



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΦΟΙΤΗΤΗ
ΚΟΛΕΤΣΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ
ΜΕ ΘΕΜΑ

Η Επιχειρησιακή Έρευνα σε Προβλήματα
Διαχείρισης Έργου και εφαρμογές.
(Project Management)

Επιβλέπων:

Β.Κοκκίνης, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π

Επιτροπή:

Κοκκίνης Βασίλειος Επικ. Καθηγητής

Συμβώνης Αντώνιος Καθηγητής

Φουσκάκης Δημήτριος Επικ. Καθηγητής

Αθήνα, Απρίλιος 2014

Πρώτα, να έχεις μία σαφή ιδέα, ένα καθορισμένο ιδανικό, ένα αντικειμενικό σκοπό, ένα στόχο. Δεύτερον, να διαθέτεις τα απαραίτητα μέσα, τη σοφία, τα χρήματα, τα υλικά και τις μεθόδους. Τρίτον, να προσαρμόσεις τα μέσα που διαθέτεις για να πετύχεις τους στόχους σου.

Αριστοτέλης

Those who plan do better than those who do not plan even though they rarely stick to their plan.

Winston Churchill

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	1
Abstract	2
1 Εισαγωγή.....	3
1.1. Fayolism	3
1.2. Οι 14 αρχές της Διοίκησης του Fayol	4
1.3. Χρονολογική εξέλιξη της Διαχείρισης Έργου.....	5
2 Κατανοώντας την σπουδαιότητα της Διαχείρισης Έργων.....	7
2.1. Διαχείριση έργου στην Βιομηχανία.....	7
2.1.1. Οι πολλαπλές ωφέλειες από τις δεξιότητες της διαχείρισης έργου.	7
2.2. Διαχείριση έργου σε συγκεκριμένα επαγγέλματα	7
2.2.1. Ιδρυτές επιχειρήσεων	7
2.2.2. Πολιτικοί μηχανικοί	7
2.2.3. Εκπαιδευτικός/Παιδαγωγός.....	8
2.2.4. Μηχανικοί.....	8
2.2.5. Προγραμματιστής εφαρμογών.....	8
2.3. Εφαρμογές της διαχείρισης έργου σε μεγάλα έργα στην Ελλάδα.....	9
2.3.1. Αττικό μετρό	9
2.3.2. Ελευθέριος Βενιζέλος.....	9
2.3.3. Εγνατία οδός.....	10
2.3.4. Μετρό Θεσσαλονίκης.....	10
2.3.5. Αττική Οδός	11
2.3.6. Γέφυρα Ρίου Αντίρριου	12
3 Ορισμοί.....	13
3.1. Τι είναι Έργο; (PROJECT).....	13
3.2. Ορολογία χρήσιμη για τους ορισμούς του έργου	14
3.2.1. Δραστηριότητα (activity).....	14
3.2.2. Τι είναι Διοίκηση (Management)	14
3.2.3. Πρόγραμμα	14
3.2.4. Εργασία (work).....	14
3.2.5. Προϋπολογισμός (Budget)	15
3.2.6. Κόστος έργου	15
3.2.7. Μοναδικότητα (uniqueness)	16
3.2.8. Πολυπλοκότητα (complexity)	16
3.2.9. Αλληλοσυσχέτιση (interrelationship – precedence relationship)	16
3.2.10. Υποέργο (sub-project)	16
3.2.11. Συγκεκριμένος σκοπός (specific purpose).....	16
3.2.12. Περιορισμένος χρόνος/κόστος (limited time/cost).....	17

3.2.13.	Ικανοποίηση προδιαγραφών.....	17
3.3.	Παραδείγματα έργων:.....	17
3.4.	Τα κυριότερα προβλήματα που εμφανίζονται κατά την υλοποίηση ενός έργου.....	18
4	Μέθοδοι Διαχείρισης Έργου	19
5	Ευθύγραμμα διαγράμματα Gantt (Bar Gantt charts).....	20
5.1.	Τύποι διαγραμμάτων του Gantt.....	21
5.1.1.	Διάγραμμα Gantt τύπου I	21
5.1.2.	Διάγραμμα Gantt τύπου II.....	22
5.1.3.	Διάγραμμα Gantt τύπου III.....	22
5.1.4.	Διασυνδεδεμένα διαγράμματα Gantt.....	23
5.1.5.	Πλεονεκτήματα μειονεκτήματα διαγραμμάτων Gantt	23
6	Καμπύλες Προόδου (S Curves).....	24
6.1.	Περιγραφή.....	24
6.2.	Εκτίμηση χρηματοροών έργου.....	25
6.3.	Στοιχεία ελέγχου έργων.....	27
6.3.1.	Ορισμός ελέγχου έργου.....	27
6.3.2.	Έλεγχος οικονομικής και χρονικής προόδου ενός έργου.....	27
6.3.3.	Παράδειγμα ελέγχου οικονομικής και χρονικής περιόδου έργου.....	29
7	Μέθοδοι δικτυωτής ανάλυσης.....	31
7.1.	Δίκτυο ή δικτυωτό γράφημα.....	31
7.2.	Δικτυωτή Ανάλυση. Στάδια εφαρμογής.....	31
8	Η μέθοδος των κατά βέλη προσανατολισμένων δικτύων (Μέθοδος CPM).....	32
8.1.	Εισαγωγή.....	32
8.2.	Κανόνες Σχεδιασμού.....	32
8.3.	Παράδειγμα επίλυσης δικτυωτού γραφήματος. Μέθοδος CPM.....	40
8.3.1.	Σχεδιασμός δικτύου.....	40
8.4.	Χρονικά στοιχεία έργου.....	43
8.5.	Μέθοδος CPM με τα χρονικά στοιχεία γεγονότος.....	45
8.5.1.	Συμβολισμοί.....	45
8.5.2.	Επίλυση δικτυωτού γραφήματος γεγονότων.....	45
8.5.3.	Ομόρροπος υπολογισμός.....	46
8.5.4.	Αντίρροπος υπολογισμός.....	47
8.5.5.	Υπολογισμός των ολικών χρονικών περιθωρίων TSi	48
8.5.6.	Κρίσιμες διαδρομές.....	49
8.5.7.	Διάγραμμα Gantt με βάση τους ενωρίτερους χρόνους έναρξης.....	49
8.6.	Μέθοδος CPM με τα χρονικά στοιχεία δραστηριότητας.....	51
8.6.1.	Συμβολισμοί.....	51
8.6.2.	Επίλυση δικτυωτού γραφήματος δραστηριοτήτων.....	51
8.6.3.	Ομόρροπος υπολογισμός.....	52

8.6.4.	Αντίρροπος υπολογισμός.....	53
8.6.5.	Υπολογισμός των ολικών χρονικών περιθωρίων <i>TSij</i>	55
8.6.6.	Κρίσιμες διαδρομές	56
8.6.7.	Διάγραμμα Gantt με βάση τους ενωρίτερους χρόνους έναρξης.....	57
8.7.	Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα της μεθόδου CPM.....	58
9	Η μέθοδος των κατά κόμβο προσανατολισμένων δικτύων (Μέθοδος MPM).....	59
9.1.	Εισαγωγή.....	59
9.2.	Σχέσεις αλληλουχίας στη μέθοδο MPM.....	59
9.3.	Κανόνες Σχεδιασμού δικτύου MPM	61
9.4.	Συμβολισμοί	64
9.5.	Επίλυση δικτυωτού γραφήματος MPM.....	64
9.5.1.	1 ^η φάση (ομόρροπος υπολογισμός)	64
9.5.2.	2 ^η φάση (αντίρροπος υπολογισμός).....	66
9.5.3.	Υπολογισμός των ολικών χρονικών περιθωρίων <i>TSA</i>	68
9.6.	Εφαρμογή της μεθόδου MPM.....	69
9.6.1.	Σχεδιασμός του δικτύου	70
9.6.2.	Επίλυση δικτυωτού γραφήματος MPM.....	71
9.6.3.	Ομόρροπος υπολογισμός δικτύου MPM.....	72
9.6.4.	Αντίρροπος υπολογισμός δικτύου MPM.....	74
9.6.5.	Υπολογισμός των ολικών χρονικών περιθωρίων	76
9.6.6.	Υπολογισμός των ελεύθερων χρονικών περιθωρίων	76
9.6.7.	Υπολογισμός κρίσιμων διαδρομών	77
9.6.8.	Διάγραμμα Gantt για την μέθοδο MPM.....	78
9.7.	Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα της μεθόδου MPM.....	79
10	Η μέθοδος της στοχαστικής θεώρησης των δικτύων. Μέθοδος PERT	80
10.1.	Εισαγωγή.....	80
10.2.	Υποθέσεις εφαρμογής της μεθόδου PERT	80
10.3.	Η Βήτα κατανομή.....	81
10.4.	Στάδια υλοποίησης της μεθόδου PERT.....	83
10.5.	Παράδειγμα εφαρμογής της μεθόδου PERT	85
11	Τα σύγχρονα πρότυπα του Project Management.....	91
11.1.	Γιατί η παραδοσιακή διαχείριση έργου δεν λειτουργεί πια;.....	91
11.2.	Το πρότυπο PRINCE2	92
11.2.1.	Ιστορικά στοιχεία	92
11.2.2.	Διαδικασίες της μεθοδολογίας PRINCE2	92
11.2.3.	Σχέσεις σύνδεσης κύριων διαδικασιών PRINCE2	94
11.2.4.	Διάγραμμα σύνδεσης υπο-διαδικασιών PRINCE2.....	95
11.3.	Το πρότυπο PMBoK.....	96
11.3.1.	Ιστορικά στοιχεία	96

11.3.2.	Γνωστικές περιοχές του PMBoK (5 ^η έκδοση).....	96
11.3.3.	Γραφική αναπαράσταση γνωστικών περιοχών του PMBoK.....	97
11.3.4.	Γράφημα της σύνδεσης των διαδικασιών του PMBoK.....	99
11.4.	Σύγκριση των προτύπων PRINCE2 και PMBoK.....	100
	Πίνακες Κατανομών.....	101
	Ξένη Βιβλιογραφία.....	102
	Ελληνική Βιβλιογραφία.....	104

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την τριμελή επιτροπή μου από τους καθηγητές: Κοκκίνη Βασίλειο, Επίκουρο Καθηγητή ΕΜΠ, Συμβώνη Αντώνιο, Καθηγητή ΕΜΠ και Φουσκάκη Δημήτριο, Επίκουρο Καθηγητή ΕΜΠ για τις συμβουλές τους και για την ενθάρρυνση σε αυτήν την προσπάθειά μου. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής Βασίλη Κοκκίνη για τις παρατηρήσεις και τις διορθώσεις του, που σημαντικά συνέβαλαν στην ορθότητα αυτής της εργασίας. Θέλω επιπροσθέτως να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για τη διαρκή υποστήριξή τους και ιδιαίτερα τον προσωπικό μου μέντορα, τον πατέρα μου στον οποίο οφείλω το που και ποιος είμαι τώρα.

Παναγιώτης Κολέτσος

Περίληψη

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία επικεντρώνεται στη μελέτη των μεθόδων Διαχείρισης Έργου. Παρουσιάζεται μία χρονολογική εξέλιξη των μεθόδων Διαχείρισης Έργου. Η σπουδαιότητα της Διαχείρισης Έργων τεκμηριώνεται με συγκεκριμένα παραδείγματα που αντλούνται από διάφορα επαγγέλματα καθώς και εφαρμογές σε μεγάλα έργα στην Ελλάδα. Στη συνέχεια δίνονται οι απαραίτητοι ορισμοί και κατηγοριοποιούνται οι μέθοδοι Διαχείρισης Έργου. Στο κύριο μέρος της εργασίας ασχολούμαστε με τα Διαγράμματα Gantt, τις καμπύλες S και τις μεθόδους της Δικτυωτής ανάλυσης. Τα Διαγράμματα Gantt, παρόλο που έχουν ζωή από τις αρχές του εικοστού αιώνα, χρησιμοποιούνται ακόμη και σήμερα λόγω της απλότητας κατασκευής τους και της άμεσης κατανόησης στην εξέλιξη του έργου που παρέχουν. Παρουσιάζονται διαγράμματα Gantt τύπου I, II και III. Οι καμπύλες προόδου S χρησιμοποιούνται για να δείχνουν την πρόοδο μιας μεταβλητής του έργου σε σχέση με μια άλλη μεταβλητή, συνήθως το χρόνο. Παρουσιάζεται αναλυτικά η χρήση των καμπύλων S στην εκτίμηση των χρηματοροών ενός έργου.

Μεγάλο μέρος της Διπλωματικής αυτής Εργασίας αφιερώνεται στις μεθόδους Δικτυωτής ανάλυσης. Παρουσιάζονται οι κανόνες σχεδιασμού των Δικτύων και εφαρμόζονται αρχικά στη μέθοδο των κατά βέλη προσανατολισμένων δικτύων (CPM) και στην μέθοδο των κατά κόμβο προσανατολισμένων δικτύων (MPM). Οι παραπάνω δύο μέθοδοι παρουσιάζονται θεωρητικά και εφαρμόζονται σε μελέτες περιπτώσεων, όπου υπολογίζονται οι κρίσιμες διαδρομές και σχεδιάζονται τα αντίστοιχα διαγράμματα Gantt. Ακόμη γίνεται σύγκριση των μεθόδων και αναδεικνύονται τα πλεονεκτήματα της μεθόδου CPM στην εύληπτη εποπτεία της αλληλουχίας μεταξύ των κόμβων και των δραστηριοτήτων ενός έργου και της απλής επίλυσης και τα πλεονεκτήματα της μεθόδου MPM στο να αναπαριστάνει περίπλοκες σχέσεις μεταξύ των δραστηριοτήτων ακόμη και χωρίς τη χρήση πλασματικών δραστηριοτήτων.

Σε χωριστό κεφάλαιο δίνεται η μέθοδος της στοχαστικής θεώρησης των δικτύων (PERT). Η μέθοδος PERT εφαρμόζει στοχαστική θεώρηση των χρόνων σε ένα δικτυωτό γράφημα και υπολογίζει τόσο την πιθανότητα ολοκλήρωσης ενός έργου σε συγκεκριμένο χρόνο, όσο και το χρόνο ολοκλήρωσης ενός έργου με δοσμένη πιθανότητα. Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται εκτενής αναφορά στη Βήτα κατανομή, η οποία χρησιμοποιείται για να μοντελοποιήσει γεγονότα που είναι περιορισμένα να λαμβάνουν χώρα μέσα σε ένα διάστημα που ορίζεται από μία ελάχιστη και μία μέγιστη τιμή.

Στο τέλος της Διπλωματικής αυτής Εργασίας παρουσιάζονται τα πρότυπα του Project Management PRINCE2 και PMBoK, γίνεται η γραφική αναπαράσταση των γνωστικών περιοχών τους, καθώς και σύγκριση και ανάδειξη της συμπληρωματικότητας της μεθοδολογίας τους.

ΛΕΞΕΙΣ – ΚΛΕΙΔΙΑ: Διαχείριση Έργου, Διαγράμματα Gantt, Δικτυωτό γράφημα, χρονικά στοιχεία έργου, καμπύλες ελέγχου S, μέθοδος των κατά βέλη προσανατολισμένων δικτύων, μέθοδος των κατά κόμβων προσανατολισμένων δικτύων, σχέσεις αλληλουχίας δραστηριοτήτων, κρίσιμες διαδρομές, μέθοδος στοχαστικής θεώρησης δικτύων, PRINCE2, PMBoK

Abstract

This thesis studies the methods of Project Management. The importance of project management is documented via the presentation of several examples from various professions. The application of Project Management techniques in almost all the big projects in Greece is also presented. Then the necessary definitions are given and the Project Management methods are categorized.

In the main part of the thesis all the types of the Gantt Charts, the S-curves and the network analysis methods are thoroughly examined. The S-curves are used to indicate the state of a variable of the work in relation to another variable, which is usually the time. In the sequence, the analytical use of S-curves in the estimation of cash flows of a project is shown.

A large part of this thesis is devoted to methods of Network analysis. The Network design rules are originally applied to the Critical Path Method (CPM) and the Metra Potential Method (MPM). These two methods are theoretically presented in theory and applied in case studies where critical paths are calculated and Gantt Charts are plotted. Then the two methods are compared and the advantages of each method are highlighted. CPM easily monitors the sequence between nodes and activities of a project. MPM effectively represents complex relationships between activities even without using fictitious activities.

In a separate chapter, the Program Evaluation and Review Technique (PERT) is given. The PERT method applies stochastic time for the duration of the work activities and calculate both the probability of completing a project in a given time, and the completion time of a project with the given probability. This chapter includes a detailed report of the Beta distribution, which is used to model events that are limited to occur with a time interval defined by a minimum and a maximum value.

