορότερος χρόνος ολοκλήρωσης του έργου ισούται με το EF της τελευταίας ενέργειας που είναι 15 (βλέπε παραπάνω Πίνακα). Εφ' όσον μας ενδιαφέρει η συνολική διάρκεια του έργου να μην ξεπεράσει αυτό το δυνατό χρόνο, είναι κατανοητό ότι ο βραδύτερος χρόνος LF ολοκλήρωσης της δράσης G μπορεί να είναι μόνο 15. Δηλαδή, η δράση G δεν μπορεί να τελειώσει μετά τις 15 εβδομάδες, διότι θα υπάρξει μια συνολική περίοδος παράτασης του έργου. Έτσι, $LF = 15$ για την δράση G, και προφανώς το LS για το G είναι $LS = LF - 1 = 15 - 1 = 14$, (όπου 1 είναι η διάρκεια της δράσης G) δηλαδή ο γρηγορότερος δυνατός χρόνος εκκίνησης για την δράση G, είναι η δράση LF, μείον τη διάρκεια της που στην περίπτωσή μας είναι 1 .

Για την F είναι φανερό ότι αφού ο βραδύτερος χρόνος που μπορεί να αρχίσει η επόμενη δράση της G, είναι στις 14 εβδομάδες ($LS = 14$ για την G), δεν μπορεί να τελειώσει αργότερα από τις 14 εβδομάδες χωρίς να μεγαλώσει ο χρόνος ολόκληρου του έργου. Άρα ο βραδύτερος χρόνος ολοκλήρωσης της δράσης F είναι $LF = 14$ και προφανώς ο βραδύτερος χρόνος έναρξης θα είναι το LF της F μείον την διάρκειά της που είναι 5 εβδομάδες. Άρα $LS = LF - 5 = 14 - 5 = 9$ για τη δράση F. Το μοτίβο της εύρεσης για τις υπόλοιπες δράσεις είναι το ίδιο με την F κ παρακάτω παραθέτω τον ολοκληρωμένο πίνακα με τους βραδύτερους και νωρίτερους χρόνους καθώς και τους μαθηματικούς τύπους εύρεσης των χρόνων αυτών.



Εικόνα 23. Οι δράσεις ενός δικτύου και οι χρόνοι ES,EF,LS,LF

4.4.3. Χρονικό Περιθώριο Δράσης (Slack time) και Κρίσιμη Διαδρομή (Critical path)⁵⁸

Εφόσον έχουν προσδιοριστεί οι κρίσιμοι χρόνοι δράσεων ES, EF, LS και LF εν συνεχεία μπορούν να υπολογιστούν τα χρονικά περιθώρια των δραστηριοτήτων καταλήγοντας στην κρίσιμη διαδρομή.

Το **χρονικό περιθώριο δράσης (Slack time)** είναι το χρονικό όριο σύμφωνα με το οποίο μια δραστηριότητα μπορεί να αργήσει χωρίς να παραταθεί ο προβλεπόμενος χρόνος περάτωσης όλου του έργου. Το χρονικό περιθώριο δίνεται από τον εξής τύπο :

$$(\text{Slack})_i = (\text{Latest Start})_i - (\text{Earliest Start})_i, \text{ ή } = (\text{Latest Finish})_i - (\text{Earliest Finish})_i.$$

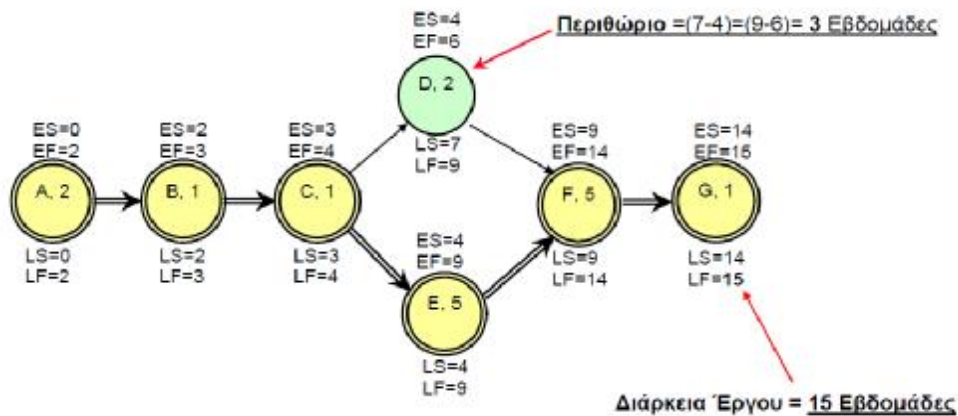
Μετά τον υπολογισμό των χρονικών περιθωρίων δράσης υπολογίζεται η **κρίσιμη διαδρομή (critical path)** σε ένα δίκτυο δραστηριοτήτων που ορίζεται ως η πιο μεγάλη σε διάρκεια διαδρομή από συνδεδεμένες μεταξύ τους δραστηριότητες από την αρχή έως το τέλος του έργου, οποιαδήποτε δραστηριότητα καθυστερήσει, αυτό θα επιμηκύνει και την περάτωση 'του έργου. Επίσης δύναται να οριστεί και ως η διαδρομή στην οποία οι δραστηριότητες που περιλαμβάνει έχουν slack time ίσον με

⁵⁸ Samuel L. Baker, Ph.D. "Critical Path Method (CPM)" University of South Carolina, Health Services Policy and Management Courses.

μηδέν ή επίσης η διαδρομή για την οποία τα ζευγάρια (ES, EF) (LS, LF) είναι ίδια.

Οι δραστηριότητες οι οποίες περιλαμβάνονται στο Critical path ορίζονται ως κρίσιμες δραστηριότητες. Σε περίπτωση που για κάποια δραστηριότητα βρεθεί ότι έχει μηδενικό περιθώριο χρόνου αυτή ανήκει σίγουρα στην κρίσιμη διαδρομή. Σε αρκετές περιπτώσεις ειδικότερα σε πιο σύνθετα δίκτυα μπορεί να υπάρχουν περισσότερες από μια κρίσιμες διαδρομές. Ο συνολικός χρόνος όλων αυτών των κρίσιμων διαδρομών παραμένει ίδιος και είναι πάντα πιο μεγάλος από τον συνολικό χρόνο άλλων διαδρομών του δικτύου.

Το ακόλουθο σχήμα αποτελεί μια ικανοποιητική εξήγηση για τον προσδιορισμό της κρίσιμης διαδρομής. Παρατηρούμε ότι για όλες τις δραστηριότητες το περιθώριο χρόνου είναι μηδενικό εκτός από την δραστηριότητα D της οποίας το χρονικό περιθώριο είναι διάφορο του μηδενός. Επομένως η δράση D είναι η μοναδική η οποία δεν ανήκει στην κρίσιμη διαδρομή. Η κρίσιμη διαδρομή είναι η A-B-C-E-F-G.



Εικόνα 24. Η κρίσιμη διαδρομή του δικτύου

4.5. Η μέθοδος PERT⁵⁹

Η ανάπτυξη της τεχνικής PERT υλοποιήθηκε ταυτόχρονα αλλά ανεξάρτητα από την τεχνική CPM. Όμως σε σύντομο χρονικό διάστημα εξελίχθηκε και αυτή όπως η CPM σε μια ευρέως διαδεδομένη μέθοδος η οποία συνιστά ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο στην διαχείριση και τον προγραμματισμό των έργων. Οι δύο αυτές τεχνικές φέρουν πολλές εντυπωσιακές ομοιότητες αν αναλογιστεί κάποιος ότι αναπτύχθηκαν ανεξάρτητα. Το γεγονός αυτό δικαιολογείται εν μέρει λόγω του ίδιου πρόγονου που και οι δύο έχουν, το γνωστό διάγραμμα Gantt. Μολονότι με το διάγραμμα Gantt παρέχεται η δυνατότητα οπτικοποίησης των σχέσεων που διέπουν τις επιμέρους διαδικασίες ενός έργου δράσεων σε συνάρτηση με τον χρόνο, η έκφραση των αλληλοσυσχετίσεων μεταξύ τους κρίνεται ιδιαίτερα πολύπλοκη ειδικά όταν ο αριθμός των διαδικασιών είναι αρκετά μεγάλος. Εν αντιθέσει με τις τεχνικές CPM και PERT οι οποίες επιτρέπουν την διαχείριση μεγάλου αριθμού δράσεων μέσα στο έργο ενώ παράλληλα εντοπίζουν και το κρίσιμο μονοπάτι.

Σύμφωνα με τα παραπάνω είναι προφανής η ομοιότητα ανάμεσα στις τεχνικές CPM και PERT. Η απεικόνιση του δικτύου δράσεων και στις δύο τεχνικές υλοποιείται μέσω κόμβων και βελών. Η τεχνική CPM χρησιμοποιεί τους κόμβους για την έκφραση των δράσεων και τα βέλη για την υπόδειξη της ακολουθίας τους, ενώ η μέθοδος PERT χρησιμοποιούσε τα βέλη για να απεικονίσει τις δράσεις και τους κόμβους για να υποδείξει την έναρξη και την ολοκλήρωσης τους. Ωστόσο με την πάροδο του χρόνου ο τρόπος απεικόνισης των δράσεων της μεθόδου CPM θεωρήθηκε πιο αποτελεσματικός και έτσι στην τεχνική PERT τείνει η επικράτηση του ίδιου συμβολισμού.

Μια ακόμα καίρια διαφοροποίηση μεταξύ των τεχνικών είναι ότι η τεχνική CPM για τον προσδιορισμό του απαιτούμενου χρόνου περάτωσης των δράσεων χρησιμοποιεί μία εκτίμηση εν αντιθέσει με την PERT στην οποία χρησιμοποιούνται τρεις εκτιμήσεις η αισιόδοξη, η απαισιόδοξη και η πλέον πιθανή. Η εν λόγω διαφορά

⁵⁹ Δημητριάδης Α. 'Διοίκηση – Διαχείριση Έργου', Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Έκδοση 4η 2009.

προσδίδει την δυνατότητα στην PERT μέσω εργαλείων στατιστικής η εύρεση της πιθανότητας ολοκλήρωσης ενός έργου πριν ή μετά το πέρας της καθορισμένης ημερομηνίας.

4.5.1. Εκτίμηση χρόνου περάτωσης εργασιών⁶⁰

Στην τεχνική CPM η διάρκεια κάθε διαδικασίας του έργου είναι σταθερή δεν διέπεται από το παράγοντα της τυχαιότητας ο οποίος μπορεί να επηρεάσει το μέτρο της. Στην πράξη όμως η τυχαιότητα διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο για τον προσδιορισμό του χρόνου ολοκλήρωσης των δράσεων ειδικά σε περιπτώσεις εργασιών στις οποίες δεν υπάρχει η απαιτούμενη εμπειρία ή υπόκεινται σε εξωτερικούς αστάθμητους παράγοντες (οικονομικοί, καιρός). Στις εν λόγω περιπτώσεις εφαρμόζονται τεχνικές στις οποίες η αβεβαιότητα του χρόνου περάτωσης των διαδικασιών δύναται να αναπαρασταθεί μέσω κατανομών στατιστικής.

Η τεχνική PERT βασίζεται στον κανόνα ότι η διάρκεια της δράσεων ενός έργου αποτελεί μια στοχαστική μεταβλητή η οποία ακολουθεί την κατανομή βήτα. Για τον προσδιορισμό της μεταβλητής αυτής χρησιμοποιούνται τρεις εκτιμήσεις :

- **Αισιόδοξη εκτίμηση a:** αναφέρεται στην πιο αισιόδοξη εκτίμηση του χρόνου περάτωσης της δραστηριότητας, που προκύπτει λαμβάνοντας υπόψιν τις πιο ευνοϊκές συνθήκες . Υπάρχει μια ελάχιστη πιθανότητα, μικρότερη από 1% η περάτωση της δραστηριότητας να επιτευχθεί σε πιο λίγο χρόνο.
- **Απαισιόδοξη εκτίμηση b:** αναφέρεται στην πιο απαισιόδοξη εκτίμηση του χρόνου περάτωσης της δραστηριότητας, που προκύπτει λαμβάνοντας υπόψιν τις πιο δυσμενείς συνθήκες . Υπάρχει μια ελάχιστη πιθανότητα, μικρότερη από 1% η περάτωση της δραστηριότητας να επιτευχθεί σε πιο μεγάλο .
- **Η πλέον πιθανή εκτίμηση m :** η πιο συχνή τιμή που θα εμφανιστεί, αν η

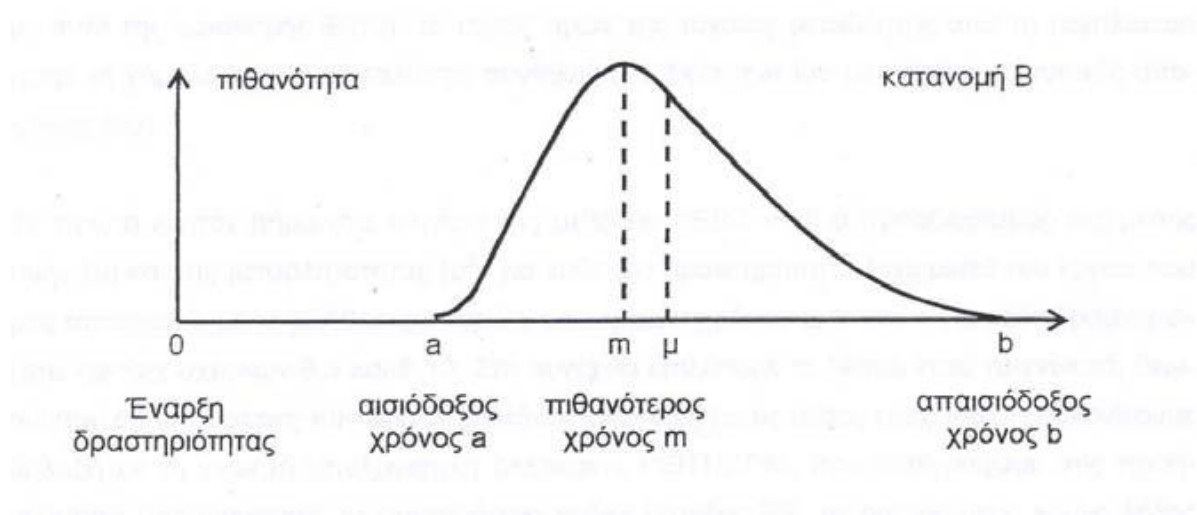
⁶⁰ R. Loolou and T. Beale (1976). A comparison of Variance Techniques in PERT Simulations. *Canadian Journal of Operations Research and Information Processing* **14**,pp. 259-269.

δραστηριότητα εκτελεστεί αρκετές φορές.

4.5.2. Αναμενόμενος χρόνος εκτέλεσης – Υπολογισμός της κρίσιμης διαδρομής⁶¹

Θεωρούμε ότι η διάρκεια κάθε δραστηριότητας του έργου είναι μια ανεξάρτητη και στοχαστική μεταβλητή η οποία ακολουθεί την κατανομή Βήτα. Στην κατανομή αυτή δύναται η ικανοποιητική περιγραφή του στοχαστικού χαρακτήρα που φέρουν οι διάρκειες των δράσεων διότι όπως διακρίνεται στο σχήμα 25 διαθέτει μια πιο πιθανή τιμή ενώ οι δύο τιμές που τέμνουν τον άξονα είναι πεπερασμένες και μεγαλύτερες του μηδέν. Η μέση τιμή της κατανομής αντιστοιχεί στην πλέον πιθανή τιμή m ενώ οι τομές της καμπύλης με τον άξονα αντιστοιχούν στον **αισιόδοξο χρόνο a** και στον **απαισιόδοξο χρόνο b** .

Η κατανομή Βήτα μοιάζει αρκετά με την κανονική κατανομή. Η διαφοροποίηση τους έγκειται ως προς την συμμετρία (η κανονική είναι πάντα συμμετρική) και το γεγονός ότι στην βήτα ο άξονας τέμνεται σε δύο τιμές από τα άκρα της καμπύλης της εν αντιθέσει με την κανονική στην οποία τα άκρα της είναι ασυμπτωτικά .



Εικόνα 25. Βήτα κατανομή

Χρησιμοποιώντας τις τρεις εκτιμήσεις για τον προσδιορισμό της χρονικής διάρκειας

⁶¹ R. Loolou and T. Beale (1976). A comparison of Variance Techniques in PERT Simulations. *Canadian Journal of Operations Research and Information Processing* 14,pp. 259-269.

μιας δραστηριότητας του έργου υπολογίζεται ο αναμενόμενος ή μέσος χρόνος περάτωσης t οποίος δίνεται από τον παρακάτω τύπο :

$$t = \frac{a + 4m + b}{6}$$

Ο τύπος αυτός προκύπτει από την κατανομή βήτα και δίνει ιδιαίτερη σημασία στην πλέον πιθανή εκτίμηση τέσσερις φορές εν συγκρίσει με τις άλλες δύο εκτιμήσεις.

Αντίστοιχα υπολογίζεται και η μεταβλητότητα του χρόνου ολοκλήρωσης μιας δραστηριότητας η οποία συμπίπτει με την διακύμανση της κατανομής βήτα και δίνεται από τον ακόλουθο τύπο :

$$\sigma^2 = \left(\frac{b - a}{6} \right)^2$$

Ο τύπος που δίνει την διακύμανση της διάρκειας μιας δραστηριότητας παραλείπει την πλέον πιθανή εκτίμηση λαμβάνοντας υπόψιν μόνο τις άλλες δύο εκτιμήσεις.

Χρησιμοποιώντας τα στοιχεία που απαρτίζουν τις δραστηριότητές την αλληλουχία και τον αναμενόμενο χρόνο ολοκλήρωσης μπορεί να κατασκευαστεί το δίκτυο δραστηριοτήτων. Ένα μονοπάτι στο οποίο οι δράσεις διαθέτουν μηδενικό χρονικό περιθώριο ονομάζεται κρίσιμο μονοπάτι ή διαδρομή. Οι δράσεις που βρίσκονται πάνω στην κρίσιμη διαδρομή χαρακτηρίζονται κρίσιμες δράσεις. Η **κρίσιμη διαδρομή** είναι στην ουσία το μονοπάτι με την πιο μεγάλη χρονική διάρκεια το οποίο ενώνει την αρχή με το τέλος του έργου.

Ο αναμενόμενος χρόνος περάτωσης του έργου είναι ίσος με το άθροισμα όλων των κρίσιμων δραστηριοτήτων. Η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση του χρόνου ολοκλήρωσης του έργου εξαρτώνται από την μέση τιμή και τυπική απόκλιση των επιμέρους δραστηριοτήτων. **Σύμφωνα λοιπόν με το κεντρικό οριακό θεώρημα το άθροισμά των τιμών ενός μεγάλου αριθμού στοχαστικών μεταβλητών οι οποίες ακολουθούν την ίδια κατανομή είναι και αυτό μια στοχαστική μεταβλητή η**

οποία ακολουθεί την κανονική κατανομή.