At the end of this thesis the standards of Project Management PRINCE2 and PMBoK are presented and a comparison of them is given. Finally it is demonstrated that the methodologies of these two standards are complementary.

KEYWORDS: Project Management, Gantt Chart, Networks, S curves, CPM, MPM, PERT, PRINCE2, PMBoK

1 Εισαγωγή

Η Διαχείριση έργου χρησιμοποιείται εδώ και χιλιάδες χρόνια. Υπάρχουν αναφορές για εφαρμογή τεχνικών διαχείρισης έργων στην αρχαία Αίγυπτο. Όμως περίπου πριν από μισό αιώνα οι επιχειρήσεις άρχισαν για πρώτη φορά την εφαρμογή συστηματικών εργαλείων διαχείρισης έργου και χρησιμοποίησαν τις αντίστοιχες τεχνικές σε πολύπλοκα έργα.

Οι Snyder και Kline¹ (1987) υποστηρίζουν ότι η σύγχρονη εποχή της διαχείρισης έργου (project management) ξεκίνησε το 1958 με την ανάπτυξη των μεθόδων Critical Path Method (CPM) και Program Evaluation & Review Technique (PERT). Από την άλλη ο P. Morris² υποστηρίζει ότι η προέλευση της Διαχείρισης έργου προέρχεται από τη χημική βιομηχανία μόλις πριν τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο. Ενώ άλλοι αποδίδουν την προέλευση της Διαχείρισης έργου στον Henri Fayol (1916) και στις “Λειτουργίες διαχείρισης” που εισήγαγε: (1) πρόβλεψη και σχεδιασμός, (2) οργάνωση, (3) εκτέλεση, (4) έλεγχος και παρακολούθηση, (6) οριστικοποίηση και εκτίμηση αποτελέσματος.

1.1. Fayolism

Ο Henri Fayol γεννήθηκε στην Κωνσταντινούπολη το 1841. Όταν ήταν 19 ετών, άρχισε να εργάζεται ως μηχανικός σε μια μεγάλη εταιρεία εξόρυξης στη Γαλλία. Τελικά έγινε ο διευθυντής, σε μια εποχή που η μεταλλευτική εταιρεία απασχολούσε περισσότερα από 1.000 άτομα. Ο Fayol άρχισε να αναπτύσσει αυτό που θεωρείται ότι είναι οι 14 πιο σημαντικές αρχές της διαχείρισης έργου. Ουσιαστικά, ανέλυσε πώς οι διαχειριστές θα πρέπει να οργανώνουν και να αλληλοεπιδρούν με το προσωπικό. Το 1916, δύο χρόνια πριν από την παραίτησή του ως διευθυντής, δημοσίευσε τις “14 Αρχές Διοίκησης” στο βιβλίο “Administration Industrielle et Generale”. Ο Fayol δημιούργησε επίσης μια λίστα με τις έξι κύριες λειτουργίες της διαχείρισης, οι οποίες συμβαδίζουν με τις 14 αρχές διοίκησης. Οι “14 Αρχές” του Fayol ήταν μία από τις πρώτες θεωρίες της διαχείρισης που δημιουργήθηκαν, και παραμένει μία από τις πιο ολοκληρωμένες. Θεωρείται ότι επηρέασε περισσότερο από τον καθένα τη διαμόρφωση της σύγχρονης έννοιας της διαχείρισης έργου, παρόλο που την σημερινή εποχή οι ερευνητές δεν αναφέρονται στις “14 Αρχές του Fayol”. Στον αντίποδα ο Frederick Taylor θεωρείται ο θεμελιωτής της επιστημονικής διαχείρισης έργου.



Figure 1.1: Henri Fayol

¹ Snyder, J., & Kline, S. (1987). Modern Project Management: How Did We Get Here – Where Do We Go? *Project Management Journal*.

² Morris and Hough. *The Anatomy of Major Projects: A Study of the Reality of Project Management*. Wiley 1987

1.2. Οι 14 αρχές της Διοίκησης του Fayol

1. **Διαίρεση των εργασιών:** Το έργο πρέπει να διαιρείται μεταξύ των ατόμων και των ομάδων προκειμένου να διασφαλίζεται ότι η προσοχή και η προσπάθεια είναι εστιασμένες σε συγκεκριμένα τμήματα του έργου. Υποστηρίζεται από τον Fayol ότι η εξειδίκευση είναι ο καλύτερος τρόπος να εκμεταλλευτεί κανείς παραγωγικά το ανθρώπινο δυναμικό ενός οργανισμού. Όταν οι εργαζόμενοι είναι εξειδικευμένοι, η παραγωγή μπορεί να αυξηθεί επειδή με την πάροδο του χρόνου γίνονται όλο και πιο έμπειροι και αποτελεσματικοί.
2. **Διοίκηση:** Οι διευθυντές-managers πρέπει να έχουν την εξουσία να δίνουν εντολές, αλλά πρέπει επίσης να έχουν κατά νου ότι η εξουσία συνεπάγεται ευθύνη.
3. **Πειθαρχία:** Οι εργαζόμενοι πρέπει να σέβονται τους κανόνες της επιχείρησης. Η σωστή πειθαρχία είναι αποτέλεσμα της αποτελεσματικής Ηγεσίας και της πλήρους κατανόησης μεταξύ της διοίκησης και των εργαζομένων και της δίκαιης εφαρμογής πεινών όταν παραβιάζονται κανόνες. Στις επιχειρήσεις και στους οργανισμούς πρέπει να υπάρχει πειθαρχία, αλλά οι μέθοδοι για να γίνει αυτό μπορεί να ποικίλουν.
4. **Ιεραρχία:** Ο εργαζόμενος πρέπει να λαμβάνει εντολές από μόνο έναν επιβλέποντα.
5. **Μοναδικότητα κατεύθυνσης:** Κάθε ομάδα ενός οργανισμού που ασχολείται με ένα αντικείμενο και έχει ένα κοινό στόχο πρέπει να διοικείται από έναν manager που να εφαρμόζει ένα συγκεκριμένο πλάνο.
6. **Προτεραιότητα συμφερόντων:** Τα συμφέροντα ενός ατόμου ή μιας ομάδας της επιχείρησης πρέπει να υποτάσσονται στα γενικότερα συμφέροντα του οργανισμού.
7. **Αποδοχές:** Οι εργαζόμενοι πρέπει να αμείβονται δίκαια με βάση τις υπηρεσίες τους.
8. **Λήψη αποφάσεων:** Απαιτείται η σωστή αναλογία μεταξύ της λήψης αποφάσεων σε κεντρικό επίπεδο για την επίτευξη αποτελεσματικού management και της απομακρυσμένης λήψης αποφάσεων από υφισταμένους για περισσότερη ταχύτητα και ευελιξία. Το ζητούμενο είναι να επιτευχθεί ο βέλτιστος βαθμός συγκέντρωσης στη λήψη αποφάσεων για κάθε κατάσταση.
9. **Αλυσίδα Διοίκησης:** Η επικοινωνία τμημάτων σε έναν οργανισμό πρέπει να ακολουθεί τις βαθμίδες διοίκησης από τις υψηλότερες βαθμίδες του management έως τις χαμηλότερες τάξεις των εργαζομένων. Σε περίπτωση όμως που παρουσιάζονται καθυστερήσεις και δυσλειτουργίες στις επικοινωνία μπορούν να επιτρέπονται διασταυρούμενες επικοινωνίες μεταξύ των τμημάτων αρκεί αυτό να έχει εκ των προτέρων συμφωνηθεί και να ενημερώνονται όλα τα ενδιαμέσα ή ενδιαφερόμενα μέρη.
10. **Τάξη:** Οι άνθρωποι και τα υλικά θα πρέπει να είναι στο σωστό μέρος τη σωστή στιγμή.
11. **Δικαιοσύνη:** Οι διευθυντές πρέπει να είναι ευγενείς και δίκαιοι έναντι των υφιστάμενων τους.
12. **Σταθερότητα του προσωπικού:** Η συχνή εναλλαγή του προσωπικού καθίσταται αναποτελεσματική. Η Διοίκηση πρέπει να φροντίσει για το σωστό προγραμματισμό στη ροή του προσωπικού και να εξασφαλίσει ότι υπάρχουν ευχέρεια στην αντικατάσταση του προσωπικού και στη συμπλήρωση κενών θέσεων.
13. **Πρωτοβουλία:** Όταν δίνεται η δυνατότητα στους εργαζόμενους να πάρουν πρωτοβουλίες και να διεκπεραιώσουν πρωτότυπα πλάνα της επιχείρησης τότε αυτοί καταβάλουν μια υπερβάλλουσα προσπάθεια προς όφελος της επιχείρησης.
14. **Συλλογικό Πνεύμα:** Η καλλιέργεια της ομαδικότητας και της συλλογικής αλληλεγγύης συνεισφέρει στην αρμονία και την ενότητα εντός του οργανισμού.

1.3. Χρονολογική εξέλιξη της Διαχείρισης Έργου

1910s

- 1910 – Ο Henry Laurence Gantt (1861–1919) ανέπτυξε το Gantt Chart.

1950s

- 1954 – Εισάγεται η ορολογία “Project Management” από τον Bernard Shriever (US Air Force)
- 1956 – Οι εργαζόμενοι της Du Pont (Αμερικανικής εταιρείας χημικών με χρονολογία ίδρυσης το 1802) ανακαλύπτουν την μέθοδο (CPM) Critical path method
- 1956 – Ίδρυση της Αμερικάνικης ένωσης “American Association Cost Engineers International” (AACE International)
- 1958 – Εφευρίσκεται η μέθοδος PERT (Program Evaluation & Review Technique) και εφαρμόζεται για πρώτη φορά στο πυραυλικό πρόγραμμα Polaris.

1960s

- 1962 – Το Υπουργείο άμυνας Αμερικής και η NASA δημοσιεύουν μια περιγραφή του “Work Breakdown Structure” (WBS)
- 1967 – Ίδρυση στην Ευρώπη της Διεθνούς Ένωσης Διαχείρισης Έργων IPMA (International Project Management Association)
- 1969 – Το Ινστιτούτο Διαχείρισης έργων PMI (Project Management Institute) προωθεί το επάγγελμα του manager που ασχολείται με την Διαχείριση έργων.

1970s

- 1973 – Η εταιρεία πληροφορικής “International Computers Limited” (ICL) προσφέρει το πρόγραμμα “2900 PERT” εγκατεστημένο σε mainframe computers για την επίλυση προβλημάτων Διαχείρισης Έργου με την μέθοδο PERT (Η εταιρεία διέκοψε τη λειτουργία της το 2002)
- 1974 – Δημιουργείται η μέθοδος “PROMPT” (Production Reviewing, Organizing and Monitoring of Performance Techniques) που στην συνέχεια γίνεται γνωστή με το ακρωνύμιο PRINCE (PRojects IN Controlled Environments)
- 1975 – Δημιουργείται από την Simfact Systems Ltd η μεθοδολογία PROMPTII.
- 1975 – Δημοσιεύεται το βιβλίο *The Mythical Man-Month: Essays on Software Engineering and Project Management* από τον Fred Brooks.
- 1979 – Ο Κεντρικός Οργανισμός Υπολογιστών και Τηλεπικοινωνιών της Βρετανίας CCTA (Central Computer and Telecommunications Agency), που αργότερα ονομάστηκε Γραφείο Κυβερνητικού Εμπορίου (OGC) υιοθετεί την μεθοδολογία PROMPT II.

1980s

- 1980 – Δημιουργούνται τα πρώτα ιστογράμματα που μπορούν να εμφανιστούν στις οθόνες της πρώτης γενιάς προσωπικών υπολογιστών (μικροϋπολογιστές)
- 1981 – Ο Βρετανικός στρατός υιοθετεί την μεθοδολογία PROMPT
- 1984 – Δημοσιεύεται το σημαντικό βιβλίο *The Goal* από τον Eliyahu M. Goldratt
- 1987 – Ο 1^{ος} οδηγός *Project Management Body of Knowledge* (PMBoK) δημοσιεύεται ως Λευκή Βίβλος από το PMI.
- 1989 – Η μεθοδολογία PRINCE προκύπτει από την μεθοδολογία PROMPTII και δημοσιεύεται από τον Κεντρικό Οργανισμό Υπολογιστών και Τηλεπικοινωνιών της Μεγάλης Βρετανίας CCTA και καθιερώνεται σαν πρότυπη μεθοδολογία για όλα τα κυβερνητικά έργα διαχείρισης πληροφορίας.

1990s

- 1996 – Η μεθοδολογία PRINCE2 (εξέλιξη της PRINCE) δημοσιεύεται από τον οργανισμό CCTA (μετέπειτα OGC).
- 1996 – Δημοσιεύεται η 1^η έκδοση της μεθοδολογίας PMBoK.
- 1997 – Εκδόθηκε ο οδηγός διαχείρισης έργου *Critical Chain* από τον Eliyahu M. Goldratt που αφορά τις κρίσιμες αλυσίδες στη διαχείριση έργων (CCPM)

2000s

- 2000 Δημοσιεύεται η 2^η έκδοση της PMBoK.
- 2001 Ο μη κερδοσκοπικός συνασπισμός Agile δημιουργείται προκειμένου να προωθήσει την επικράτηση του “lightweight” λογισμικού διαχείρισης έργων και να καταστεί η βιομηχανία λογισμικού πιο παραγωγική, ανθρώπινη και βιώσιμη.
- 2004 Δημοσιεύεται η 3^η έκδοση της PMBoK.
- 2006 Η AACE εισάγει το TCM (Total Cost Management) πλαίσιο διαχείρισης έργου.
- 2008 Δημοσιεύεται η 4^η έκδοση της PMBoK.
- 2009: Σημαντική αναθεώρηση της PRINCE2 από την OGC, ώστε να γίνει απλούστερη και ευπροσάρμοστη.

2010s

- 2012: Δημοσιεύεται η 5^η έκδοση της PMBoK με τις κατευθυντήριες γραμμές, τους κανόνες και τα χαρακτηριστικά για τη διαχείριση του έργου.
- Το μέλλον: Η Παγκοσμιοποίηση δημιουργεί ολοένα και μεγαλύτερες προκλήσεις και την ανάγκη για αυξημένη ταχύτητα στην τοποθέτηση προϊόντων και υπηρεσιών στην αγορά. Τα έργα γίνονται συνεχώς μεγαλύτερα περισσότερο περίπλοκα και πιο δύσκολα διαχειρίσιμα. Η οικονομική κρίση ωθεί τις επιχειρήσεις να λειτουργούν υπεράκτια παραρτήματα σε χώρες χαμηλού κόστους, που παρουσιάζουν ιδιαίτερα προβλήματα. Ο σύγχρονος επιχειρηματικός κόσμος αλλάζει και ανάλογα πρέπει να αλλάξει και η μεθοδολογία στη διαχείριση έργων. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι χρειάζονται καλύτερες πρακτικές και νέες τεχνικές, καθώς αντιμετωπίζουμε συνεχώς νέες προκλήσεις και επεκτείνουμε τα όρια του τι είναι δυνατό να πετύχουμε. Οι ανθρώπινες ανάγκες μας οδηγούν προς τα μπροστά σε ένα καλύτερο μέλλον και με αυτό θα έρθουν συγχρόνως βελτιώσεις στον τρόπο που γίνεται η διαχείριση των έργων. Δεν είναι βέβαιο πότε και που θα επέλθουν αυτές οι εξελίξεις αλλά είναι βέβαιο ότι θα συμβούν...



Εικόνα 1.1: Το περιβάλλον της διαχείρισης έργου

2 Κατανοώντας την σπουδαιότητα της Διαχείρισης Έργων

2.1. Διαχείριση έργου στην Βιομηχανία

2.1.1. Οι πολλαπλές ωφέλειες από τις δεξιότητες της διαχείρισης έργου.