Η μέση τιμή της μεταβλητής αυτής ή ο αναμενόμενος χρόνος περάτωσης του έργου ισούται με το άθροισμα των χρόνων περάτωσης των κρίσιμων δραστηριοτήτων και δίνεται από τον τύπο :

$$T = \sum t$$

Αντίστοιχα η διακύμανση είναι ίση με το άθροισμα των διακυμάνσεων των κρίσιμων δραστηριοτήτων και δίνεται από τον τύπο :

$$\sigma_T^2 = \sum \sigma^2$$

Συγκεντρωτικά λοιπόν έχουμε τα ακόλουθα μεγέθη :

- t = αναμενόμενος χρόνος ολοκλήρωσης μια δραστηριότητας του έργου.
- σ^2 = διακύμανση χρόνου ολοκλήρωσης μιας δραστηριότητας
- T = αναμενόμενος χρόνος ολοκλήρωσης ενός έργου
- σ_T^2 = διακύμανση του χρόνου ολοκλήρωσης του έργου.

4.5.3. Καθορισμός πιθανότητας ολοκλήρωσης του έργου εντός ορισμένου χρόνου⁶²

Όπως προαναφέραμε ο χρόνος περάτωσης T του έργου ακολουθεί την κανονική κατανομή. Η εν λόγω θεώρηση εφαρμόζεται κυρίως στα πολύ μεγάλα έργα όμως δίνει σχετικά ακριβείς εκτιμήσεις και για μεσαίου μεγέθους έργα. Καθίσταται λοιπόν δυνατός ο υπολογισμός της πιθανότητας περάτωσης του έργου εντός ενός χρονικού

⁶² J. Magott and Kamil Skudlarski (1993). Estimating the mean completion time of PERT networks with exponentially distributed durations of activities. *European Journal of Operational Research* **71**, pp. 70-79..

πλαίσιου εφόσον πρώτα έχει εντοπιστεί το κρίσιμο μονοπάτι και έχει γίνει υπολογισμός του αναμενόμενου χρόνου και της διακύμανσης του έργου.

Με βάση την θεωρία των πιθανοτήτων, μια τυχαία μεταβλητή X ακολουθεί την κανονική κατανομή $N(\mu, \sigma^2)$ τότε η μεταβλητή $Z = \frac{X-\mu}{\sigma}$ ακολουθεί την τυποποιημένη κανονική κατανομή $N(0,1)$. Σύμφωνα λοιπόν το παραπάνω δύναται να υπολογιστεί η πιθανότητα ολοκλήρωσης ενός έργου πριν ή μετά από ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Η τυποποιημένη κανονική κατανομή έχει συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας :

$$\varphi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}$$

Και συνάρτηση κατανομής:

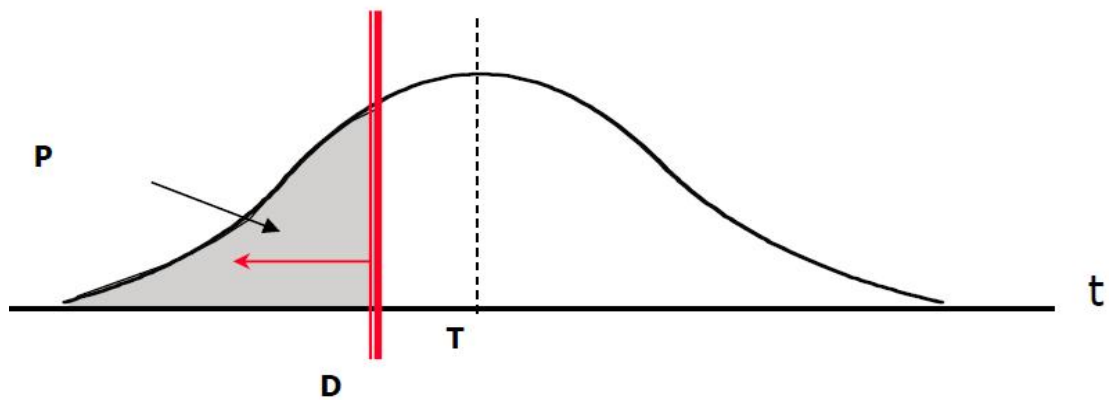
$$\Phi(z) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\right) \int_{-\infty}^z e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

Εφόσον έχει υπολογιστεί ο αναμενόμενος χρόνος ολοκλήρωσης του έργου T και η διακύμανση της χρόνου ολοκλήρωσης σ_T^2 , η μεταβλητή ισούται με $Z = \frac{D-T}{\sqrt{\sigma_T^2}}$ (1) όπου το D είναι το χρονικό όριο για να τελειώσει πριν ή μετά από αυτό το έργο.

Στην περίπτωση του υπολογισμού της πιθανότητας σε χρόνο μικρότερο από το D η πιθανότητα που αναζητούμε είναι η εξής :

Πιθανότητα (διάρκεια έργου $\leq x$) = Probability ($Z \leq z_x$) = $\Phi(z_x)$

Η τιμή z_x προκύπτει από την σχέση (1). Βρίσκοντας την τιμή της και με την χρήση των σχετικών πινάκων για την κανονική κατανομή, εντοπίζεται η ζητούμενη πιθανότητα.



Εικόνα 25. Η πιθανότητα ολοκλήρωσης του έργου πριν την χρονική στιγμή D

Για τον υπολογισμό της πιθανότητας ολοκλήρωσης του έργου σε χρόνο μεγαλύτερο από τον D η ζητούμενη πιθανότητα δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

Πιθανότητα (διάρκεια έργου $\geq x$) = Probability ($Z \geq z_x$) = $1 - P(Z \leq z_x)$ = $1 - \Phi(z_x)$.

Αντίστοιχα την χρήση των σχετικών πινάκων για την κανονική κατανομή, εντοπίζεται η ζητούμενη πιθανότητα.

4.6. Το παράδειγμα της αποθήκης

Ο R. C. Coleman διανέμει μια μεγάλη ποικιλία προϊόντων διατροφής που πωλούνται μέσω παντοπωλείων και σούπερ μάρκετ. Η εταιρεία δέχεται παραγγελίες απευθείας από τα μεμονωμένα καταστήματα, με μια στάνταρ παραγγελία να είναι από 20 έως 50 διαφορετικά προϊόντα. Σύμφωνα με την ισχύουσα λειτουργία αποθήκης, της εταιρείας, οι υπάλληλοι αποθήκης στέλνουν προσωπικό για να γεμίσει κάθε παραγγελία και να μεταφέρουν τα εμπορεύματα στην περιοχή της αποθήκης που είναι για αποστολή. Λόγω του υψηλού κόστους εργασίας και της σχετικά χαμηλής παραγωγικότητας, η διοίκηση έχει αποφασίσει την αυτοματοποίηση της διαχείρισης και λειτουργίας της αποθήκης με εγκατάσταση ενός συστήματος προκειμένου η ετοιμασία της παραγγελίας να ελέγχεται από τον υπολογιστή, μαζί με ένα σύστημα μεταφοράς για τη μετακίνηση εμπορευμάτων από την αποθήκευση στο χώρο της αποστολής.

Ο R. C. Coleman είναι διευθυντής της διαχείρισης υλικού έχει ονομαστεί διαχειριστής του έργου και είναι υπεύθυνος για το αυτοματοποιημένο σύστημα αποθήκης. Μετά από διαβούλευση με το μηχανικό προσωπικό και το προσωπικό διαχείρισης της αποθήκης, ο διευθυντής έχει συντάξει έναν κατάλογο των δραστηριοτήτων που συνδέονται με το έργο. Ο αισιόδοξος, ο πιο πιθανός, και απαισιόδοξος χρόνος (σε εβδομάδες) έχουν επίσης δοθεί για κάθε δραστηριότητα.

Activity	Description	Immediate Predecessor
A	Determine equipment needs	—
B	Obtain vendor proposals	—
C	Select vendor	A, B
D	Order system	C
E	Design new warehouse layout	C
F	Design warehouse	E
G	Design computer interface	C
H	Interface computer	D, F, G
I	Install system	D, F
J	Train system operators	H
K	Test system	I, J

Activity	Time		
	Optimistic	Most Probable	Pessimistic
A	4	6	8
B	6	8	16
C	2	4	6
D	8	10	24
E	7	10	13
F	4	6	8
G	4	6	20
H	4	6	8
I	4	6	14
J	3	4	5
K	2	4	6

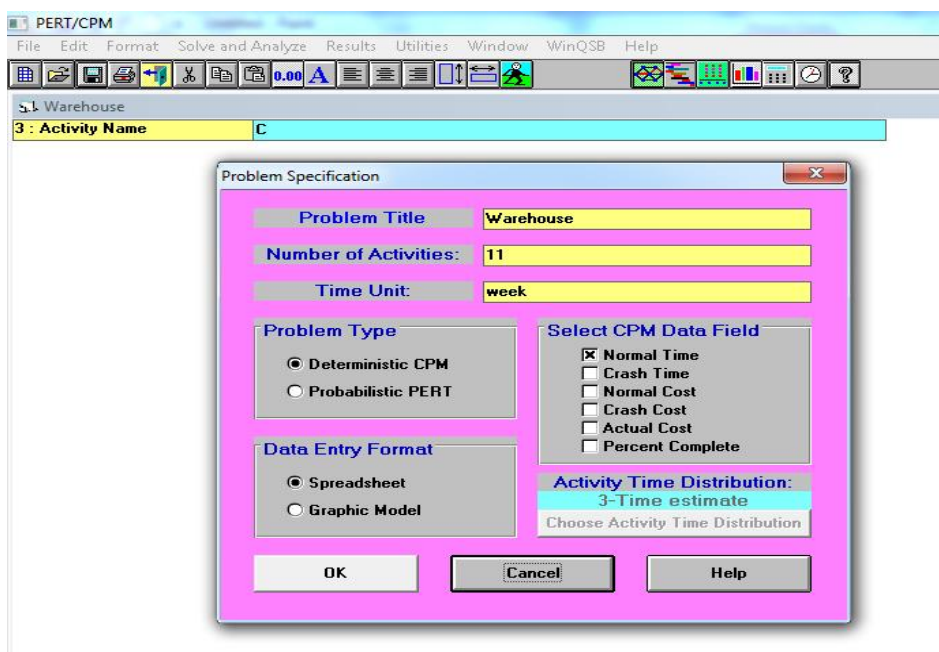
Αναπτύξτε μια έκθεση που παρουσιάζει το πρόγραμμα δραστηριοτήτων και τον προσδοκώμενο χρόνο ολοκλήρωσης του έργου για το έργο επέκτασης της αποθήκης. Να συμπεριλάβετε ένα έργο δικτύου στην έκθεση . Επιπλέον , να λάβετε υπόψη τα ακόλουθα ζητήματα :

- A. Η ανώτατη διοίκηση του R. C. Coleman έχει δημιουργήσει ένα απαιτούμενο χρόνο ολοκλήρωσης 40 εβδομάδων για το σχέδιο. Μπορεί να επιτευχθεί αυτός ο χρόνος ολοκλήρωσης ; Συμπεριλάβετε πληροφορίες πιθανοτήτων σε αυτή τη συζήτηση. Τι προτάσεις έχετε , αν απαιτείται ο χρόνος ολοκλήρωσης των 40 εβδομάδων ;
- B. Ας υποθέσουμε ότι η διαχείριση απαιτεί να συντομευθεί ο χρόνος των δραστηριοτήτων για να παρέχει μια πιθανότητα 80 % της επίτευξης του χρόνου ολοκλήρωσης των 40 εβδομάδων . Αν η διακύμανση στο χρόνο ολοκλήρωσης του έργου είναι η ίδια με αυτή του μέρους (α) , πόσο θα πρέπει να μικρύνει ο αναμενόμενος χρόνος ολοκλήρωσης του έργου ώστε να επιτευχθεί ο στόχος της 80% πιθανότητας για ολοκλήρωση μέσα σε 40 εβδομάδες;
- C. Χρησιμοποιώντας τους αναμενόμενους χρόνους δραστηριότητας σαν κανονικούς χρόνους και τις παρακάτω πληροφορίες συντριβής, να προσδιοριστούν οι αποφάσεις συντετριμμένων δραστηριοτήτων και το αναθεωρημένο πρόγραμμα δράσης για το έργο επέκτασης της αποθήκης .

Απάντηση στο ερώτημα Α. Η ανώτατη διοίκηση του R. C. Coleman έχει δημιουργήσει ένα απαιτούμενο χρόνο ολοκλήρωσης 40 εβδομάδων για το σχέδιο. Μπορεί να επιτευχθεί αυτός ο χρόνος ολοκλήρωσης ; Συμπεριλάβετε πληροφορίες πιθανοτήτων σε αυτή τη συζήτηση. Τι προτάσεις έχετε , αν απαιτείται ο χρόνος ολοκλήρωσης των 40 εβδομάδων ;

Μέσω του προγράμματος Winqsb.

Στο πρόγραμμα Winqsb ανοίγουμε την εφαρμογή PERT/CPM και εισάγουμε τον τίτλο του προβλήματος (warehouse), τον αριθμό των δραστηριοτήτων (11) και τη μονάδα μέτρησης του χρόνου (εβδομάδες- weeks). Στη συνέχεια πατάμε Deterministic CPM στο πεδίο «Problem Type», το «Data Entry Format» το αφήνουμε με την default επιλογή spreadsheet γιατί το graphic model μπορούμε να το δούμε και στη συνέχεια. Στο πεδίο «Select CPM Data Field» τσεκάρουμε το Normal Time και πατάμε OK. Η Διεπαφή του χρήστη φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.



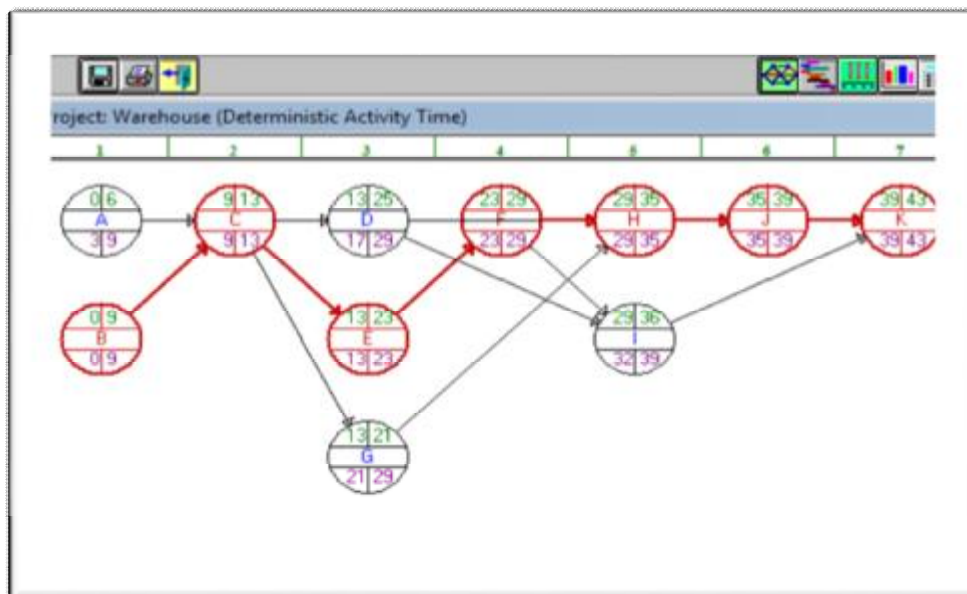
Αμέσως μετά εμφανίζεται το διάγραμμα με τις δραστηριότητες όπου πρέπει να συμπληρωθούν με βάση τα στοιχεία της άσκησης, τα πεδία Immediate Predecessor List με τις δραστηριότητες που ακολουθούν την κάθε μια ξεχωριστά και Normal Time που αποτελούν την διάρκεια της εκάστοτε δραστηριότητας.

Activity Number	Activity Name	Immediate Predecessor (list number/name, separated by ',')	Normal Time
1	A		6
2	B		9
3	C	A,B	4
4	D	C	12
5	E	C	10
6	F	E	6
7	G	C	8
8	H	D,F,G	6
9	I	D,F	7
10	J	H	4
11	K	I,J	4

Στη συνέχεια πατάμε στη καρτέλα επιλογής του προγράμματος, το πεδίο Solve and Analyze (φαίνεται στην παραπάνω εικόνα) και στη συνέχεια επιλογή του Solve Critical Path. Αυτή η επιλογή κάνει επίλυση του συστήματος και επιστρέφει τον εκτιμώμενο χρόνο ολοκλήρωσης του έργου και τον αριθμό κρίσιμων μονοπατιών που βρέθηκαν καθώς και τους νωρίτερους και βραδύτερους χρόνους της κάθε δραστηριότητας:

05-21-2016 20:25:23	Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)
1	A	no	6	0	6	3	9	3
2	B	Yes	9	0	9	0	9	0
3	C	Yes	4	9	13	9	13	0
4	D	no	12	13	25	17	29	4
5	E	Yes	10	13	23	13	23	0
6	F	Yes	6	23	29	23	29	0
7	G	no	8	13	21	21	29	8
8	H	Yes	6	29	35	29	35	0
9	I	no	7	29	36	32	39	3
10	J	Yes	4	35	39	35	39	0
11	K	Yes	4	39	43	39	43	0
	Project Completion Time		=	43	weeks			
	Number of Critical Path(s)		=	1				

Έπειτα πατώντας Results και Graphic Activity Analysis εμφανίζεται ένα διάγραμμα με το κρίσιμο μονοπάτι επισημασμένο σε κόκκινο περίγραμμα:



Παρατηρούμε ότι έχουμε 1 κρίσιμη διαδρομή στην οποία ανήκουν οι δραστηριότητες που έχουν slack time μηδενικό. Συνεπώς η κρίσιμη διαδρομή είναι: B-C-E-F-H-J-K. Ο αναμενόμενος χρόνος ολοκλήρωσης το έργου είναι 43 εβδομάδες.

Η απάντηση για την ολοκλήρωση του έργου μέσα σε 40 εβδομάδες μπορεί να δοθεί και μέσω της μεθόδου Pert. Τώρα θα βρούμε την πιθανότητα ολοκλήρωσης του έργου σε 40 εβδομάδες αλλά πρώτα πρέπει να μετατρέψουμε το πρόβλημα σε probabilistic PERT. Επομένως θα ξαναφτιαχτεί το πρόβλημα από την αρχή το οποίο θα βγάλει μια καρτέλα όπου θα πρέπει να συμπληρωθούν οι αισιόδοξοι, πιο πιθανοί και απαισιόδοξοι χρόνοι.