Οι δεξιότητες που προκύπτουν από την τριβή με την διαχείριση έργου ωφελούν στα περισσότερα επαγγέλματα, ακόμα και στην καθημερινή μας ζωή. Όποιος ασχοληθεί με την διαχείριση έργου αποκτάει μεταξύ άλλων ισχυρές ικανότητες οργάνωσης, δυναμική επικοινωνία, κλπ. όπως επίσης τη δυνατότητα εφαρμογής ενός έργου παράδοσης προϊόντος ή υπηρεσίας, ενώ συγχρόνως παρακολουθεί τα ρίσκα και τη διαχείριση πόρων του έργου. Όλες αυτές οι δεξιότητες που συγκεντρώνει ο διαχειριστής έργου του δίνουν προβάδισμα στην αντίστοιχη βιομηχανία που υπάγεται. Μπορούμε να βρούμε διαχειριστές έργου σε πολλούς τομείς της βιομηχανίας. Η διαχείριση έργου χρησιμοποιείται ιδιαίτερα έντονα και πετυχημένα στη γεωργία, στη μόδα, στην αρχιτεκτονική, στην υγεία, στις δημόσιες υπηρεσίες, στις υπηρεσίες διαχείρισης ανθρώπινου προσωπικού, στη διαχείριση οικονομικών των επιχειρήσεων, στις πωλήσεις, στις μεταφορές και στη διαχείριση ηλεκτρονικών πόρων εξοπλισμού και πληροφορίας.

2.2. Διαχείριση έργου σε συγκεκριμένα επαγγέλματα

Στην συνέχεια θα εξερευνήσουμε κάποια επαγγέλματα και με ποιο τρόπο μπορεί η γνώση της διαχείρισης έργων να χρησιμοποιηθεί προς όφελος του κάθε ενός από αυτά.

2.2.1. Ιδρυτές επιχειρήσεων

Για τους επιχειρηματίες είναι φυσική αναγκαιότητα η απόκτηση δεξιοτήτων διαχείρισης έργου. Όπως σε όλες τις πετυχημένες επιχειρήσεις, το προϊόν ή η υπηρεσία που παραδίδεται στον πελάτη πρέπει να ικανοποιεί τις πιο πολλές από τις επιθυμίες και ανάγκες του. Το προϊόν - υπηρεσία πρέπει να έχει την επιθυμητή ποιότητα, το κόστος να βρίσκεται στο αναμενόμενο από τον πελάτη πλαίσιο και το χρονοδιάγραμμα παράδοσης του προϊόντος ή υπηρεσίας να ικανοποιεί την διορία στην παράδοση που είχε συμφωνηθεί με τον πελάτη.

Η διαχείριση έργου είναι σε θέση να παραδώσει ένα προϊόν/υπηρεσία μέσα στο συμφωνηθέν χρονοδιάγραμμα, κόστος, πεδίο δράσης και απαιτήσεις ποιότητας. Ένας επιχειρηματίας π.χ. ένας ιδιοκτήτης/manager εστιατορίου χρειάζεται δεξιότητες σχεδίασης, οργάνωσης και δημιουργίας πεδίου δράσης. Όπως επίσης χρειάζεται δεξιότητες ανάλυσης, επικοινωνίας, παραγωγής προϋπολογισμού, εύρεσης προσωπικού και εξοπλισμού, εκτέλεσης εργασιών και παράδοσης έργου.

Η αντίληψη των οικονομικών, των δραστηριοτήτων και των εξόδων μιας επιχείρησης είναι δεξιότητες που ένας διαχειριστής έργου μαθαίνει και εφαρμόζει.

2.2.2. Πολιτικοί μηχανικοί

Οι πολιτικοί μηχανικοί σχεδιάζουν, διευθύνουν και συντονίζουν μεγάλο εύρος έργων, από δρόμους, γέφυρες και εργοστάσια μέχρι γραφεία, σπίτια και νοσοκομεία. Ένας πολιτικός

μηχανικός χρειάζεται να έχει ισχυρές δεξιότητες προγραμματισμού, χρονοδρομολόγησης και επικοινωνίας για να ανταπεξέλθει στις ανάγκες της δουλειάς του.

Ο πολιτικός μηχανικός εξασφαλίζει ότι ένα έργο θα παραδοθεί στην ώρα του και μέσα στον προϋπολογισμό, ενώ καλύπτει τις ποιοτικές προδιαγραφές και παρέχει ένα ασφαλές εργασιακό περιβάλλον.

Ο σύγχρονος πολιτικός μηχανικός χρησιμοποιεί ειδικευμένα προγράμματα/εργαλεία διαχείρισης έργου όπως τα Microsoft Project, Teamwork, AceProject, ProWorkflow, Zoho Projects, LiquidPlanner, Wrike, Mavenlink, Zendesk, Freshdesk, EasyProjects, Salesforce Desk, Projector PSA, Clarizen.

2.2.3. Εκπαιδευτικός/Παιδαγωγός

Η έννοια του εκπαιδευτικού είναι μία ευρεία έννοια η οποία αντιπροσωπεύει την περίπτωση ενός δασκάλου, ενός καθηγητή πανεπιστημίου είτε ενός μέντορα. Εκπαιδευτές βρίσκουμε στα πρόσωπα των γκουρού, των μουλάδων, των παστόρων και των ιερέων. Ένας εκπαιδευτής/διδάσκαλος επίσης προσφέρει επαγγελματική εκπαίδευση ή διδάσκει τις ικανότητες/δεξιότητες που χρειάζεται κάποιος για να οδηγήσει ένα αμάξι ή να χρησιμοποιήσει έναν υπολογιστή. Οι εκπαιδευτές προσφέρουν κίνητρο/ώθηση για να μάθει ο μαθητής μια καινούργια γλώσσα ή να παρουσιάσει καινούργια προϊόντα και υπηρεσίες. Οι εκπαιδευτές χρησιμοποιούν στοιχεία της διαχείρισης έργου όπως είναι ο προγραμματισμός και η επικοινωνία.

2.2.4. Μηχανικοί

Οι μηχανικοί εφαρμόζουν τις αρχές της επιστήμης και των μαθηματικών για να αναπτύξουν οικονομικές λύσεις σε τεχνικά προβλήματα. Καθώς οι μηχανικοί ξεκινώντας από μία ιδέα προχωρούν στην υλοποίηση της και την παράδοση ενός προϊόντος ή μίας υπηρεσίας, συνδέουν τις επιστημονικές ανακαλύψεις με εμπορικές εφαρμογές που ανταποκρίνονται στις κοινωνικές και καταναλωτικές ανάγκες των πολιτών.

Οι μηχανικοί χρησιμοποιούν πολλές δεξιότητες της διαχείρισης έργων, ιδίως όταν καθορίζουν τις λειτουργικές απαιτήσεις ενός έργου ή μιας δραστηριότητας. Οι μηχανικοί είναι υπεύθυνοι για την αξιολόγηση της συνολικής αποτελεσματικότητας του σχεδιασμού ενός έργου και για θέματα αξιοπιστίας και ασφάλειας.

2.2.5. Προγραμματιστής εφαρμογών

Οι προγραμματιστές λογισμικού ηλεκτρονικών υπολογιστών εφαρμόζουν τις τεχνικές της διαχείρισης έργων είτε πρόκειται για την παραγωγή λογισμικού που αφορά τη λειτουργία των υπολογιστικών συστημάτων είτε πρόκειται για εφαρμογές όπως π.χ. ηλεκτρονικά παιχνίδια. Η μεθοδολογία της διαχείρισης έργων βοηθάει στο να θέσουν τους ορθούς στόχους για το λογισμικό, τον εντοπισμό και την παρακολούθηση της ανάπτυξης του προϊόντος, την παρακολούθηση της ομάδας ή των ομάδων, την αξιολόγηση των δοκιμών του προϊόντος, την πιστοποίηση της ποιότητας του προϊόντος, την παρακολούθηση των πόρων σε προσωπικό, εξοπλισμό, εργαστήρια κλπ., την παρακολούθηση και την τήρηση του χρονοδιαγράμματος και τον έλεγχο και περιορισμό του κόστους.

Πέραν των ανωτέρω υπάρχουν και πάρα πολλοί άλλοι κλάδοι επαγγελματιών όπως εργολάβοι κατασκευών, δικηγόροι, γραφίστες, γιατροί και υγειονομικό προσωπικό, τεχνικοί κλπ.

2.3. Εφαρμογές της διαχείρισης έργου σε μεγάλα έργα στην Ελλάδα

Τις τελευταίες δεκαετίες εξαιρετικά σημαντική έχει αποδειχθεί η συμβολή της διαχείρισης έργου σε όλα τα μεγάλα έργα υποδομής που κατασκευάστηκαν στον ελληνικό χώρο. Τις περισσότερες φορές ενώ η μελέτη και κατασκευή έχει ανατεθεί σε κοινοπραξίες εταιρειών όπου δεσπόζουσα θέση κατέχουν ξένες εταιρείες όπως γαλλικές, γερμανικές, καναδικές, ολλανδικές κλπ., η διαχείριση του έργου και η επίβλεψη των εργασιών έχει αναληφθεί από ελληνικές εταιρείες που ιδρύονται γι' αυτό το σκοπό και οι οποίες στη συνέχεια αναλαμβάνουν τη λειτουργία και την εκμετάλλευση του έργου. Ενδεικτικά αναφέρουμε:

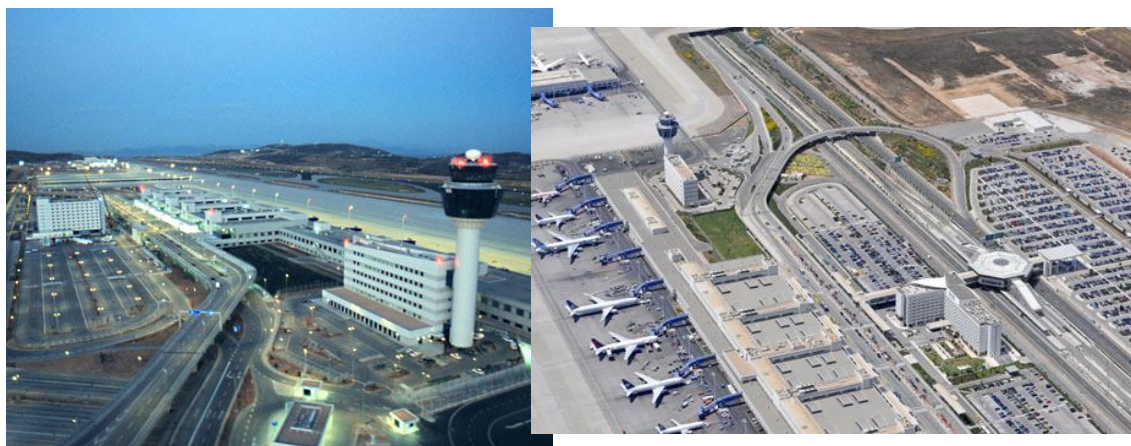
2.3.1. Αττικό μετρό

Το μετρό της Αθήνας, ίσως το πολυπλοκότερο έργο στον τομέα των μεταφορών στην Ελλάδα και από τα πολυπλοκότερα στην Ευρώπη.



2.3.2. Ελευθέριος Βενιζέλος

Πρωτοποριακή για την Ελλάδα εφαρμογή της διαχείρισης έργου που αποτέλεσε μια καινοτομική συνεργασία του δημοσίου με τον ιδιωτικό τομέα με επικεφαλής τη γερμανική εταιρεία Hochtief AirPort GmbH (1.9 δις €).



2.3.3. Εγνατία οδός

Στη Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία ένας από τους δύο σημαντικότερους δρόμους που κατέληγαν στην πρωτεύουσα Ρώμη ήταν η via Εγνατία, υπερπόντια προέκταση της via Τραϊόνα διαμέσου του λιμένα της Γναφιάς, που διέσχισε την Ελλάδα μέχρι τον ποταμό Έβρο.

Η σημερινή Εγνατία οδός είναι ο πρώτος υψηλών προδιαγραφών οδικός άξονας που διασχίζει οριζόντια την Ελλάδα (687 χλμ.), χρησιμοποίησε και χρησιμοποιεί και σήμερα (μια και βρίσκεται στη φάση παράδοσης του τελικού τμήματός της), ένα πρότυπο σύστημα Διαχείρισης του Έργου, που περιλαμβάνει όλο το φάσμα της Μελέτης, Κατασκευής, Επίβλεψης, Λειτουργίας και Συντήρησης της Οδού.



2.3.4. Μετρό Θεσσαλονίκης

Οι μέθοδοι διαχείρισης έργου δοκιμάζονται από καθυστερήσεις στους προϋπολογισμένους χρόνους των δραστηριοτήτων εξαιτίας της συνεχούς ανακάλυψης αρχαιοτήτων στο υπέδαφος της Θεσσαλονίκης από βάθος 6 μέτρων μέχρι και σχεδόν την επιφάνεια.



2.3.5. Αττική Οδός

Σε πείσμα του ακτινικού από το κέντρο προς την περιφέρεια δικτύου μεταφορών της Αττικής είναι ο πρώτος και μοναδικός μέχρι στιγμής περιφερειακός δακτύλιος της Αττικής. Εφαρμόστηκαν όλες οι σύγχρονες μέθοδοι διαχείρισης έργου μια και αποτελείται από πληθώρα υπο-έργων όπως δίκτυο παράπλευρων οδών μήκους 2,5 φορές το μήκος του κυρίως έργου, αντιπλημμυρικά έργα μήκους όσο το κύριο έργο, 29 ανισόπεδους κόμβους, 196 γέφυρες διαφόρων ειδών, 56 σήραγγες, 195 λωρίδες διοδίων κλπ.

Η ταυτότητα του Έργου	
Συνολικό μήκος	65,20 χλμ.
Δίκτυο βοηθητικών/ παράπλευρων οδών	150 χλμ.
Ανισόπεδοι κόμβοι σε λειτουργία	29
Οδικές γέφυρες-Άνω διαβάσεις	100
Οδικές γέφυρες-Κάτω διαβάσεις	25
Γέφυρες σιδηροδρομικών γραμμών	38
Γέφυρες ρεμάτων	21
Πεζογέφυρες (άνω διαβάσεις)	12
Σήραγγες και πλήρως υπογειοποιημένα τμήματα Cut & Cover	56
Συνολικό μήκος σηράγγων και Cut & Cover	15,36 χλμ.
Μήκος Αντιπλημμυρικών Έργων	66,70 χλμ.
Σταθμοί Εξυπηρέτησης Αυτοκινητιστών / Σ.Ε.Α.	4
Κέντρο Λειτουργίας και Συντήρησης	1
Σημεία Εξυπηρέτησης Συνδρομητών	11
Σταθμοί Διοδίων	39
Συνολικές λωρίδες διοδίων	195
Ηλεκτρονικές λωρίδες διοδίων	55
Λωρίδες διοδίων με εισπράκτορα	140

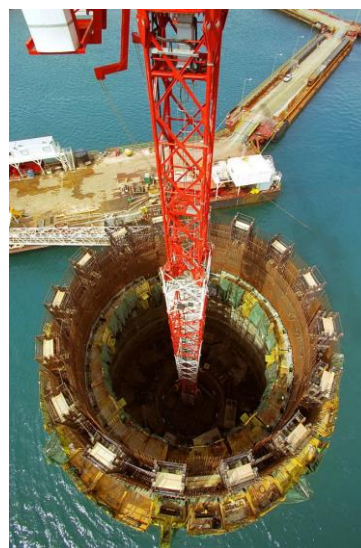


Το έργο της Αττικής Οδού χάρις στις μεθόδους διαχείρισης έργου που εφαρμόστηκαν ολοκληρώθηκε εγκαίρως και χωρίς υπερβάσεις στο κόστος κατασκευής του, το οποίο ανήλθε στα 1,3 δις ευρώ περίπου, δηλαδή στο ποσό που αναφερόταν στην προσφορά της Αττικής Οδού για το κατ' αποκοπή αντικείμενο.

Θα αναφέρουμε σαν τελευταίο μεγάλο έργο τη μεγαλύτερη εφαρμογή μέχρι στιγμής των μεθόδων διαχείρισης έργου (Project Management) στην Ελλάδα, τη ζεύξη Ρίου-Αντιρρίου.

2.3.6. Γέφυρα Ρίου Αντίρριου

Η μεγαλύτερη εφαρμογή των μεθόδων της διαχείρισης έργου από κοινοπραξία εταιρειών με επικεφαλής το γαλλικό όμιλο GTM ήταν σαφώς η ζεύξη Ρίου Αντίρριου. Πρόκειται για μια γέφυρα που κατασκευάστηκε σε ένα περιβάλλον όπου συνδυάζονται πολλά δυσμενή χαρακτηριστικά. Η περιοχή είναι σεισμογενής, το βάθος της θάλασσας μεγάλο (έως και 65 μέτρα) και ο πυθμένας ασταθής -ένα στρώμα από σαθρό ίζημα ξεκινά από τον πυθμένα και προχωρά σε βάθος 500 μέτρων, όπου συναντά το σταθερό βραχώδες στρώμα.