Activity Number	Activity Name	Immediate Predecessor (list number/name, separated by ',')	Optimistic time (a)	Most likely time (m)	Pessimistic time (b)
1	A		4	6	9
2	B		6	9	16
3	C	A,B	2	4	6
4	D	C	8	10	24
5	E	C	7	10	13
6	F	E	4	6	8
7	G	C	4	6	20
8	H	D,F,G	4	6	9
9	I	D,F	4	6	14
10	J	H	3	4	5
11	K	I,J	2	4	6

Εν συνέχεια όπως και στο CPM, πατάμε Solve and Analyze-Solve Critical Path όπου εμφανίζεται ένα σχεδόν ίδιο διάγραμμα με του CPM.

05-21-2016 20:43:59	Activity Name	On Critical Path	Activity Mean Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)	Activity Time Distribution	Standard Deviation
1	A	no	6	0	6	3	9	3	3-Time estimate	0.6667
2	B	Yes	9	0	9	0	9	0	3-Time estimate	1.6667
3	C	Yes	4	9	13	9	13	0	3-Time estimate	0.6667
4	D	no	12	13	25	17	29	4	3-Time estimate	2.6667
5	E	Yes	10	13	23	13	23	0	3-Time estimate	1
6	F	Yes	6	23	29	23	29	0	3-Time estimate	0.6667
7	G	no	8	13	21	21	29	8	3-Time estimate	2.6667
8	H	Yes	6	29	35	29	35	0	3-Time estimate	0.6667
9	I	no	7	29	36	32	39	3	3-Time estimate	1.6667
10	J	Yes	4	35	39	35	39	0	3-Time estimate	0.3333
11	K	Yes	4	39	43	39	43	0	3-Time estimate	0.6667
	Project Completion Time	=	43	weeks						
	Number of Critical Path(s)	=	1							

Για τον υπολογισμό της πιθανότητας για ολοκλήρωση του έργου μέσα σε 40 εβδομάδες επιλέγουμε από την καρτέλα Results- Perform Probabilistic Analysis. Αμέσως εμφανίζεται μια νέα καρτέλα η οποία περιμένει για την συμπλήρωση του πεδίου «Desired completion time in week:» και βάζουμε 40 και Compute probability.

The following probability calculation assumes that activities are independent and so are paths. It also assumes that the project has a large enough number of activities to assume the normal distribution, which is used to estimate the probability of finishing a critical path in the desired time. Therefore, when the activities are not independent or the number of activities is not large, the analysis may be biased.

Completion time based on mean/expected time: 43 weeks

Number of critical paths: 1

Desired completion time in week: 40

Critical Path: B -> C -> E -> F -> H -> J -> K | Standard Dev.: 2.3805 | Probability: 0.1038

Buttons: Compute Probability, Cancel, Print, Help

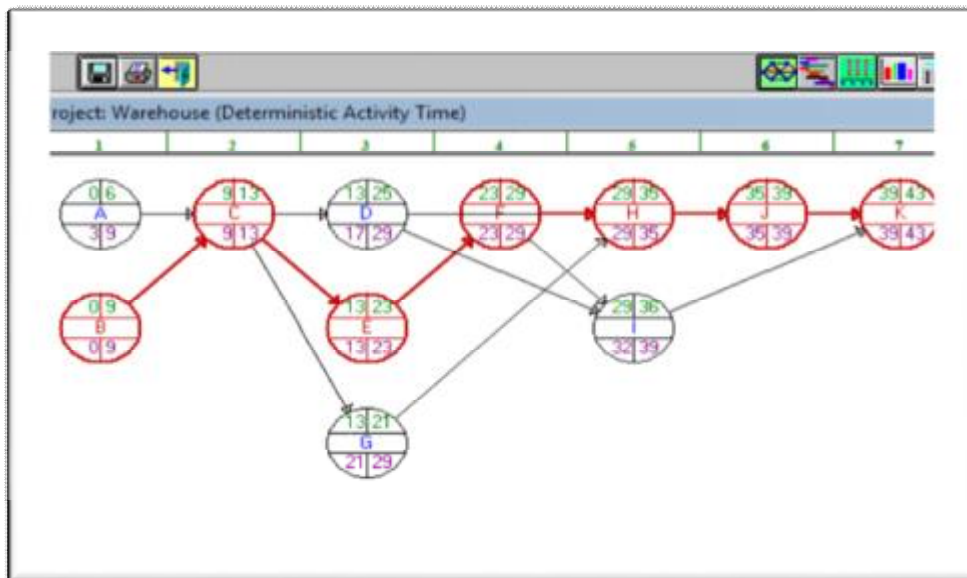
05-21-2016 20:43:59	Activity Name
1	A
2	B
3	C
4	D
5	E
6	F
7	G
8	H
9	I
10	J
11	K
	Project Number

Το αποτέλεσμα της πιθανότητας είναι 10.38%. Η πιθανότητα ολοκλήρωσης του έργου σε διάστημα έως 40 εβδομάδων θεωρείται πολύ μικρή.

Η θεωρητική προσέγγιση του ερωτήματος Α:

Όπως και στο πρόγραμμα έτσι και θεωρητικά για να απαντήσουμε στο εν λόγω ερώτημα θα πρέπει να προσδιορίσουμε την κρίσιμη διαδρομή. Για την εύρεση της απαιτείται ο εντοπισμός των χρόνων early start time, early finish time, late start time, late finish time και το χρονικό περιθώριο δράσης.

Το δίκτυο δραστηριοτήτων φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Αρχικά θα υπολογίσουμε τους χρόνους early start time (ES) και early finish time (EF) μέσω του ακόλουθου αλγόριθμου:

1^ο Βήμα: Θεωρώ $ES(0) = 0$ και $EF(0)=0$ σε $ES(j)$ και $EF(j)$ όπου $j = 1,2,3 \dots$

2^ο Βήμα: $ES(j) = \text{maximum}\{EF(i)\}$ όπου $i=0,1,2,3 \dots j-1$ και $\sigma_{ij}=1$ ($\sigma_{ij}=1$ με $i < j$ σημαίνει ότι η δραστηριότητα i είναι αναγκαστική για την δραστηριότητα j).

3^ο Βήμα: $EF(j) = ES(j) + D_j$ όπου D_j ο χρόνος της δραστηριότητας j .

Αναλυτικότερα με βάση το δίκτυο δράσεων και τον ακόλουθο πίνακα:

Activity Number	Activity Name	Immediate Predecessor (list number/name, separated by ',')	Normal Time
1	A		6
2	B		9
3	C	A,B	4
4	D	C	12
5	E	C	10
6	F	E	6
7	G	C	8
8	H	D,F,G	6
9	I	D,F	7
10	J	H	4
11	K	I,J	4

Η δραστηριότητα A και B για την έναρξη τους δεν απαιτούν την ολοκλήρωση κάποιας προηγούμενης δραστηριότητας, συνεπώς οι χρόνοι: $ES_A = 0$ $ES_B = 0$ και $EF_A = ES_A + 6$ $EF_B = ES_B + 9$.

Η δραστηριότητα C για την έναρξη της απαιτεί την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων A,B σύμφωνα με το δίκτυο δράσεων. Η C θα αρχίσει όταν τελειώσει η πιο αργή δραστηριότητα μεταξύ των A και B. Με βάση τους χρόνους τους οποίους υπολογίσαμε η πιο χρονοβόρα δράση είναι η B καθώς ο χρόνος $EF_B = 9 > EF_A = 6$. Άρα ο χρόνος $ES_C = EF_B = 9$ και ο χρόνος $EF_C = ES_C + 4$.

Η δραστηριότητα D και E για να ξεκινήσουν χρειάζεται να έχει ολοκληρωθεί η δράση C η οποία έχει $EF_C=13$. Επομένως οι χρόνοι είναι $ES_D=13$ $EF_D=13+12=25$ και $ES_E=13$ $EF_E=13+10=23$.

Η δράση F για την έναρξη της απαιτείται η ολοκλήρωση της E δραστηριότητας. Επομένως οι χρόνοι είναι $ES_F=EF_E=23$ $EF_F=23+6=29$.

Ακολουθώντας το ίδιο μοτίβο και για τις υπόλοιπες δραστηριότητες καταλήγουμε στον παρακάτω πίνακα:

Δραστηριότητα	ES	EF
A	0	6
B	0	9
C	9	13
D	13	25
E	13	23
F	23	29
G	13	21
H	29	35
I	29	36
J	35	39
K	39	43

Εν συνεχεία υπολογίζουμε τους χρόνους late start time (LS) , late finish time (LF) ακολουθώντας τον αλγόριθμό:

1^ο Βήμα : Έστω $L(n)$ ο απαιτούμενος χρόνος για την υλοποίηση του έργου.

Τότε $LS(n)=L(n)$ και $LF(n)=L(n)$.

Για $i=n-1, n-2, \dots, 0$, έχουμε

2ο Βήμα : $LF(i)=\text{minimum}\{LS(j)\}$ όπου $j=i+1, i+2, \dots, n$ και $\sigma_{ij}=1$

όπου το ελάχιστο υπολογίζεται σε σχέση με όλες τις δραστηριότητες (j), οι οποίες έχουν ως αναγκαστική δραστηριότητα την i .

3ο Βήμα : $LS(i)=LF(i)-D_i$ όπου D_i ο χρόνος της δραστηριότητας i .

Αναλυτικότερα :

Η διαδικασία για την εύρεση των ζητούμενων χρόνων ξεκινά από το τέλος προς την αρχή. Η τελευταία δραστηριότητά είναι η Κ. Ο απαιτούμενος χρόνος ολοκλήρωσης του έργου είναι 43. Επομένως $LF_K=43$ $LS_K=LF_K-4=39$.

Πηγαίνοντας ανάποδα στο δίκτυο δράσεων από το τέλος προς την αρχή η επόμενη δραστηριότητα που συναντάμε είναι η J και η I. Οι ζητούμενοι χρόνοι είναι : $LF_J=LS_K=39$ $LS_J=LF_J-4=35$ και $LF_I=LS_K=39$ $LS_I=39-7=32$.

Από την J πηγαίνουμε στην δραστηριότητα Η έχουμε $LF_H=LS_J=35$ και $LS_H=35-6=29$.

Από την Η πηγαίνουμε στην δραστηριότητα G επομένως $LF_G=LS_H=29$ και $LS_H=29-8=21$.

Από την Η πηγαίνουμε επίσης και στην δραστηριότητα F επομένως οι χρόνοι είναι $LF_F=LS_H=29$ και $LS_F=29-6=23$.

Από την F πηγαίνουμε στην δραστηριότητα E επομένως $LF_E=LS_F=23$ και $LS_E=23-10=13$.

Για την δραστηριότητα D παρατηρούμε ότι φτάνουμε σε αυτήν από την δράση I και από την Η. Επομένως για τον χρόνο $LF_D=LS_H=29$ καθώς ο χρόνος $LS_H=29 < LS_I=32$. $LS_D=29-12=17$.

Στην δραστηριότητα C καταλήγουμε από τις δράσεις D,E,G. Ο μικρότερος χρόνος LS από αυτές είναι αυτός της E άρα ο χρόνος $LF_C = LS_E = 13$ και $LS_C = 13 - 4 = 9$.

Από την C καταλήγουμε στις δράσεις A,B. $LF_B = LS_C = 9$ $LS_B = 9 - 9 = 0$ και $LF_A = LS_C = 9$ $LS_A = 9 - 6 = 3$.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω αποτελέσματα ακολουθεί ο παρακάτω συγκεντρωτικός πίνακας :

Δραστηριότητα	ES	EF	LS	LF	Slack time
A	0	6	3	9	3
B	0	9	0	9	0
C	9	13	9	13	0
D	13	25	17	29	4
E	13	23	13	23	0
F	23	29	23	29	0
G	13	21	21	29	8
H	29	35	29	35	0
I	29	36	32	39	3
J	35	39	35	39	0
K	39	43	39	43	0

Το χρονικό περιθώριο δίνεται από τον τύπο $(Slack)_i = (Latest\ Start)_i - (Earliest\ Start)_i$, ή $= (Latest\ Finish)_i - (Earliest\ Finish)_i$ ή τα ζευγάρια (ES, EF) (LS, LF) είναι ίδια.

Με βάση τον παραπάνω πίνακα δύναται να υπολογιστεί η κρίσιμη διαδρομή λαμβάνοντας υπόψιν ότι οι δράσεις που ανήκουν σε αυτήν έχουν μηδενικό χρονικό περιθώριο. Επομένως η κρίσιμη διαδρομή είναι : **B-C-E-F-H-J-K**.

Το αποτέλεσμα το οποίο προκύπτει από την εν λόγω διαδικασία είναι το ίδιο με το αποτέλεσμα που προέκυψε από την εξομοίωση του προβλήματος στο πρόγραμμα winqsb. Ο αναμενόμενος χρόνος ολοκλήρωσης του σχεδίου είναι 43 εβδομάδες

γεγονός που καθιστά αδύνατη την υλοποίηση του εντός του χρονικού διαστήματος των 40 εβδομάδων.

Για την απάντηση του ερωτήματος Α με βάση τις πιθανότητες ακολουθούμε τα εξής βήματα:

Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του πίνακα της εκφώνησης με τους αισιόδοξους, απαισιόδοξους και πλέον πιθανούς χρόνους υπολογίζουμε τον αναμενόμενο χρόνο ολοκλήρωσης των κάθε δραστηριοτήτων και τις διακυμάνσεις τους.

Activity	Time		
	Optimistic	Most Probable	Pessimistic
A	4	6	8
B	6	8	16
C	2	4	6
D	8	10	24
E	7	10	13
F	4	6	8
G	4	6	20
H	4	6	8
I	4	6	14
J	3	4	5
K	2	4	6

Ο μέσος χρόνος ολοκλήρωσης t δίνεται από τον παρακάτω τύπο :

$$t = \frac{a + 4m + b}{6}$$

όπου αισιόδοξη εκτίμηση a , απαισιόδοξη εκτίμηση b , η πλέον πιθανή εκτίμηση m .

Με βάση λοιπόν τον τύπο αυτό ο μέσος χρόνος ολοκλήρωσης των κάθε δραστηριοτήτων λαμβάνοντας υπόψιν τον πίνακα με τους χρόνους είναι:

Τύπος	Δραστηριότητα	Αναμενόμενος χρόνος ολοκλήρωσης
$t_A = \frac{4 + 4(6) + 8}{6}$	A	6
$t_B = \frac{6 + 4(8) + 16}{6}$	B	9
$t_C = \frac{2 + 4(4) + 6}{6}$	C	4
$t_D = \frac{8 + 4(10) + 24}{6}$	D	12
$t_E = \frac{7 + 4(10) + 13}{6}$	E	10
$t_F = \frac{4 + 4(6) + 8}{6}$	F	6
$t_G = \frac{4 + 4(6) + 20}{6}$	G	8
$t_H = \frac{4 + 4(6) + 8}{6}$	H	6
$t_I = \frac{4 + 4(6) + 14}{6}$	I	7
$t_J = \frac{3 + 4(4) + 5}{6}$	J	4
$t_K = \frac{2 + 4(4) + 6}{6}$	K	4

Η κρίσιμη διαδρομή όπως υπολογίσαμε είναι: **B-C-E-F-H-J-K**.

Ο αναμενόμενος χρόνος ολοκλήρωσης του έργου δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$T = \sum t = t_B + t_C + t_E + t_F + t_H + t_J + t_K = 9 + 4 + 10 + 6 + 6 + 4 + 4 = 43.$$

όπου t ο χρόνος ολοκλήρωσης των κρίσιμων δραστηριοτήτων.

Εν συνεχεία υπολογίζουμε μέσω του τύπου $\sigma^2 = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2$ υπολογίζουμε τις διακυμάνσεις όλων των δραστηριοτήτων.

Τύπος	Δραστηριότητα	Διακύμανση
$\sigma^2 = \left(\frac{8-4}{6}\right)^2$	A	0.44
$\sigma^2 = \left(\frac{16-6}{6}\right)^2$	B	2.78
$\sigma^2 = \left(\frac{6-2}{6}\right)^2$	C	0.44
$\sigma^2 = \left(\frac{24-8}{6}\right)^2$	D	7.11
$\sigma^2 = \left(\frac{13-7}{6}\right)^2$	E	1.00
$\sigma^2 = \left(\frac{8-4}{6}\right)^2$	F	0.44
$\sigma^2 = \left(\frac{20-4}{6}\right)^2$	G	7.11
$\sigma^2 = \left(\frac{8-4}{6}\right)^2$	H	0.44
$\sigma^2 = \left(\frac{14-4}{6}\right)^2$	I	2.78
$\sigma^2 = \left(\frac{5-3}{6}\right)^2$	J	0.11
$\sigma^2 = \left(\frac{6-2}{6}\right)^2$	K	0.44

Η διακύμανση του συνολικού έργου είναι $\sigma^2 = \sigma_B^2 + \sigma_C^2 + \sigma_E^2 + \sigma_F^2 + \sigma_H^2 + \sigma_J^2 + \sigma_K^2$
 $= 2.78 + 0.44 + 1 + 0.44 + 0.44 + 0.11 + 0.44 = 5.65$. Η τυπική απόκλιση είναι
 $\sigma = \sqrt{\sigma^2} = 2.38$.

Με βάση την θεωρία η μεταβλητή $Z = \frac{D-T}{\sigma}$ ακολουθεί την τυποποιημένη κανονική κατανομή $N(0,1)$. Σύμφωνα λοιπόν το παραπάνω δύναται να υπολογιστεί η πιθανότητα ολοκλήρωσης ενός έργου πριν ή μετά από ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Το ερώτημα ζητά να προσδιοριστεί η πιθανότητα ώστε το έργο να ολοκληρωθεί πριν από τις 40 εβδομάδες.