Το έργο χαρακτηρίζεται από πολλές πρωτιές, όπως το μήκος του καλωδιατού καταστρώματος, τους τέσσερις αντί για δύο πυλώνες, την θεμελίωση των πεδίων σε σεισμογενές έδαφος, τις ειδικές προδιαγραφές για την οριζόντια και πλάγια μετατόπιση έως δύο μέτρα προς κάθε κατεύθυνση, την αντοχή στις στροβιλώδεις ριπές του ανέμου. Ο χρόνος ζωής του ορίστηκε στα 120 χρόνια.



3 Ορισμοί

3.1. Τι είναι Έργο; (PROJECT)

Παρά το γεγονός ότι η διαχείριση έργου συχνά παραλείπεται κατά τη δημιουργική διαδικασία, είναι η κινητήριος δύναμη πίσω από κάθε τόλμημα. Η αποτελεσματική διαχείριση έργου μπορεί να ωθήσει ένα έργο στο μέγιστο των δυνατοτήτων του, παράγοντας ένα αποτέλεσμα πέρα από κάθε προσδοκία. Από την άλλη μεριά, η κακή διαχείριση έργου μπορεί να μπλοκάρει την παραγωγικότητα, να καταπνίξει τη δημιουργικότητα ή να “σκοτώσει” ένα έργο εξ’ ολοκλήρου.

Τι είναι «έργο»; Προτού αναλύσουμε την έννοια ας παραθέσουμε μερικούς ορισμούς από τη διεθνή βιβλιογραφία:

- ❖ «Κάθε έργο έχει μια συγκεκριμένη χρονική αρχή, δεν επαναλαμβάνεται ποτέ ακριβώς το ίδιο και εκτελείται από ανθρώπους μέσα σε καθορισμένα όρια κόστους, χρόνου και ποιότητας» (Buchanan και Body, 1992).
- ❖ «Έργο είναι ένα σύνολο ανθρώπων και άλλων μέσων που συγκεντρώνεται προσωρινά για την εκπλήρωση κάποιου σκοπού, συνήθως μέσα σε συγκεκριμένα όρια προϋπολογισμού και χρόνου. Ένα έργο συνδέεται συνήθως με κάποιο προϊόν που είτε γίνεται για πρώτη φορά είτε έχει γίνει και στο παρελθόν, αλλά με διαφορετικές διαδικασίες» (Graham, 1985).
- ❖ «Κάθε έργο γίνεται με συγκεκριμένα μέσα, έχει περιορισμένη χρονική διάρκεια, δεν επαναλαμβάνεται, έχει στόχους και η ευθύνη ανήκει κάπου. Με τον όρο “έργο” εννοούμε ένα χρήσιμο τρόπο για την οργάνωση της εργασίας. Κανένα έργο δεν ξεκινά αν δεν υπάρξει ηθελημένη παρέμβαση» (Gray, 1994)
- ❖ «Η απλούστερη μορφή έργου είναι μια διακριτή ενέργεια με καθορισμένους χρονικούς, χρηματικούς, ποιοτικούς και άλλους στόχους. Όλα τα έργα ακολουθούν μια ακολουθία παρόμοιων φάσεων και έχουν ένα καθορισμένο σημείο αρχής και τέλους. Επιπρόσθετα, οι στόχοι ενός έργου μπορούν να καθοριστούν με πολλούς διαφορετικούς τρόπους, για παράδειγμα με οικονομικά ή κοινωνικά κριτήρια, αλλά σε κάθε περίπτωση οι στόχοι αυτοί πρέπει να είναι καθορισμένοι και το έργο θα πρέπει να ολοκληρώνεται κάπου» (APM, 1998).

Από τους παραπάνω ορισμούς προκύπτει ότι κάθε έργο έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Είναι μοναδικό, με την έννοια ότι δεν επαναλαμβάνεται ποτέ ακριβώς το ίδιο.
- Αποσκοπεί στην εκπλήρωση συγκεκριμένων στόχων.
- Διαθέτει κάποιο προϋπολογισμό.
- Μπορεί να είναι μέρος ενός ευρύτερου προγράμματος που να συμπεριλαμβάνει ένα σύνολο έργων.
- Έχει αρχή και τέλος.
- Περιλαμβάνει σε σημαντικό βαθμό ανθρώπινη εργασία.
- Πρέπει να υπακούει σε συγκεκριμένους περιορισμούς όπως νομικούς, οικονομικούς, περιβαλλοντικούς, χρονικούς κλπ. και να τηρεί συγκεκριμένες προδιαγραφές.

- Πρέπει να τηρεί συγκεκριμένους κανόνες ασφαλείας τόσο κατά το χρονικό διάστημα της εκτέλεσης του, όσο και κατά τον ωφέλιμο χρόνο ζωής του. Οι παράγοντες αυτοί υπαγορεύονται είτε από το κράτος, είτε από τον εντολέα του έργου.
- Η εκτέλεση του έργου απαιτεί τη λήψη αποφάσεων εκ μέρους της διοίκησης του έργου.

3.2. Ορολογία χρήσιμη για τους ορισμούς του έργου

3.2.1. Δραστηριότητα (activity)

Αφορά μια μοναδική και σύνθετη εργασία που αποσκοπεί σε συγκεκριμένο και μετρήσιμο αποτέλεσμα με βάση κάποιες προδιαγραφές και συνδέεται με το χρόνο, το κόστος και τα μέσα παραγωγής. Αποτελεί το “δομικό υλικό” ενός έργου. Έτσι, η **ακολουθία δραστηριοτήτων** αναφέρεται στη σειρά εκτέλεσης των δραστηριοτήτων από τις οποίες αποτελείται το έργο και καθορίζεται κυρίως από τεχνικούς ή οικονομικούς περιορισμούς. Εάν δεν αποσαφηνίζεται πλήρως ότι οι δραστηριότητες τηρούν μια συγκεκριμένη σειρά εκτέλεσης τότε δεν αναφερόμαστε σε ένα σύνολο δραστηριοτήτων που αποτελούν έργο (δηλαδή εάν ένα σύνολο δραστηριοτήτων δεν γίνεται - ή δεν χρειάζεται να γίνει - με κάποια συγκεκριμένη σειρά, τότε δεν αποτελεί έργο).

3.2.2. Τι είναι Διοίκηση (Management)

Διοίκηση είναι η οργανωμένη διαδικασία που αποσκοπεί στην εκπλήρωση ενός ή περισσότερων στόχων. Σε κάθε μορφή επιτυχημένης διοίκησης περιλαμβάνονται τέσσερις απαραίτητες δραστηριότητες:

- **Καθορισμός σκοπού**, δηλαδή σαφής ορισμός του επιδιωκόμενου στόχου που πρέπει να ορίζεται από εφικτά και μετρήσιμα αποτελέσματα.
- **Σχεδιασμός** της πορείας που πρέπει να ακολουθηθεί για την επίτευξη του σκοπού.
- **Οργάνωση** των ανθρώπων σε μία παραγωγική ομάδα.
- **Έλεγχος**, δηλαδή η μέτρηση του αποτελέσματος των διαφόρων δραστηριοτήτων, η ενθάρρυνση για τη βελτίωση των αποτελεσμάτων, η καθοδήγηση για την επίλυση προβλημάτων και η διόρθωση από την παρέκκλιση στην υλοποίηση του σκοπού.

3.2.3. Πρόγραμμα

Το Πρόγραμμα αποτελείται από πολλά αλληλοσχετιζόμενα έργα και αποσκοπεί στην εκπλήρωση πολλών στόχων.

3.2.4. Εργασία (work)

Είναι η καθημερινή δουλειά ενός ανθρώπου, που έχει στοιχεία επαναληπτικότητας και απλότητας στην εκτέλεσή της.

3.2.5. Προϋπολογισμός (Budget)

Ο προϋπολογισμός είναι ένα αναλυτικό σχέδιο για την απόκτηση και τη χρησιμοποίηση οικονομικών και άλλων πόρων μέσα σε μία καθορισμένη χρονικά περίοδο. Αντιπροσωπεύει ένα σχέδιο της επιχείρησης για το μέλλον που εκφράζεται με επίσημους ποσοτικούς όρους αλλά και σε χρηματικές μονάδες.¹

- Συμβατικός προϋπολογισμός είναι ο προϋπολογισμός που αναφέρεται στη σύμβαση του έργου και παριστάνει το ποσό που είναι διατεθειμένος να καταβάλει ο εντολέας του έργου.
- Πραγματικός προϋπολογισμός είναι ο προϋπολογισμός που στηρίζεται σε αληθινά στοιχεία και υπολογίζεται με αναλυτικές μεθόδους προϋποθέτει δε την κατανόηση των στόχων του έργου την εξέταση των εναλλακτικών λύσεων και τον ακριβή χρονικό και ποσοτικό προσδιορισμό του κόστους.

3.2.6. Κόστος έργου

Κόστος είναι το σύνολο των οικονομικών μέσων που διατίθενται για την εκτέλεση ενός έργου και περιλαμβάνει την αξία της εργασίας των εργαζόμενων, την αξία των υλικών που χρησιμοποιούνται (π.χ. μεταφορικά μέσα, σκαλωσιές κλπ.) αλλά και των υλικών που ενσωματώνονται (π.χ. μπετό, σίδερα, τούβλα, κλπ.), των εγκαταστάσεων (π.χ. ενοικίαση γραφείων), των υπεργολάβων για συγκεκριμένα τμήματα του έργου (π.χ. ηλεκτρολογικά), τις υπηρεσίες υποστήριξης του έργου (π.χ. υπηρεσίες επίβλεψης και ασφάλειας, αμοιβή ερευνητικού κέντρου), το χρηματοοικονομικό κόστος της επένδυσης (π.χ. έξοδα δανεισμού), διάφορα άλλα έξοδα (π.χ. φόρος εισοδήματος, ΦΠΑ κλπ.)

- **Άμεσο κόστος**, είναι το απαιτούμενο κόστος για τις εργασίες υλοποίησης του έργου και περιλαμβάνει το κόστος προσωπικού, μηχανημάτων, υλικών και υπεργολάβων. Το άμεσο κόστος διακρίνεται σε:
 - **Σταθερό κόστος** είναι το πάγιο κόστος που προκύπτει από τη χρήση ενός από τα μέσα παραγωγής και είναι ανεξάρτητο από το εάν το παραγόμενο προϊόν χρησιμοποιείται ή όχι. Για παράδειγμα εάν η χρηματοδότηση ενός έργου, όπως το χτίσιμο ενός συγκροτήματος γραφείων, έγινε με τραπεζικό δανεισμό, το κόστος εξυπηρέτησης των δανείων είναι σταθερό κόστος και υπάρχει ανεξάρτητα από το εάν τα γραφεία που κατασκευάστηκαν πωλήθηκαν ή ενοικιάζονται.
 - **Μεταβλητό κόστος** είναι το κόστος χρήσης ή το κόστος λειτουργίας το οποίο είναι ανάλογο της χρήσης που γίνεται στο παραγόμενο προϊόν και εκφράζεται ανά μονάδα παραγωγής.

Δεδομένου ότι το άμεσο κόστος είναι το άθροισμα του σταθερού κόστους και του μεταβλητού κόστους, συμπεραίνουμε ότι το σταθερό κόστος τείνει προς το μηδέν όσο εντατικότερη και πιο μακροχρόνια γίνεται η παραγωγική χρήση του προϊόντος ενώ συγχρόνως το μεταβλητό κόστος τείνει να γίνει ίσο με το άμεσο κόστος.

- **Έμμεσο κόστος**, είναι το κόστος όλων των υποστηρικτικών ενεργειών για την υλοποίηση ενός έργου (π.χ. κόστος εγκατάστασης του εργοταξίου, μεταφοράς εξοπλισμού, έκδοσης αδειών, κόστος εγγυητικών επιστολών, κόστος έρευνας, κόστος επίβλεψης, κόστος ασφάλισης, κλπ.), μέρος των λειτουργικών εξόδων της επιχείρησης που έχει αναλάβει το έργο (όπως αποσβέσεις παγίων στοιχείων, κόστος διοικητικού προσωπικού, κόστος κεντρικών γραφείων, κλπ.), αλλά και το κέρδος του εργολάβου που έχει αναλάβει το έργο.

¹ Garrison R. & Noreen E., Διοικητική Λογιστική, 2005, σ. 376

3.2.7. Μοναδικότητα (uniqueness)

Οι δραστηριότητες ενός έργου δεν επαναλαμβάνονται πανομοιότυπες όσες φορές και εάν εκτελεστεί το έργο. Αυτό μπορεί να οφείλεται στη μεταβλητότητα των συνθηκών (π.χ. αλλαγή καιρικών συνθηκών), σε απρόβλεπτους παράγοντες (π.χ. αλλαγή ή ασθένεια προσωπικού), σε διαφοροποίηση διαφόρων κοστών (π.χ. του κόστους των πρώτων υλών) κλπ.

Αλλά ακόμα και όταν φαινομενικά όλες οι συνθήκες είναι ίδιες και μόνο από το γεγονός ότι ένας εργαζόμενος που εκτελεί την ίδια δραστηριότητα 2^η ή 3^η φορά, η πείρα που έχει αποκτήσει του υπαγορεύει διαφορετική συμπεριφορά (άλλες φορές μπορεί να γίνεται πιο γρήγορος, σε άλλες όμως περιπτώσεις μπορεί να γίνεται πιο απρόσεκτος). Ένας επιπλέον παράγων είναι ότι συχνά είναι αδύνατο ή δύσκολο να ποσοτικοποιήσουμε την επίδραση που θα έχει στο έργο η μεταβολή σε κάποιον από τους παράγοντες που το επηρεάζουν.

3.2.8. Πολυπλοκότητα (complexity)

Όσο αυξάνεται η εξειδίκευση των δραστηριοτήτων και των γνώσεων που απαιτούνται για την εκτέλεσή τους, όσο πληθαίνουν οι περιορισμοί για την ορθή εκτέλεση ενός έργου και τίθενται όρια χρονικά και οικονομικά, τόσο μεγαλώνει η πολυπλοκότητα των δραστηριοτήτων του έργου, με αποτέλεσμα οι δραστηριότητες να μην μπορούν να θεωρηθούν σαν επαναλαμβανόμενες διαδικασίες ρουτίνας.

3.2.9. Αλληλοσυσχέτιση (interrelationship – precedence relationship)

Είναι σύνηθες μία ή περισσότερες δραστηριότητες να συνδέονται μεταξύ τους π.χ. όταν η έξοδος/αποτέλεσμα μίας είναι προαπαιτούμενο/είσοδος για την εκκίνηση της άλλης. Μία δραστηριότητα μπορεί να έχει μία ή περισσότερες επόμενες με συνέπεια καθυστέρηση σε κάποια έστω και αρχική δραστηριότητα να είναι δυνατό να προκαλέσει παράταση της διάρκειας του συνολικού έργου.

3.2.10. Υποέργο (sub-project)

Είναι ένα έργο που αποτελείται και αυτό από σειρά δραστηριοτήτων. Η υποδιαίρεση ενός έργου σε υποέργα μπορεί να είναι δική μας επιλογή που να υπαγορεύεται από οργανωτικούς σκοπούς ή να μας υποβάλλεται από την φύση του έργου π.χ. μια εξειδικευμένη κατασκευαστική εταιρεία κατασκευάζει συγχρόνως τον βιολογικό καθαρισμό σε πολλά διαφορετικά λιμάνια της χώρας και η κατάτμηση του έργου σε υποέργα υπαγορεύεται από γεωγραφικούς παράγοντες. Άλλες φορές οι παράγοντες μπορεί να είναι λειτουργικοί ή οργανωτικοί.

3.2.11. Συγκεκριμένος σκοπός (specific purpose)

Κάθε έργο έχει να επιτελέσει κάποιο συγκεκριμένο σκοπό και όλα τα υποέργα που το αποτελούν ή οι δραστηριότητες που περιέχει πρέπει να σχεδιάζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε αρμονικά να συνεργάζονται και να συμβάλουν στην επίτευξη αυτού του σκοπού. Για παράδειγμα όταν μία χώρα υποβάλει υποψηφιότητα για την διεκδίκηση των Ολυμπιακών Αγώνων όλα τα υποέργα που υλοποιούνται όπως η κατασκευή αθλητικών εγκαταστάσεων, η αναβάθμιση υπαρχόντων γηπέδων και σταδίων, η βελτίωση των συγκοινωνιακών υποδομών, η διαφημιστική εκστρατεία, η υλοποίηση πολιτιστικών εκδηλώσεων και τέλος η προετοιμασία του φακέλου της υποψηφιότητας συντελούν σε ένα συγκεκριμένο σκοπό που είναι η ανάληψη της τέλεσης των Ολυμπιακών Αγώνων.