Το $Z = \frac{D-T}{\sigma} = \frac{40-43}{2.38} = -1.26$. Η πιθανότητα ισούται με $P(Z < -1.26) = P(Z > 1.26)$

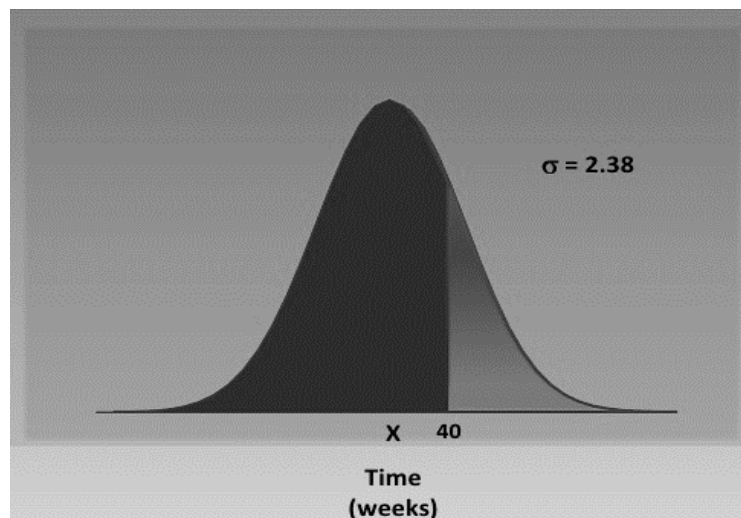
λόγω της συμμετρίας.

$$P(Z > 1.26) = 1 - P(Z < 1.26) = 1 - \Phi(1.26) = 1 - 0.8962 = 0.1038.$$

Το $\Phi(1.26)$ υπολογίζεται με βάση τον πίνακα της τυποποιημένης κανονικής κατανομής.

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767

Απάντηση ερωτήματος Β . Ας υποθέσουμε ότι η διαχείριση απαιτεί να συντομευθεί ο χρόνος των δραστηριοτήτων για να παρέχει μια πιθανότητα 80 % της επίτευξης του χρόνου ολοκλήρωσης των 40 εβδομάδων . Αν η διακύμανση στο χρόνο ολοκλήρωσης του έργου είναι η ίδια με αυτή του μέρους (α) , πόσο θα πρέπει να μικρύνει ο αναμενόμενος χρόνος ολοκλήρωσης του έργου ώστε να επιτευχθεί ο στόχος της 80% πιθανότητας για ολοκλήρωση μέσα σε 40 εβδομάδες;



Η τυπική απόκλιση του χρόνου του έργου από το προηγούμενο ερώτημα υπολογίστηκε $\sigma=2.38$. Για τον υπολογισμό του αναμενόμενου χρόνου ολοκλήρωσης του έργου ώστε η πιθανότητα ολοκλήρωσης του έργου πριν από τις 40 εβδομάδες να είναι 80% υπολογίζεται ως εξής:

Με την χρήση του πίνακα της τυποποιημένης κανονικής κατανομής

$$P \left(Z \leq \frac{40-x}{2.38} \right) = 0.8 \rightarrow \left(\frac{40-x}{2.38} \right) = 0.84 \rightarrow x = 38$$

Επομένως ο αναμενόμενος χρόνος ολοκλήρωσης του έργου είναι 38 βδομάδες ώστε η πιθανότητα ολοκλήρωσης του μέσα σε 40 εβδομάδες να είναι ίση με 80%.

Απάντηση στο ερώτημα C. Χρησιμοποιώντας τους αναμενόμενους χρόνους δραστηριότητας σαν κανονικούς χρόνους και τις παρακάτω πληροφορίες συντριβής, να προσδιοριστούν οι αποφάσεις συντετριμμένων δραστηριοτήτων και το αναθεωρημένο πρόγραμμα δράσης για το έργο επέκτασης της αποθήκης .

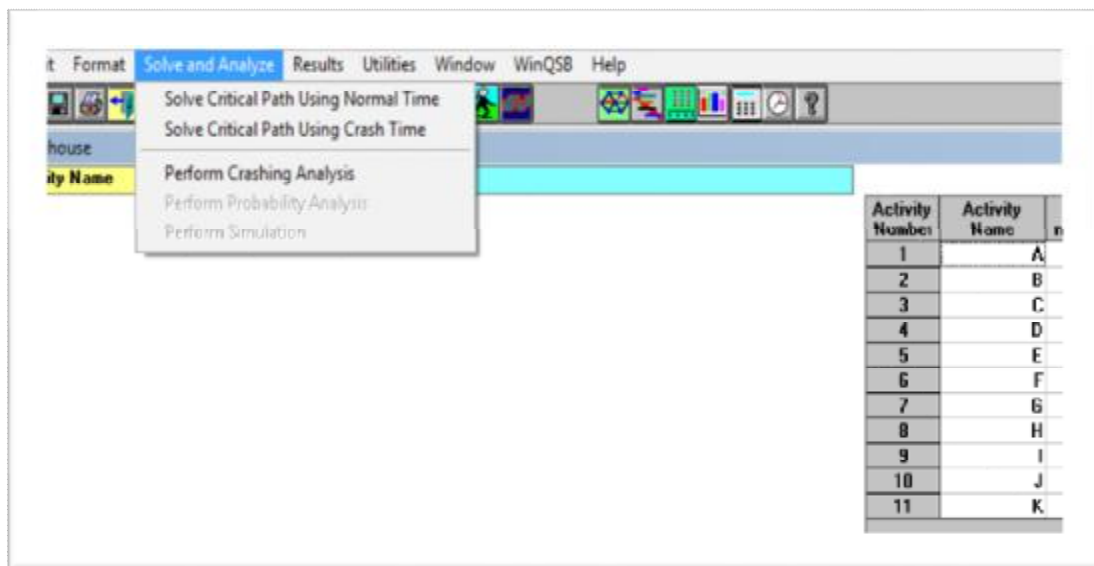
Χρησιμοποιώντας τους αναμενόμενους χρόνους δραστηριότητας σαν κανονικούς χρόνους και τις παρακάτω πληροφορίες συντριβής, να προσδιοριστούν οι αποφάσεις συντετριμμένων δραστηριοτήτων και το αναθεωρημένο πρόγραμμα δράσης για το έργο επέκτασης της αποθήκης .

Activity	Crashed Activity Time (weeks)	Cost (\$)	
		Normal	Crashed
A	4	1,000	1,900
B	7	1,000	1,800
C	2	1,500	2,700
D	8	2,000	3,200
E	7	5,000	8,000
F	4	3,000	4,100
G	5	8,000	10,250
H	4	5,000	6,400
I	4	10,000	12,400
J	3	4,000	4,400
K	3	5,000	5,500

Περνάμε στον πίνακα τις τιμές και το κόστος συμπίεσης καθώς και το κανονικό κόστος

Activity Number	Activity Name	Immediate Predecessor (list number/name, separated by ',')	Normal Time	Crash Time	Normal Cost	Crash Cost
1	A		6	4	\$1,000	\$1,900
2	B		9	7	\$1,000	\$1,800
3	C	A,B	4	2	\$1,500	\$2,700
4	D	C	12	8	\$2,000	\$3,200
5	E	C	10	7	\$5,000	\$8,000
6	F	E	6	4	\$3,000	\$4,100
7	G	C	8	5	\$8,000	\$10,250
8	H	D,F,G	6	4	\$5,000	\$6,400
9	I	D,F	7	4	\$10,000	\$12,400
10	J	H	4	3	\$4,000	\$4,400
11	K	I,J	4	3	\$5,000	\$5,500

Πατάμε στην καρτέλα Solve and Analyze – Solve Critical Path Using Normal Time για να βρούμε το κρίσιμο μονοπάτι χωρίς συμπίεση με αποτέλεσμα 45,500\$.



Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

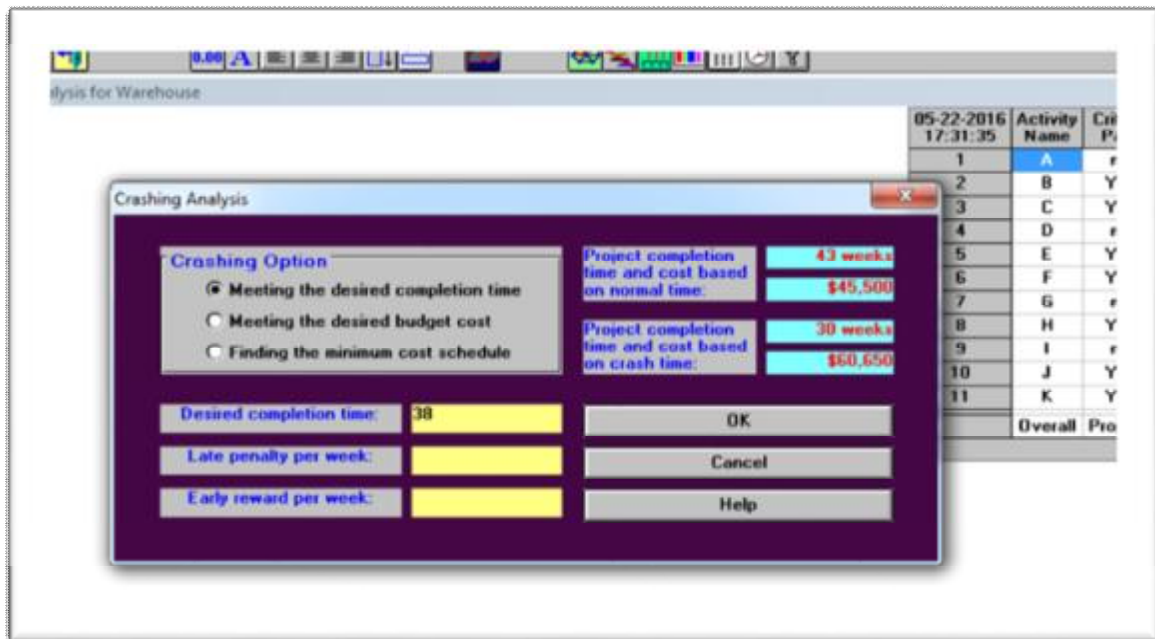
05-22-2016 15:14:52	Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)
1	A	no	6	0	6	3	9	3
2	B	Yes	9	0	9	0	9	0
3	C	Yes	4	9	13	9	13	0
4	D	no	12	13	25	17	29	4
5	E	Yes	10	13	23	13	23	0
6	F	Yes	6	23	29	23	29	0
7	G	no	8	13	21	21	29	8
8	H	Yes	6	29	35	29	35	0
9	I	no	7	29	36	32	39	3
10	J	Yes	4	35	39	35	39	0
11	K	Yes	4	39	43	39	43	0
	Project Completion Time	=	43	weeks				
	Total Cost of Project	=	\$45,500	(Cost on CP = \$24,500)				
	Number of Critical Path(s)	=	1					

Στη συνέχεια Τρέχουμε το πρόγραμμα με Solve Critical Path Using Crash Time για να βρούμε το κόστος με τη μέγιστη συμπίεση με αποτέλεσμα 60,650\$.