3.2.12. Περιορισμένος χρόνος/κόστος (limited time/cost)

Ο καθορισμένος χρόνος (αντίστοιχα το καθορισμένο κόστος) αφορά τα συγκεκριμένα χρονικά (αντίστοιχα οικονομικά) πλαίσια που θέτει η διοίκηση της εταιρείας ή ο ίδιος ο πελάτης, για τον οποίο εκτελείται το έργο, ώστε το τελευταίο να ολοκληρωθεί εγκαίρως και τηρώντας τις απαραίτητες προδιαγραφές.

3.2.13. Ικανοποίηση προδιαγραφών

Το έργο πρέπει να ικανοποιεί κάποιες προδιαγραφές ποιότητας. Οι προδιαγραφές σε ορισμένα έργα μπορεί να αλλάξουν. Για παράδειγμα, μετά από κάποιον μεγάλο σεισμό μπορεί να αλλάξει ο αντισεισμικός κανονισμός για κάποια περιοχή και ένα κτίριο να πρέπει να κτιστεί με διαφορετικές αντισεισμικές προδιαγραφές απ' ό,τι αρχικά είχε σχεδιαστεί.

Συνοψίζοντας μπορούμε να πούμε ότι:

Έργο είναι μια ακολουθία μοναδικών, σύνθετων και αλληλοσχετιζόμενων δραστηριοτήτων που αποσκοπούν στην επίτευξη κάποιου συγκεκριμένου σκοπού. Όλες οι δραστηριότητες ενός έργου θα πρέπει να ολοκληρωθούν μέσα σε περιορισμένο χρόνο και με περιορισμένο κόστος, ικανοποιώντας ταυτόχρονα τις απαιτούμενες προδιαγραφές ποιότητας.

3.3. Παραδείγματα έργων:

- Το τμήμα μάρκετινγκ μιας εταιρείας αναλαμβάνει την προώθηση ενός νέου προϊόντος. Το έργο περιλαμβάνει έρευνα αγοράς, σχεδίαση και υλοποίηση μιας διαφημιστικής εκστρατείας, οργάνωση εκδηλώσεων προώθησης, δελτία Τύπου και επικοινωνία με επιχειρήσεις χονδρικής και καταστήματα λιανικής πώλησης.
- Μια φιλανθρωπική οργάνωση που δραστηριοποιείται στον Τρίτο Κόσμο αποφασίζει, μαζί με τους ντόπιους, να γίνει μια γεώτρηση για την προμήθεια νερού. Για να επιτευχθεί αυτό απαιτούνται η μελέτη ειδικευμένου γεωλόγου, η παρακίνηση και η οργάνωση εθελοντών εργατών, η προμήθεια υλικών και τέλος, η πραγματοποίηση της γεώτρησης. Μπορεί ακόμη να απαιτείται η εκπαίδευση των κατοίκων σε θέματα συντήρησης της γεώτρησης και ορθολογικής χρήσης του νερού.
- Σε ένα δήμο αποφασίζεται η δημιουργία πολιτιστικού κέντρου στις εγκαταλειμμένες εγκαταστάσεις ενός παλιού εργοστασίου. Για τον σκοπό αυτό γίνονται οι αναγκαίες ενέργειες για την απαλλοτρίωση του χώρου του εργοστασίου, προκηρύσσεται μελέτη για την ανάπλασή του, δημοπρατείται το έργο, εκτελείται η αναβάθμιση/ανακαίνιση των παλαιών εγκαταστάσεων, επιλέγεται διευθυντής του πολιτιστικού κέντρου και εκπονείται πρόγραμμα εκδηλώσεων.
- Μια στεγαστική τράπεζα η οποία έχει επεκταθεί τελευταία μέσω συνενώσεων, αποφασίζει την ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου πελατοκεντρικού μηχανογραφικού συστήματος προς αντικατάσταση των πολλών, διαφορετικών και ασύμβατων συστημάτων που χρησιμοποιεί. Το έργο, λόγω του μεγέθους του, χωρίζεται σε εννέα υποέργα:
 - στεγαστικά δάνεια και ασφάλειες
 - επενδυτικά προγράμματα και καταθέσεις

- πελάτες
- υλικό υπολογιστών
- λογισμικό συστήματος
- τερματικά υποκαταστημάτων
- λογιστήριο
- επεξεργασία κειμένου και εκπαίδευση χρηστών

Στην υλοποίηση του έργου, απασχολούνται περίπου 200 άτομα για 9 μήνες.

3.4. Τα κυριότερα προβλήματα που εμφανίζονται κατά την υλοποίηση ενός έργου

1. **Υπέρβαση του προϋπολογισμού:** Αποτελεί το πιο συνηθισμένο πρόβλημα και οφείλεται σε ελλείψεις στο σχεδιασμό του έργου, σε προβλήματα οργάνωσης-διοίκησης (π.χ. κακός συντονισμός των παραγωγικών μέσων), σε απρόβλεπτους παράγοντες (π.χ. ανατιμήσεις, απεργίες), στον πληθωρισμό, σε προβλήματα χρηματοροών κτλ.
2. **Υπέρβαση του χρόνου υλοποίησης:** Συνηθισμένο πρόβλημα που οφείλεται, και αυτό, στους παράγοντες που προαναφέρθηκαν.
3. **Ελαττώματα του έργου:** Πρόβλημα που αφορά τη μη ικανοποίηση, την έλλειψη ή ανεπάρκεια προδιαγραφών και τυποποίησης, με επακόλουθο το έργο να μην εξυπηρετεί λειτουργικά, αισθητικά ή περιβαλλοντικά πλήρως τον σκοπό για τον οποίο σχεδιάστηκε. Τέτοιες καταστάσεις οφείλονται σε ασαφή καθορισμό του σκοπού του έργου, σε ανεπαρκή ανάλυση του έργου (π.χ. σε κακή πρόβλεψη των μέσων παραγωγής που απαιτούνται), σε ελαττώματα μελετών, σε ελλείψεις της οργανωτικής υποδομής, σε άκριτη συμπίεση του χρόνου υλοποίησης, σε διοικητική ανεπάρκεια και σε αστάθμητους παράγοντες.
4. **Εργασιακά προβλήματα:** Οφείλονται σε μειωμένη παραγωγικότητα του προσωπικού λόγω προβλημάτων ιεραρχίας (π.χ. αμφισβήτηση του προϊσταμένου), λόγω έλλειψης συνεργασίας και επικοινωνίας μεταξύ διαφορετικών οργανωτικών μονάδων, μη ύπαρξης καλού εργασιακού κλίματος, αποχωρήσεων προσωπικού (ιδιαίτερα ειδικευμένου) κτλ.
5. **Αποτυχία κάλυψης του σκοπού του έργου:** Το έργο κρίνεται ανεπαρκές ή εντελώς ακατάλληλο για τον σκοπό για τον οποίο σχεδιάστηκε. Ενίοτε οι ανάγκες για τις οποίες είχε σχεδιαστεί το έργο έχουν ξεπεραστεί από τις εξελίξεις, μερικές φορές ακόμα και πριν την παράδοση του έργου, π.χ. σε ένα νησί κατασκευάζεται ένα περιφερειακό αεροδρόμιο, η κατασκευή του αεροδρομίου προκαλεί το ενδιαφέρον τουρισμού από απομακρυσμένες χώρες που δεν είχαν εντάξει το συγκεκριμένο νησί στους τουριστικούς προορισμούς τους εφόσον στερείτο αεροδρομίου, αλλά τώρα που το απέκτησε ενώ ενδιαφέρονται να έρθουν το αεροδρόμιο δεν μπορεί να εξυπηρετήσει πτήσεις charter μεγάλων αεροσκαφών υπερατλαντικών πτήσεων.

4 Μέθοδοι Διαχείρισης Έργου

Στο σύγχρονο επιχειρηματικό περιβάλλον τα έργα γίνονται ολοένα και πιο σύνθετα και απαιτούν την συνεργασία ατόμων που προέρχονται από διαφορετικούς κλάδους και είναι εξειδικευμένοι σε διαφορετικούς τομείς. Τις περισσότερες φορές οι διαθέσιμοι πόροι είναι περιορισμένοι και απαιτείται η βελτιστοποίηση (ελαχιστοποίηση) του κόστους του έργου. Από την άλλη μεριά οι επιχειρήσεις βάζουν στο επίκεντρο του ενδιαφέροντός τους, τους πελάτες τους. Αυτό το γεγονός δημιουργεί την τάση η διοίκηση του έργου να καθορίζει με ακρίβεια τους επιμέρους στόχους και κάθε άτομο να δεσμεύεται για την επίτευξη του επιδιωκόμενου στόχου με συγκεκριμένο κόστος και σε συγκεκριμένο χρόνο. Επιπλέον οι δραστηριότητες υπαγορεύονται από τα παραδοτέα και κάθε μία από αυτές έχει τον δικό της υπεύθυνο επιβλέποντα. Επίσης είναι απαραίτητο ο καθορισμός ενός υπεύθυνου για την παραλαβή και τον έλεγχο του εκτελεσμένου έργου.

Υπάρχουν διάφορες προσεγγίσεις για το πώς μπορεί να γίνει η ανάλυση ενός έργου σε επίπεδα ελέγχου. Μπορεί ο έλεγχος να αναλυθεί με βάση το παραγόμενο προϊόν. Αυτός ο έλεγχος είναι γνωστός με την συντόμευση PBS (Product Breakdown Structure). Υπάρχει το ενδεχόμενο ο έλεγχος του έργου να γίνεται με βάση τις εργασίες ή τις διαδικασίες ή τις ειδικότητες. Τότε λέμε ότι έχουμε WBS (Work Breakdown Structure). Τέλος έχουμε την ανάλυση με βάση την οργανωτική ευθύνη, οπότε μιλάμε για OBS (Organizational Breakdown Structure). Πιο παραστατικά στην 1^η περίπτωση αναλύουμε τον έλεγχο ενός έργου απαντώντας στην βασική ερώτηση “Τι;”, στη 2^η περίπτωση απαντάμε στο βασικό ερώτημα “Πώς;” και στην 3^η περίπτωση στο ερώτημα “Ποιος;”

Όπως έχει γίνει ήδη φανερό από τους ορισμούς και από την παρουσίαση της αναγκαιότητας της εισαγωγής επιστημονικών μεθόδων στην διαχείριση των έργων, βασικά ζητήματα στη διαχείριση έργων είναι ο καθορισμός της πλέον αποτελεσματικής ακολουθίας δραστηριοτήτων, ο κατά το δυνατόν ακριβέστερος χρονικός προγραμματισμός της κάθε δραστηριότητας και ο έλεγχος της πορείας εκτέλεσης του έργου σε σχέση με το χρόνο και το κόστος. Ο επικεφαλής υπεύθυνος για την εκτέλεση μιας δραστηριότητας ή ενός έργου ή ενός προγράμματος που αποτελείται από πλήθος έργων θα πρέπει να θέσει υπό τον έλεγχό του σημαντικές παραμέτρους όπως το χρόνο το κόστος και τα μέσα παραγωγής. Οι βασικές μέθοδοι προγραμματισμού και ελέγχου έργων για να το πετύχει αυτό αναλύονται στη συνέχεια και είναι:

Ευθύγραμμα διαγράμματα Gantt

Καμπύλες Προόδου (S Curves)

Μέθοδοι δικτυακής ανάλυσης

◇ CPM

◇ MPM

◇ PERT

Πρότυπα

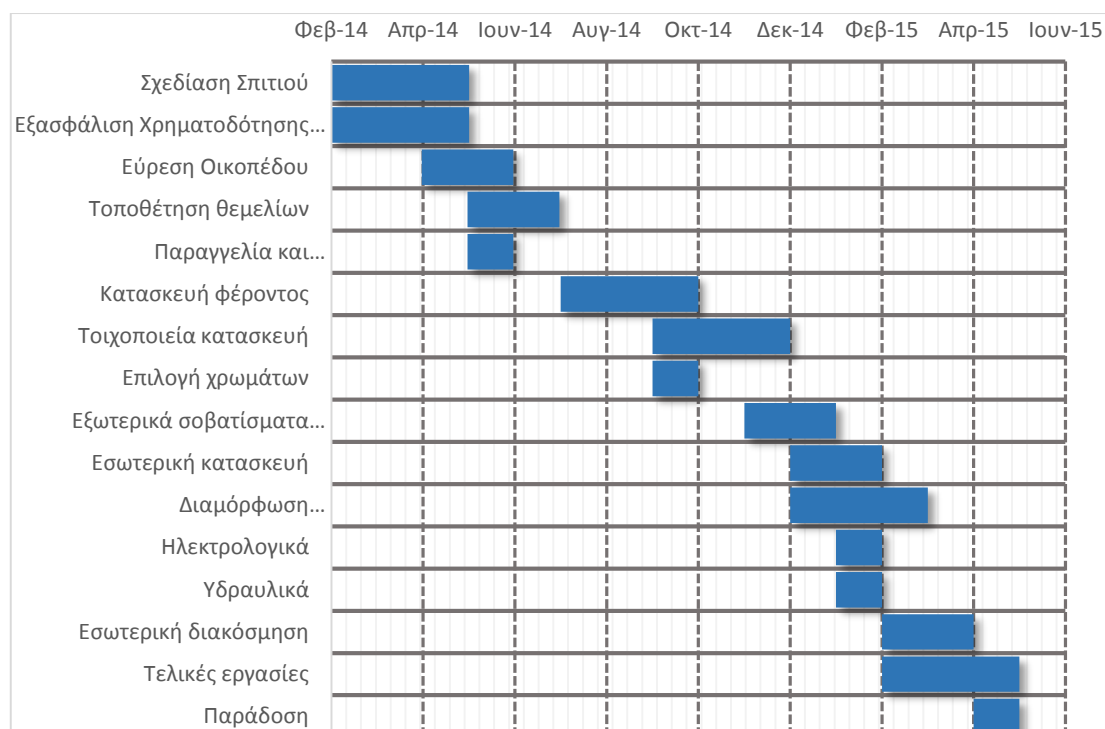
◇ PRINCE2

◇ PMBOK

5 Ευθύγραμμα διαγράμματα Gantt (Bar Gantt charts)

Είναι ευθύγραμμα διαγράμματα που έχουν αρκετή χρήση σε μικρά έργα ή απλά έργα ή έργα σειριακής δομής. Ένα διάγραμμα Gantt στην απλή μορφή του είναι ένα οριζόντιο ιστόγραμμα που παρέχει μία επισκόπηση του προγραμματισμού και της πορείας της εκτέλεσης ενός έργου. Ένα διάγραμμα Gantt στον οριζόντιο άξονα παριστάνει το χρόνο, δηλαδή στον οριζόντιο άξονα παρουσιάζεται η ολική χρονική διάρκεια του έργου χωρισμένη σε επιμέρους διαστήματα χρόνου, που μπορεί να είναι ημέρες ή βδομάδες ή μήνες ή κάτι άλλο. Στον κατακόρυφο άξονα τοποθετούνται οι δραστηριότητες του έργου. Οι δραστηριότητες παριστάνονται μ' ένα ορθογώνιο (μπάρα), με μήκος ανάλογο της χρονικής διάρκειας της δραστηριότητας. Κάθε ορθογώνιο τοποθετείται παράλληλα στον οριζόντιο άξονα με σημείο αρχής του τη χρονική στιγμή κατά την οποία γίνεται η έναρξη της δραστηριότητας. Στον κατακόρυφο άξονα και ακριβώς στο ύψος της κάθε δραστηριότητας δίνεται η περιγραφή της δραστηριότητας και προαιρετικά μερικές άλλες χρήσιμες πληροφορίες, όπως ο κωδικός, η χρονική διάρκεια, το κόστος κλπ.

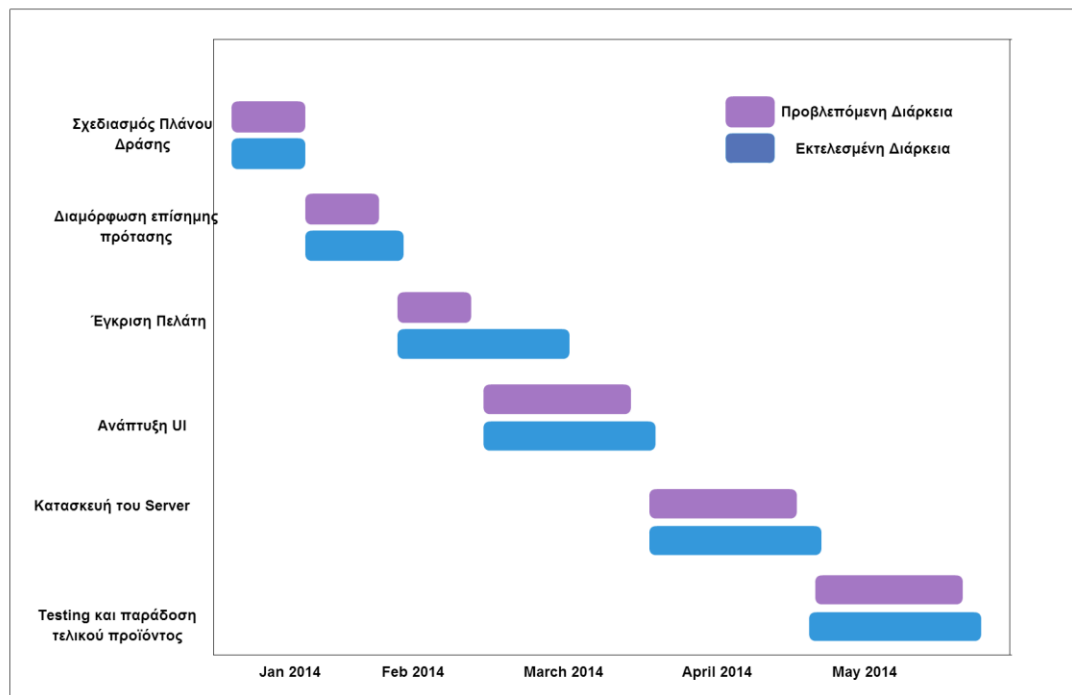
Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα διαγράμματος Gantt φαίνεται στο γράφημα που ακολουθεί:



5.1. Τύποι διαγραμμάτων του Gantt

5.1.1. Διάγραμμα Gantt τύπου I

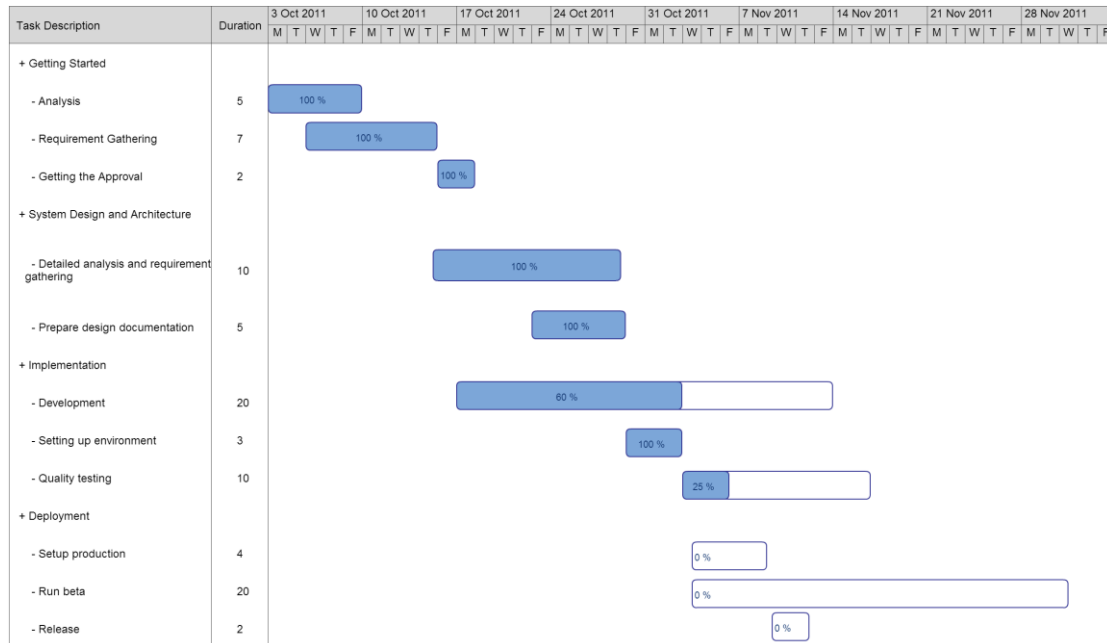
Κάθε προβλεπόμενη εργασία-δραστηριότητα αποτυπώνεται με μια μπάρα ενώ κάθε εκτελεσμένη εργασία-δραστηριότητα αποτυπώνεται σε εντελώς ξεχωριστή μπάρα. Η αποτύπωση είναι γραμμική όπως φαίνεται και στην εικόνα που ακολουθεί.



Η υπόθεση της γραμμικότητας υπονοεί ότι καθ' όλη τη διάρκεια του έργου, αυτό εκτελείται με σταθερό ρυθμό. Για παράδειγμα αν ένα έργο χρειάζεται για την εκτέλεση του 10 ημέρες, η ιδιότητα της γραμμικότητας δηλώνει ότι κάθε μέρα εκτελείται το 1/10 του έργου δηλαδή το 10% του έργου. Παρόλο που αυτό συμβαίνει συχνά υπάρχουν και πάρα πολλές περιπτώσεις ρεαλιστικών προβλημάτων που δεν ισχύει η γραμμικότητα. Ορισμένες φορές ένα έργο μπορεί να επιταχύνει το ρυθμό εκτέλεσής του καθώς προχωράει στην πλήρη ανάπτυξη του ή μπορεί να επιταχύνει δραστικά στο τέλος ενόψει κάποιων ανελαστικών χρονικών περιορισμών.

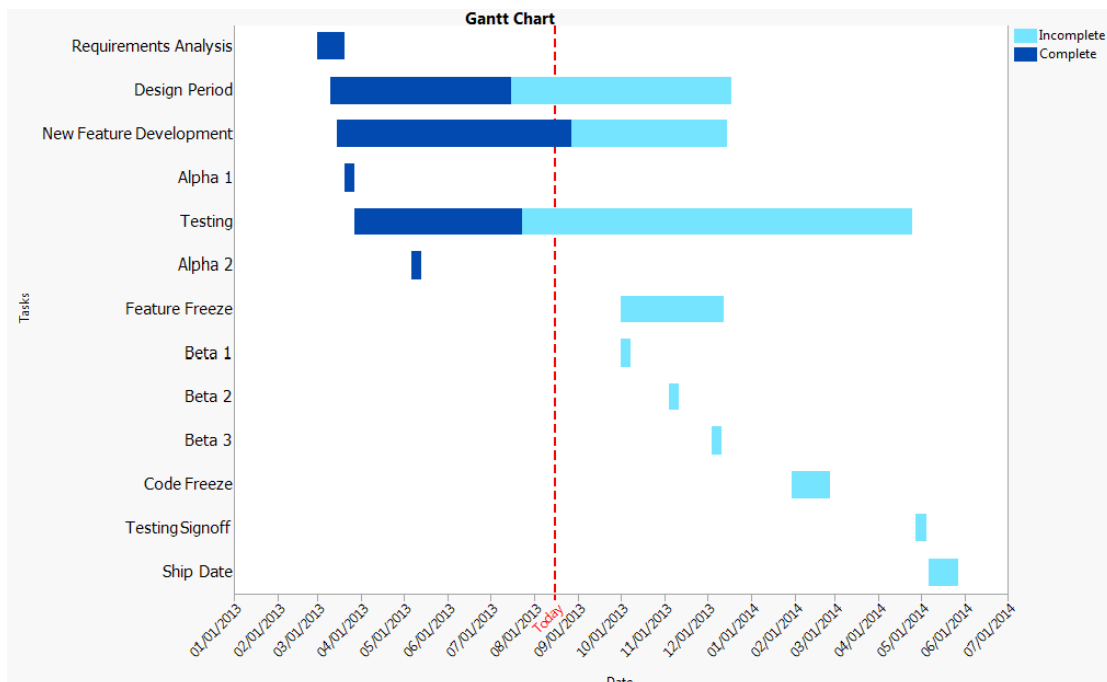
5.1.2. Διάγραμμα Gantt τύπου II

Είναι γραμμικά διαγράμματα Gantt όπως εκείνα τύπου I, με την μόνη διαφορά ότι αποτυπώνεται σε κάθε μπάρα το ποσοστό της εργασίας που έχει προγραμματιστεί και το ποσοστό της εργασίας που έχει εκτελεστεί. Αυτό φαίνεται στην εικόνα 4.2



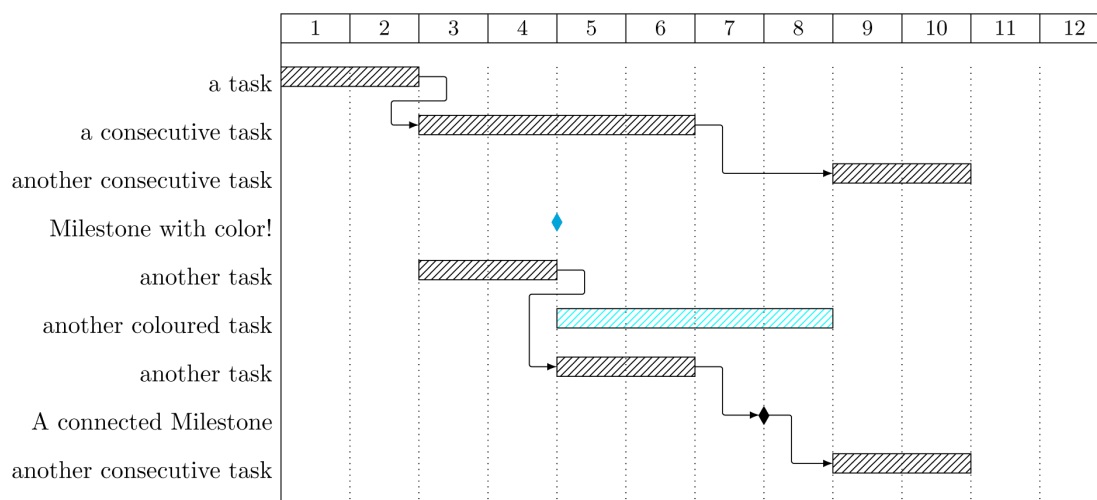
5.1.3. Διάγραμμα Gantt τύπου III

Στην περίπτωση αυτή προσπαθούμε να δώσουμε έμφαση στο πόσο μέρος μιας προβλεπόμενης δραστηριότητας είναι εκτελεσμένη, παριστάνοντας την εκάστοτε προβλεπόμενη και εκτελεσμένη εργασία στην ίδια μπάρα απλώς χρησιμοποιώντας διαφορετικά χρώματα (βλέπε εικόνα 4.3).



5.1.4. Διασυνδεδεμένα διαγράμματα Gantt

Εντάσσουμε στα διασυνδεδεμένα διαγράμματα Gantt τις σχέσεις αλληλουχίας μεταξύ των δραστηριοτήτων που απαρτίζουν ένα έργο. Δηλαδή σε κάθε δραστηριότητα τοποθετούμε ένα βέλος που μας καταδεικνύει την αμέσως επόμενη ή τις αμέσως επόμενες δραστηριότητες, όπως φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί:



5.1.5. Πλεονεκτήματα μειονεκτήματα διαγραμμάτων Gantt

Τα διαγράμματα Gantt παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα όπως είναι η απλότητα στο να κατασκευαστούν, η εύκολη παρουσίαση τους στα μέλη μιας ομάδας και η άμεση κατανόηση της εξέλιξης ενός έργου. Τα διαγράμματα Gantt εφαρμόζονται ευρέως και γενικά αποτελούν μια από τις πιο αποδεκτές μεθόδους προγραμματισμού και ελέγχου της εκτέλεσης ενός έργου. Επιπλέον δε χρειάζονται ιδιαίτερη ενημέρωση κατά την πορεία εκτέλεσης του έργου. Στα πλεονεκτήματα αυτά αντιπαραβάλλεται το μειονέκτημα ότι δεν γίνεται φανερή ή τυχόν αλληλεπίδραση μεταξύ των διαφόρων δραστηριοτήτων ενός έργου. Ακόμη στο διάγραμμα Gantt, ενώ είναι δυνατόν να εμφανίζεται μια καθυστέρηση στην εκτέλεση μιας δραστηριότητας δεν υπάρχει η δυνατότητα να παρουσιαστεί η επίδραση αυτής της καθυστέρησης στη συνολική πορεία του έργου, αλλά ούτε είναι δυνατόν να συνυπολογίσουμε πως μια ενδεχόμενη προπορεία στην εκτέλεση μιας δραστηριότητας ενός έργου, θα επηρεάσει τελικά την ευρύτερη υλοποίηση του έργου. Σαν συνέπεια τα διαγράμματα Gantt κατηγορούνται για τη μικρή αναλυτική αξία τους και για την αδυναμία τους για αποτελεσματική πρόβλεψη. Γίνεται προσπάθεια αντιμετώπισης αυτών των μειονεκτημάτων τους με:

- α. την τεκμηρίωση ενός γραφήματος Gantt.
- β. τη χρήση διασυνδεδεμένων γραφημάτων Gantt.

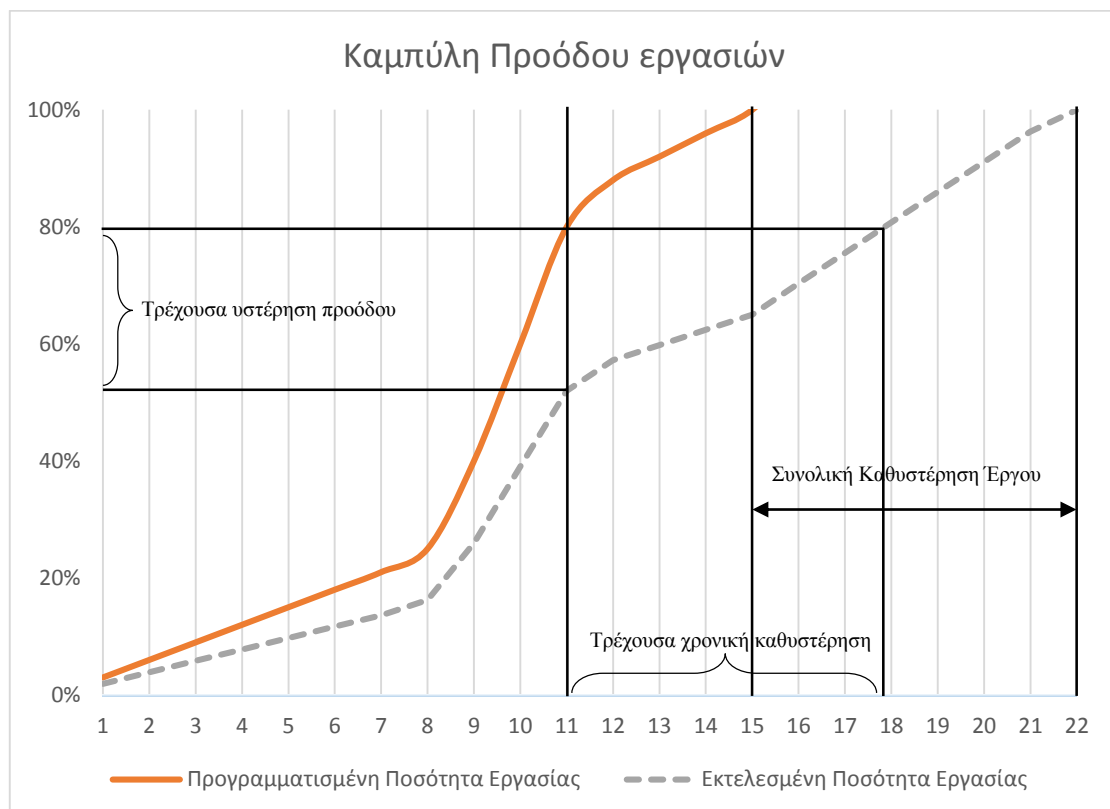
6 Καμπύλες Προόδου (S Curves)

6.1. Περιγραφή

Οι καμπύλες προόδου (S curves) μας δείχνουν την πρόοδο/εξέλιξη μιας μεταβλητής (του έργου) σε σχέση με μια άλλη μεταβλητή (συνήθως τον χρόνο). Τέτοια μεγέθη προόδου μπορεί να είναι η προγραμματισμένη αξία του έργου, η εκτελεσμένη αξία του έργου, η προγραμματισμένη ποσότητα εργασίας, η εκτελεσμένη ποσότητα εργασίας, το καθαρό κέρδος ή το κόστος του έργου, οι ανθρωπόωρες κλπ. Τα μεγέθη αυτά μπορούν να εμφανίζονται με τις αλγεβρικές τιμές τους (Ευρώ, ώρες, κλπ.) ή ως ποσοστό επί τοις εκατό επί της συνολικής ποσότητας που απαιτείται μέχρι το τέλος του έργου.