05-22-2016 17:03:18	Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)
1	A	no	4	0	4	3	7	3
2	B	Yes	7	0	7	0	7	0
3	C	Yes	2	7	9	7	9	0
4	D	no	8	9	17	12	20	3
5	E	Yes	7	9	16	9	16	0
6	F	Yes	4	16	20	16	20	0
7	G	no	5	9	14	15	20	6
8	H	Yes	4	20	24	20	24	0
9	I	no	4	20	24	23	27	3
10	J	Yes	3	24	27	24	27	0
11	K	Yes	3	27	30	27	30	0
	Project Completion Time	=	30	weeks				
	Total Cost of Project	=	\$60,650	(Cost on CP = \$32,900)				
	Number of Critical Path(s)	=	1					

Στο προηγούμενο ερώτημα βρήκαμε ότι ο αναμενόμενος χρόνος ολοκλήρωσης είναι 38 εβδομάδες για πιθανότητα 80% να ολοκληρωθεί σε 40. Θα υπολογίσουμε το

κόστος συμπίεσης σε 38 εβδομάδες πατώντας Results- Perform Crashing Analysis. Αφού εμφανιστεί μια νέα καρτέλα στην οποία στο πεδίο Crashing Option θα επιλέξουμε Meeting the desired completion time και στο πεδίο Desired completion time συμπληρώνουμε 38 και μετά OK.



Το αποτέλεσμα επιστρέφει κόστος 47.750\$ δηλαδή 2,250\$ επιπλέον. Όπως θα παρατηρήσουμε και από το διάγραμμα παρακάτω οι δραστηριότητες B (2 εβδομάδες), F(1 εβδομάδα), J(1 εβδομάδα), K (1 εβδομάδα) όπου επιλέχθηκαν από το WinQSB με κριτήριο τις δραστηριότητες με το μικρότερο κόστος συμπίεσης ανά εβδομάδα.



05-22-2016 17:46:10	Activity Name	Critical Path	Normal Time	Crash Time	Suggested Time	Additional Cost	Normal Cost	Suggested Cost
1	A	no	6	4	6	0	\$1,000	\$1,000
2	B	Yes	9	7	7	\$000	\$1,000	\$1,000
3	C	Yes	4	2	4	0	\$1,500	\$1,500
4	D	no	12	8	12	0	\$2,000	\$2,000
5	E	Yes	10	7	10	0	\$5,000	\$5,000
6	F	Yes	6	4	5	\$550	\$3,000	\$3,550
7	G	no	8	5	8	0	\$8,000	\$8,000
8	H	Yes	6	4	6	0	\$5,000	\$5,000
9	I	no	7	4	7	0	\$10,000	\$10,000
10	J	Yes	4	3	3	\$400	\$4,000	\$4,400
11	K	Yes	4	3	3	\$500	\$5,000	\$5,500
	Overall	Project:			38	\$2,250	\$45,500	\$47,750

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση

- [1].Βιθυνός Γ. PMP ‘Τα εργαλεία του Project Management: Δομή ανάλυσης εργασιών WBS’ ‘Critical Path Consulting and Training’ Μάιος 2009.
- [2].Γκίκας Δ., Χρηματοοικονομική Λογιστική, Αθήνα, Εκδόσεις Γ. Μπένου, 2007
- [3].Δημητριάδης Α. ‘Διοίκηση – Διαχείριση Έργου’, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Έκδοση 4η 2009.
- [4].Θεοφάνης Κ. Γιώτης “Η Επιστήμη για το πώς Κάνουμε Πράγματα!”
- [5].Καρβούνης Κ. Σωτήρης, «Οικονομοτεχνικές Μελέτες», Εκδόσεις ΑΘ. Σταμούλη ,2000.
- [6].Μαυράκης Δημήτριος , «Στοιχεία Διοίκησης Επιχειρήσεων», Εκδόσεις Ε.Κ.Π.Α , Αθήνα 2005
- [7].Νιάρχος Ν., Χρηματοοικονομική Ανάλυση Λογιστικών Καταστάσεων, Αθήνα, Εκδόσεις Σταμούλης, 1997
- [8].Πληροφοριακά συστήματα στη Διαχείριση τεχνικών έργων Τόμος Β' Οδυσσέα Μανωλιάδη, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα 2003.
- [9].Σεραφείμ Πολύζος ‘Διοίκηση και Διαχείριση των Έργων – Μέθοδοι και Τεχνικές’ Εκδόσεις Κριτική 1η έκδοση Οκτώβριος 2004.

Ξενόγλωσση

- [10]. A. Shtub, J. Bard and S. Globerson (2004). Project Management. 2nd ed. Pearson. J.D. Wiest and F.K. Levy (1977). A Management Guide to PERT/CPM with GERT, PDM, DCPM and Other Networks. 2nd ed. Prentice Hall.
- [11]. Baker, Samuel L. (2000). "Perils of the Internal Rate of Return". Retrieved January 12, 2007.
- [12]. B. Ralph Stauber, H. M. Douty, Willard Fazar, Richard H. Jordan, William Weinfeld and Allen D. Manvel. Federal Statistical Activities. The American Statistician 13 (2): 9-12 (Apr., 1959).
- [13]. David I. Cleland, Roland Gareis (2006). Global Project Management Handbook. McGraw-Hill Professional, 2006.
- [14]. J. Magott and Kamil Skudlarski (1993). Estimating the mean completion time of PERT networks with exponentially distributed durations of activities. European Journal of Operational Research 71, pp. 70-79..
- [15]. James P. Lewis (2000). The project manager's desk reference: a comprehensive guide to project planning, scheduling, evaluation, and systems.
- [16]. Joseph Phillips (2003). PMP Project Management Professional Study Guide. McGraw-Hill Professional, 2003.
- [17]. Kelley, James; Walker, Morgan. Critical-Path Planning and Scheduling. 1959 Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference.
- [18]. Kurt, Daniel (2003-11-24). "Net Present Value (NPV) Definition | Investopedia". Investopedia. Retrieved 2016-05-05.
- [19]. Levine, David; Michele Boldrin (2008-09-07). Against Intellectual Monopoly. Cambridge University Press. p. 312. ISBN 978-0-521-87928-6

- [20]. Martin Stevens (2002). Project Management Pathways. Association for Project Management. APM Publishing Limited, 2002.
- [21]. Tom Kendrick. The Project Management Tool Kit: 100 Tips and Techniques for Getting the Job Done Right, Third Edition. AMACOM Books, 2013.
- [22]. R. Loolou and T. Beale (1976). A comparison of Variance Techniques in PERT Simulations. Canadian Journal of Operations Research and Information Processing 14,pp. 259-269.
- [23]. Young-Hoon Kwak (2005). "A brief History of Project Management". In: The story of managing projects. Elias G. Carayannis et al. (9 eds), Greenwood Publishing Group, 2005.
- [24]. S.E. Elmagraby (2000). On Criticality and Sensitivity in Activity Networks. *European Journal of Operational Research* **127**, pp. 220-238.
- [25]. The Definitive Guide to Project Management. Nokes, Sebastian. 2nd Ed.n. London (Financial Times / Prentice Hall): 2007.
- [26]. What is Project Management? | Project Management Institute". Pmi.org. Retrieved2014-06-04.

Διαδικτυακές Πηγές

[27].Κυπριακή Δημοκρατία, Γενικό Λογιστήριο της Δημοκρατίας, Διεύθυνση Δημοσίων Συμβάσεων [online]. Διεύθυνση: <http://www.publicprocurementguides.treasury.gov.cy>. Ημερομηνία ανάκτησης:17 Μαρτίου 2016.

[28].Βικιπαίδεια, Η Ελεύθερη Εγκυκλοπαίδεια [online]. Διεύθυνση: ¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Project_management Ημερομηνία ανάκτησης:16 Μαρτίου 2016.

[29].Βικιπαίδεια, Η Ελεύθερη Εγκυκλοπαίδεια [online]. Διεύθυνση: ¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Henry_Gantt Ημερομηνία ανάκτησης:25 Απριλίου 2016.

[30].<http://www.investopedia.com/terms/r/returnoninvestment.asp>.Ημερομηνία ανάκτησης:3 Απριλίου 2016.

[31].<http://www.investopedia.com/terms/i/irr.asp>.Ημερομηνία ανάκτησης:6 Απριλίου 2016.

[32].<http://www.investopedia.com/terms/i/irr.asp>. Ημερομηνία ανάκτησης:5 Απριλίου 2016.

[33].<https://www.finance-ni.gov.uk/publications/weighted-scoring-method>. Ημερομηνία ανάκτησης:6 Απριλίου 2016.