Τις καμπύλες προόδου τις ονομάζουμε και καμπύλες S. Το όνομα αυτό προκύπτει από το σχήμα της καμπύλης, καθώς στα περισσότερα έργα η πρόοδος ξεκινάει με χαμηλούς ρυθμούς αύξησης, έπειτα για μια χρονική περίοδο μας δείχνει γρήγορη έως και εκθετική αύξηση, που ακολουθείται από μείωση των ρυθμών αύξησης ακόμα και σταθεροποίηση, δημιουργώντας στο σχήμα μια καμπύλη με σχήμα “S”.

Οι καμπύλες προόδου χρησιμοποιούνται ευρέως στην εκτίμηση των χρηματοορών του έργου (έσοδα-έξοδα). Ένα παράδειγμα καμπύλης S προόδου εργασιών όπου στον οριζόντιο άξονα παριστάνεται ο χρόνος σε ημέρες και στον κατακόρυφο το ποσοστό ολοκλήρωσης της προόδου των εργασιών φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί:

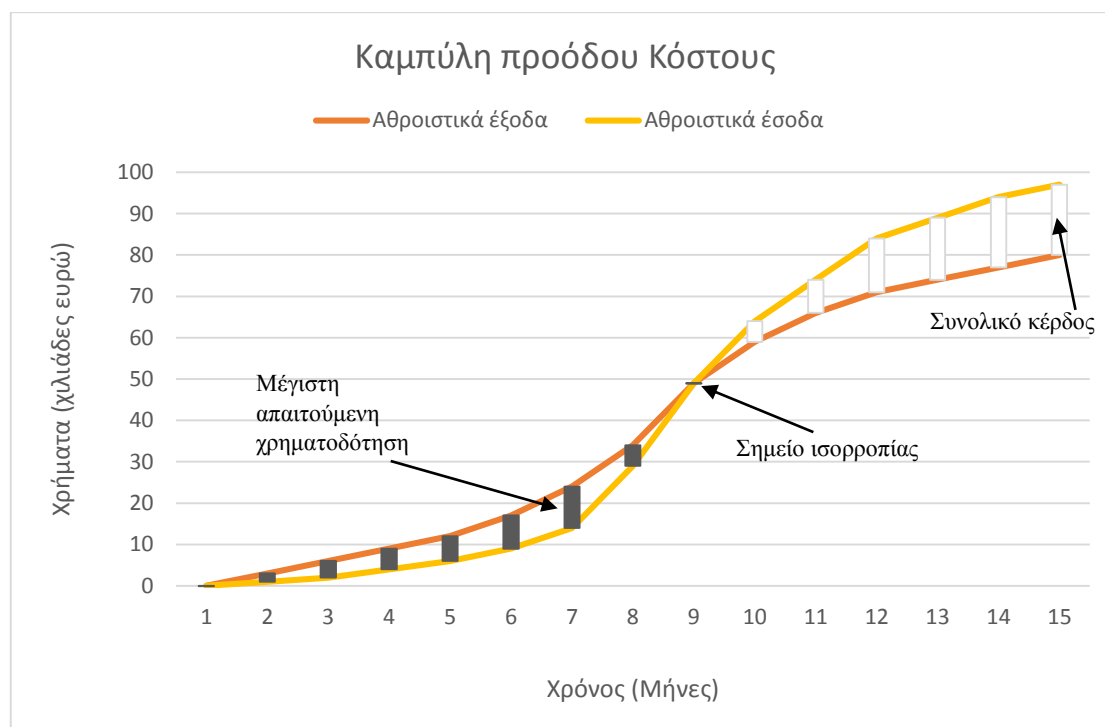


6.2. Εκτίμηση χρηματοροών έργου

Οι καμπύλες προόδου S χρησιμοποιούνται ευρύτατα στις χρηματοροές έργου. Θεωρούμε ένα έργο με χρηματοροές έσοδα έξοδα που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Ημέρα	Έξοδα	Αθροιστικά έξοδα	Έσοδα	Αθροιστικά έσοδα
1	0	0	0	0
2	3	3	1	1
3	3	6	1	2
4	3	9	2	4
5	3	12	2	6
6	5	17	3	9
7	7	24	5	14
8	10	34	15	29
9	15	49	20	49
10	10	59	15	64
11	7	66	10	74
12	5	71	10	84
13	3	74	5	89
14	3	77	5	94
15	3	80	3	97

Με βάση τα στοιχεία του πίνακα αυτού κατασκευάζουμε μία καμπύλη S, όπου παριστάνεται η πρόοδος του κόστους μαζί με τη μέγιστη απαιτούμενη χρηματοδότηση, το σημείο ισορροπίας (έσοδα=έξοδα) και το συνολικό κέρδος κατά την ολοκλήρωση του έργου.



Στο ανωτέρω διάγραμμα παρατηρούμε ότι το έργο απαιτεί καταρχήν κάποια χρηματοδότηση προκειμένου να εκκινήσει. Στον 7^ο μήνα απαιτείται η μέγιστη χρηματοδότηση ενώ στη συνέχεια στον 9^ο μήνα το έργο ισορροπεί. Δηλαδή παρουσιάζει ίσα έσοδα με έξοδα. Στη συνέχεια το έργο εμφανίζει κερδοφορία μέχρι το τελευταίο 15^ο μήνα όπου παρουσιάζει το μέγιστο κέρδος. Για εποπτικούς λόγους το παραπάνω διάγραμμα σχεδιάζεται και σε μορφή στηλών όπου οι στήλες ανά μήνα είναι τα έξοδα, ενώ τα έσοδα εμφανίζονται με συνεχή καμπύλη:



Είναι εμφανές το σημείο ισορροπίας στον 9^ο μήνα όπου η καμπύλη των εσόδων περνάει από την κορυφή της στήλης των εξόδων.

6.3. Στοιχεία ελέγχου έργων

6.3.1. Ορισμός ελέγχου έργου

Έλεγχος έργου είναι η επαναλαμβανόμενη διαδικασία υπολογισμού των παραμέτρων ενός έργου, προκειμένου οι τιμές τους να συγκριθούν με τις καθορισμένες-προγραμματισμένες τιμές και εφόσον υπάρχουν αποκλίσεις έξω από τα επιτρεπτά όρια, να γίνονται διορθωτικές κινήσεις με στόχο οι τιμές των παραμέτρων αυτών να επανέλθουν εντός των επιτρεπτών ορίων.

Η διαδικασία ελέγχου του έργου είναι τακτική και επαναλαμβανόμενη. Εκτός από τον απολογιστικό έλεγχο όπου διαπιστώνεται η πορεία του έργου και το τι έχει συμβεί κατά την εκτέλεσή του, γίνεται και προβλεπτικός έλεγχος όπου εξετάζονται διάφορα σενάρια του τι μπορεί να συμβεί μέχρι την ολοκλήρωση του έργου. Συχνά η διαδικασία ελέγχου μεγάλων έργων είναι εξαιρετικά πολύπλοκη, αφού εκτελούνται πολλές αλληλεξαρτώμενες δραστηριότητες εν σειρά ή παράλληλα που υπόκεινται σε περιορισμούς χρόνου και κόστους. Επιπλέον ανακύπτουν απρόβλεπτα γεγονότα που επηρεάζουν το έργο και τον έλεγχό του, αφού και οι παράμετροι χρόνου και κόστους τις περισσότερες φορές δεν είναι σταθερές.

6.3.2. Έλεγχος οικονομικής και χρονικής προόδου ενός έργου

- **PB** (Project Budget): Είναι ο προϋπολογισμός του έργου, δηλαδή τα χρήματα (ή γενικότερα πόροι) που έχει αποφασισθεί να διατεθούν μέχρι την ολοκλήρωση του έργου και που επιδιώκεται να έχουν εξασφαλιστεί πριν την έναρξη του έργου.
- **T**: Η προγραμματισμένη χρονική διάρκεια μέχρι την ολοκλήρωση του έργου.
- **t**: Το χρονικό διάστημα από την αρχή του έργου μέχρι τη χρονική στιγμή που γίνεται ο έλεγχος.
- **q**: Το ποσοστό κατά το οποίο έχει ολοκληρωθεί το έργο μέχρι τη χρονική στιγμή που γίνεται ο έλεγχος, δηλαδή τη χρονική στιγμή t .
- **ACWP** (Actual Cost of Work Performed): Το πραγματικό αθροιστικό κόστος του μέρους του έργου που έχει εκτελεστεί μέχρι τη χρονική στιγμή που γίνεται ο έλεγχος, δηλαδή τη χρονική στιγμή t .
- **BCWP** (Budgeted Cost of Work Performed) ή **EV** (Earned Value): Το προϋπολογισμένο όχι πραγματικό αθροιστικό κόστος για τις δραστηριότητες του έργου που πραγματοποιήθηκαν μέχρι τη χρονική στιγμή που γίνεται ο έλεγχος, δηλαδή τη χρονική στιγμή t . Με την επιπλέον υπόθεση ότι καθ' όλη τη διάρκεια του έργου υπάρχει ομοιόμορφη κατανομή του κόστους ισχύει η σχέση:

$$BCWP = PB \cdot q$$

- **BCWS** (Budgeted Cost of Work Scheduled): Το προϋπολογισμένο όχι πραγματικό αθροιστικό κόστος για τις δραστηριότητες του έργου που είχαν προγραμματιστεί μέχρι τη χρονική στιγμή που γίνεται ο έλεγχος, δηλαδή τη χρονική στιγμή t και που δεν έχουν απαραίτητα πραγματοποιηθεί (π.χ. στην περίπτωση που υπάρχει χρονική καθυστέρηση). Με την επιπλέον υπόθεση ότι καθ' όλη τη διάρκεια του έργου υπάρχει ομοιόμορφη κατανομή του κόστους ισχύει η σχέση:

$$BCWS = \frac{PB}{T} \cdot t$$

- **CV** (Cost Variance): Απόκλιση κόστους, που παριστάνεται από την διαφορά του πραγματικού αθροιστικού κόστους από το προϋπολογισμένο αθροιστικό κόστος.

$$CV = BCWP - ACWP$$

Στην περίπτωση αρνητικής τιμής για το CV συμπεραίνουμε ότι υπάρχει υπέρβαση του κόστους.

- **ECAC** (Estimated Cost At Completion): Παριστάνει το εκτιμώμενο κόστος μέχρι την ολοκλήρωση του έργου και υπολογίζεται με δύο μεθοδολογίες:

- 1^{ος} υπολογισμός: αφαιρούμε από το προϋπολογισμό του έργου την απόκλιση του κόστους.

$$ECAC1 = PB - CV$$

- 2^{ος} υπολογισμός: πολλαπλασιάζουμε τον προϋπολογισμό του έργου με το ποσοστό του πραγματικού κόστους σε σχέση με το προϋπολογισμένο κόστος.

$$ECAC2 = PB \cdot \frac{ACWP}{BCWP}$$

- **CPI** (Cost Performance Index): Δείκτης κόστους ή δείκτης παραγωγικότητας, είναι ο λόγος του προϋπολογισμένου κόστους προς το πραγματικό κόστος.

$$CPI = \frac{BCWP}{ACWP}$$

Στη περίπτωση που $CPI < 1$, θεωρείται ότι υπάρχει υπέρβαση κόστους.

- **CTC** (Cost To Complete): Παράμετρος που εκτιμάει το κόστος που εναπομένει μέχρι να επιτευχθεί η ολοκλήρωση του έργου. Ισούται με την διαφορά του πραγματικού κόστους από το εκτιμώμενο κόστος ολοκλήρωσης.

$$CTC = ECAC - ACWP \Leftrightarrow ECAC = CTC + ACWP$$

- **SV** (Schedule Variance): Είναι η απόκλιση του πλάνου του έργου. Θεωρείται ότι παρουσιάζει καθυστέρηση στην περίπτωση που $SV < 0$. Ισούται με την διαφορά του προϋπολογισμένου κόστους των δραστηριοτήτων που είχαν προγραμματιστεί από το προϋπολογισμένο κόστος των δραστηριοτήτων που τελικά πραγματοποιήθηκαν μέχρι τη χρονική στιγμή ελέγχου.

$$SV = BCWP - BCWS$$

- **SPI** (Schedule Performance Index): Δείκτης απόδοσης που παριστάνει το λόγο του προϋπολογισμένου κόστους των δραστηριοτήτων που τελικά πραγματοποιήθηκαν προς το προϋπολογισμένο κόστος των δραστηριοτήτων που είχαν προγραμματιστεί.

$$SPI = \frac{BCWP}{BCWS}$$

$SPI < 1$ δείχνει ότι το έργο παρουσιάζει υπέρβαση χρόνου.

- **TTC** (Time To Complete): Πρόβλεψη για το χρόνο που υπολείπεται μέχρι την ολοκλήρωση του έργου.

$$TTC = \frac{T}{SPI} - t$$

Από τον παραπάνω τύπο γίνεται φανερό ότι αν το έργο παρουσιάζει υπέρβαση χρόνου, σύμφωνα με τον δείκτη SPI θα έχουμε $SPI < 1$ και επομένως $\frac{T}{SPI} > T$ με συνέπεια $TTC + t > T$.

6.3.3. Παράδειγμα ελέγχου οικονομικής και χρονικής περιόδου έργου

Θεωρούμε ένα παράδειγμα ελέγχου έργου όπου δίνονται τα παρακάτω στοιχεία:

Στοιχεία Ελέγχου Έργου	Σύμβολο	Τιμή	Μονάδα
Διάρκεια	T	12	μήνες
Προϋπολογισμός	PB	20,000,000	ευρώ
Χρόνος	t	6	μήνες
Ποσοστό εκτέλεσης	q	36%	
Πραγματικό κόστος	ACWP	8,000,000	ευρώ

Επίλυση: Υπολογίζουμε το προϋπολογισμένο κόστος των πραγματοποιημένων δραστηριοτήτων μέσα στους 6 πρώτους μήνες εκτέλεσης του έργου.

$$BCWP = 20,000,000 \cdot 36\% = 7,200,000 \text{ €}$$

Η απόκλιση κόστους σε σχέση με το πραγματικό κόστος είναι:

$$CV = BCWP - ACWP = 7,200,000 - 8,000,000 = -800,000 \text{ €}$$

Αναμένεται να έχουμε υπέρβαση του κόστους. Το εκτιμώμενο κόστος κατά την ολοκλήρωση του έργου θα είναι:

$$ECAC1 = PB - CV = 20,000,000 - (-800,000) = 20,800,000 \text{ €}$$

Το υπολειπόμενο κόστος μέχρι την ολοκλήρωση είναι:

$$CTC = ECAC1 - ACWP = 20,800,000 - 8,000,000 = 12,800,000 \text{ €}$$

Ο δείκτης απόδοσης *CPI* προκύπτει:

$$CPI = \frac{BCWP}{ACWP} = \frac{7,200,000}{8,000,000} = 0.9$$

Το προϋπολογισμένο κόστος των δραστηριοτήτων που είχαν προγραμματιστεί να πραγματοποιηθούν στο 1^ο εξάμηνο είναι:

$$BCWS = \frac{PB}{T} \cdot t = \frac{20,000,000}{12} \cdot 6 = 10,000,000 \text{ €}$$

Στη συνέχεια υπολογίζουμε την απόκλιση του πλάνου του έργου:

$$SV = BCWP - BCWS = 7,200,000 - 10,000,000 = -2,800,000 \text{ €}$$

Το έργο παρουσιάζει καθυστέρηση εφόσον $SV < 0$.

Ο δείκτης απόδοσης *SPI* υπολογίζεται

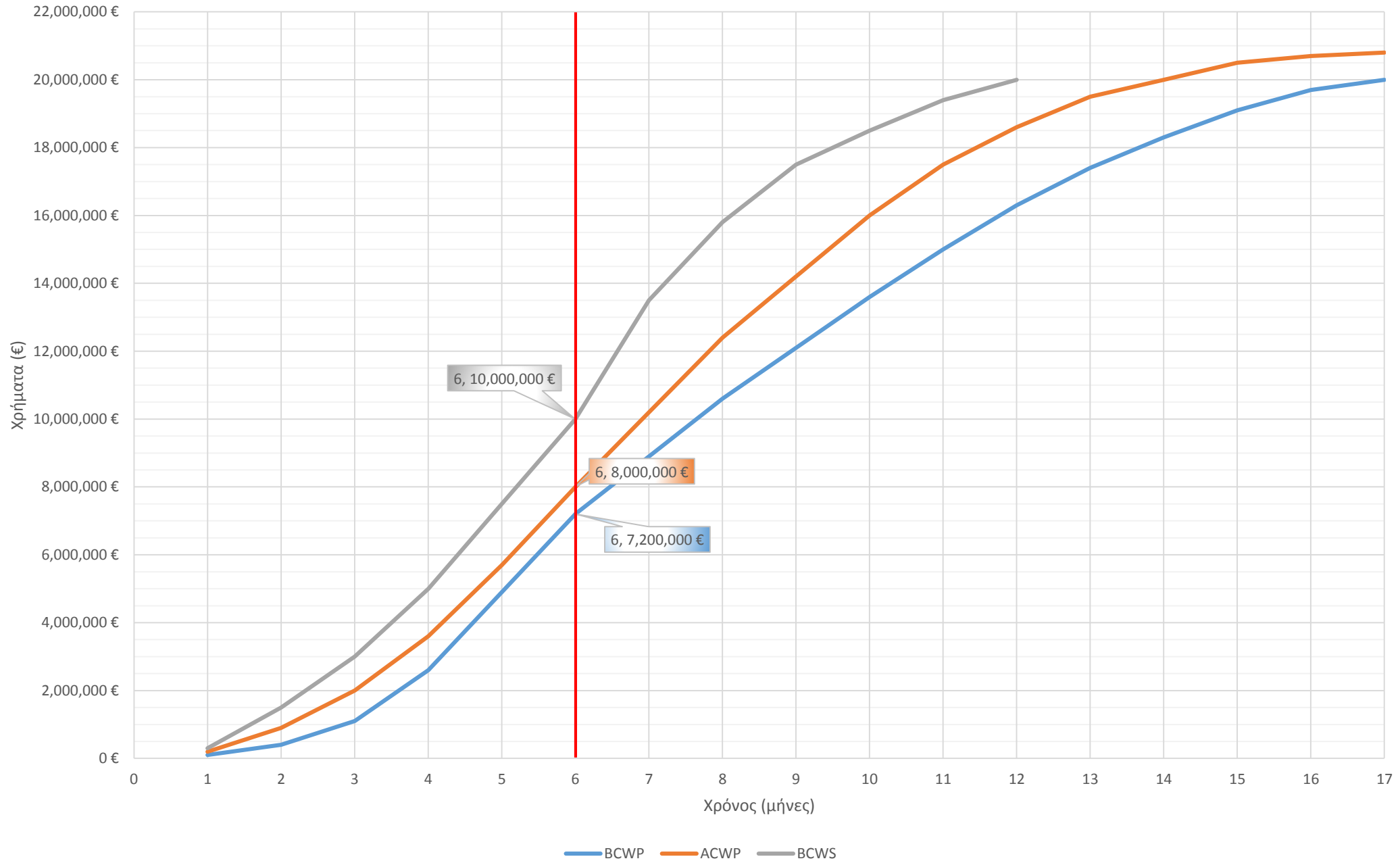
$$SPI = \frac{BCWP}{BCWS} = \frac{7,200,000}{10,000,000} = 0.72$$

Και με βάση το δείκτη *SPI* που είναι μικρότερος της μονάδας συμπεραίνουμε ότι το έργο παρουσιάζει υπέρβαση χρόνου. Υπολογίζουμε τον υπολειπόμενο χρόνο μέχρι την ολοκλήρωση του έργου.

$$TTC = \frac{T}{SPI} - t = \frac{12}{0.72} - 6 = 10,67 \approx 11 \text{ μήνες}$$

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται το γράφημα των καμπυλών BCWP, ACWP και BCWS, για το παραπάνω πρόβλημα.

Έλεγχος οικονομικής και χρονικής προόδου έργου (S curve)



7 Μέθοδοι δικτυωτής ανάλυσης

7.1. Δίκτυο ή δικτυωτό γράφημα

Το **δικτυωτό γράφημα** είναι η σχηματική απεικόνιση των δραστηριοτήτων που απαιτούνται για την πραγματοποίηση ενός έργου, καθώς και η παρουσίαση των σχέσεων αλληλουχίας αυτών των δραστηριοτήτων. Αποτελείται από κόμβους που παριστάνονται με κύκλους ή ελλείψεις ή παραλληλόγραμμα και από βέλη που είναι διανύσματα που συνδέουν τους κόμβους.

Η **δικτυωτή ανάλυση** είναι μέθοδος προγραμματισμού της διαχείρισης έργων που σχεδιάζει το δίκτυο και υπολογίζει αλγεβρικά τις χρονικές παραμέτρους των δραστηριοτήτων που αποτελούν ένα έργο.

Οι κυριότερες μέθοδοι δικτυωτής ανάλυσης είναι η μέθοδος των κατά βέλος προσανατολισμένων δικτυωτών γραφημάτων (Μέθοδος CPM), η μέθοδος των κατά κόμβο προσανατολισμένων δικτυωτών γραφημάτων (MPM, Metra Potential Method ή PDM, Precedence Diagram Method) και η μέθοδος δικτυωτών γραφημάτων με στοχαστικούς χρόνους (PERT, Programme Evaluation and Review Technique).

7.2. Δικτυωτή Ανάλυση. Στάδια εφαρμογής

Η δικτυωτή ανάλυση ενός έργου απαιτεί τα ακόλουθα στάδια.

- i. Ανάλυση του έργου σε μοναδικές δραστηριότητες.
- ii. Προσδιορισμός των σχέσεων αλληλουχίας μεταξύ των δραστηριοτήτων του έργου.
- iii. Καθορισμός της μεθόδου με την οποία θα εκτελείται κάθε δραστηριότητα.
- iv. Εκτίμηση της χρονικής διάρκειας κάθε δραστηριότητας.
- v. Προσδιορισμός του κόστους κάθε δραστηριότητας.
- vi. Επιλογή της μεθόδου δικτυωτής ανάλυσης που θα εφαρμοστεί.
- vii. Σχεδιασμός του δικτυωτού γραφήματος, ανάλογα με τη μέθοδο που επιλέχθηκε.
- viii. Επίλυση του δικτυωτού γραφήματος.
- ix. Σχεδιασμός του διαγράμματος Gantt.
- x. Προσδιορισμός του συνολικού κόστους του έργου.
- xi. Κατασκευή της καμπύλης προόδου (S curve).
- xii. Εκτίμηση του προγράμματος υλοποίησης του έργου (Baseline Plan).

8 Η μέθοδος των κατά βέλη προσανατολισμένων δικτύων (Μέθοδος CPM)

8.1. Εισαγωγή

Η μέθοδος των κατά βέλη δικτυωτών γραφημάτων ή μέθοδος CPM (Critical Path Method) είναι η πρώτη μέθοδος δικτυωτής ανάλυσης που θα παρουσιάσουμε.

Η CPM αναπτύχθηκε την δεκαετία του 1950 από το Ναυτικό των ΗΠΑ, είναι δε ένας μαθηματικός αλγόριθμος που αποσκοπεί στον προγραμματισμό ή χρονοδρομολόγηση μιας ομάδας από έργα ή δραστηριότητες και αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για την αποτελεσματική Διαχείριση έργου. Χρησιμοποιείται σε όλους τους τύπους έργων, περιλαμβάνοντας κτιριακές κατασκευές, προγραμματισμό εφαρμογών, έρευνα έργων, παραγωγή προϊόντων κλπ. Κάθε έργο με ξεχωριστές δραστηριότητες μπορεί να εφαρμόσει αυτή τη μέθοδο προγραμματισμού.

8.2. Κανόνες Σχεδιασμού

Τα κύρια στοιχεία που χρειαζόμαστε για να κατασκευάσουμε το μοντέλο ενός έργου χρησιμοποιώντας την μέθοδο CPM είναι:

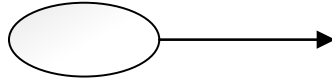
- Μια λίστα όλων των δραστηριοτήτων που απαιτούνται για την ολοκλήρωση του έργου. (γνωστή ως WBS)
- Τον χρόνο (διάρκεια) που θα χρειαστεί κάθε δραστηριότητα για να ολοκληρωθεί.
- Τις εξαρτήσεις μεταξύ των δραστηριοτήτων.

Οι υπολογισμοί που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου CPM είναι:

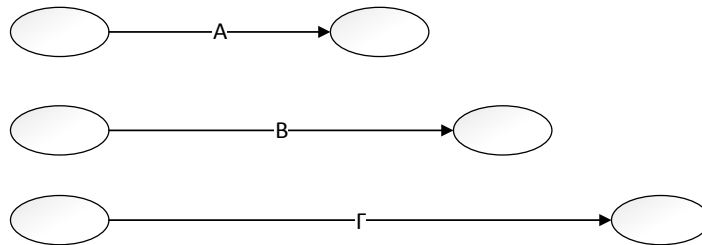
- Η διαδρομή των προγραμματισμένων δραστηριοτήτων με τη μεγαλύτερη χρονική διάρκεια
- Ο συντομότερος-ενωρίτερος χρόνος αρχής και το τελευταίο-βραδύτερο χρόνο τέλους που μπορεί να ξεκινήσει και να τελειώσει κάθε δραστηριότητα χωρίς να καθυστερήσει το έργο.
- Καθορίζει τις «κρίσιμες» δραστηριότητες (για τη μεγαλύτερη διαδρομή).
- Καθορίζει την προτεραιότητα των δραστηριοτήτων, έτσι ώστε να έχουμε αποτελεσματική διαχείριση και συντόμευση της μεγαλύτερης διαδρομής (critical path).
 - Περικόπτονται δραστηριότητες της μεγαλύτερης διαδρομής.
 - Εκτελούνται περισσότερες δραστηριότητες παράλληλα.
 - Προστίθενται πόροι ώστε να μειωθεί η χρονική διάρκεια των δραστηριοτήτων της μεγαλύτερης διαδρομής.

Ο σχεδιασμός των δικτύων CPM βασίζεται σε έναν αριθμό κανόνων που θα πρέπει να ικανοποιούνται σε κάθε δίκτυο:

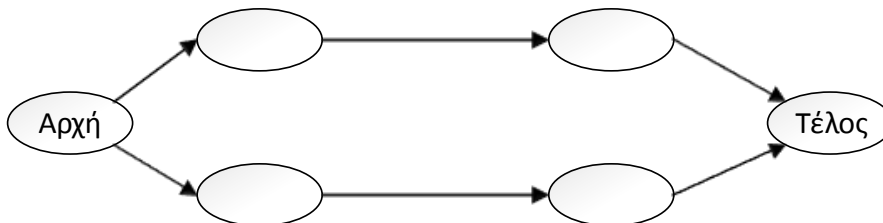
1. Κάθε γεγονός παριστάνεται με έναν κόμβο, ενώ κάθε δραστηριότητα με ένα διάνυσμα (βέλος), δηλαδή με ένα προσανατολισμένο ευθύγραμμο τμήμα.



2. Το σχήμα κάθε κόμβου (κύκλος, έλλειψη, παραλληλόγραμμο) δεν μας παρέχει κάποια συγκεκριμένη πληροφορία.
3. Το μήκος του κάθε βέλους δεν δηλώνει κάποιο φυσικό μέγεθος. Οπότε από το παρακάτω σχήμα δεν μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα σχετικά με την χρονική διάρκεια της κάθε δραστηριότητας. Το μήκος ενός βέλους χρησιμεύει μόνο και μόνο για τη σχεδίαση του δικτύου και δεν απεικονίζει καμία άλλη πληροφορία.



4. Κάθε δικτυωτό γράφημα έχει μόνο ένα γεγονός αρχής και μόνο ένα γεγονός τέλους.

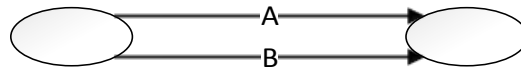


5. Κάθε δραστηριότητα έχει αρχή και τέλος.
6. Μία δραστηριότητα A λέμε ότι προηγείται μιας δραστηριότητας B και επομένως μια δραστηριότητα B έπεται μιας δραστηριότητας A, όταν ο κόμβος τέλους της A αποτελεί κόμβο αρχής της δραστηριότητας B.

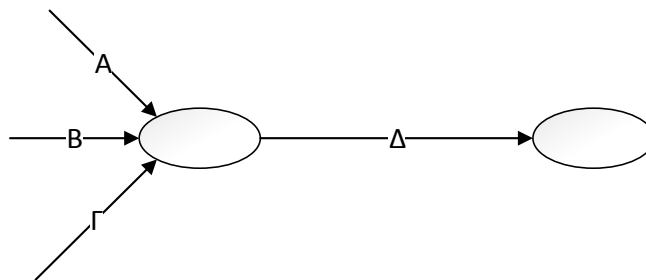


7. Ένα δικτυωτό γράφημα κατά τη φάση της δημιουργίας του μπορεί να σχεδιαστεί είτε από την αρχή προς το τέλος είτε από τέλος προς την αρχή, αλλά όμως έχει ροή από τον αρχικό κόμβο που σχεδιάζεται αριστερά προς τον τελικό κόμβο που σχεδιάζεται δεξιά.

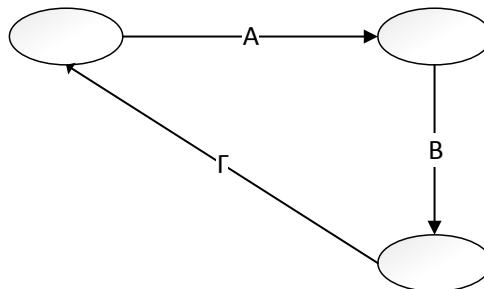
8. Επιτρέπεται δύο γεγονότα να συνδέονται το πολύ με μία δραστηριότητα. Δηλαδή παράλληλες δραστηριότητες μεταξύ των δύο κόμβων, όπως στο σχήμα που ακολουθεί δεν επιτρέπονται.



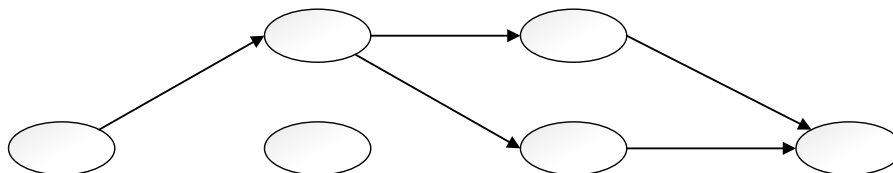
9. Μια δραστηριότητα ξεκινά μόνον όταν έχουν ολοκληρωθεί όλες οι δραστηριότητες που προηγούνται. Στο παρακάτω παράδειγμα για να ενεργοποιηθεί η δραστηριότητα Δ πρέπει πρώτα να έχουν ολοκληρωθεί και οι τρεις δραστηριότητες Α, Β, Γ.



10. Δεν μπορούμε να έχουμε κλειστούς βρόχους (loops) σε ένα δικτυωτό γράφημα. Η παρακάτω περίπτωση λοιπόν δεν είναι δυνατή.



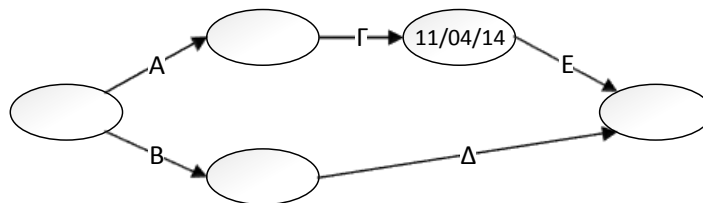
11. Δεν επιτρέπονται ανεξάρτητοι γεγονότα, δηλαδή ένα δίκτυο δεν μπορεί να περιέχει κόμβους που να μην συνδέονται μέσω κάποιας δραστηριότητας με άλλους κόμβους.



12. Κάθε δραστηριότητα πλην της τελευταίας πρέπει να έχει τουλάχιστον μία επόμενη δραστηριότητα.
13. Σε κάθε γράφημα οι συμβολισμοί των γεγονότων και των δραστηριοτήτων πρέπει να είναι μοναδικοί.
14. Επιτρέπεται η χρήση τεχνητών δραστηριοτήτων που έχουν χρονική διάρκεια αλλά δεν έχουν κόστος ούτε χρησιμοποιούν μέσα παραγωγής. Στην πραγματικότητα πρόκειται για δραστηριότητες αναμονής (Time Lags). Για παράδειγμα για να αναπαριστήσουμε το χρόνο που απαιτείται να αναμένουμε να στεγνώσει η πλάκα σκυροδέματος ενός ορόφου μιας πολυώροφης οικοδομής προκειμένου να συνεχίσει η οικοδόμησή του

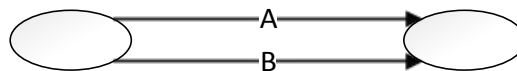
επόμενου ορόφου, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μια τεχνική δραστηριότητα μηδενικού κόστους.

15. Επιτρέπεται η χρήση ορόσημων/ημερομηνιών (milestones) που πρέπει να τηρηθούν κατά την εκτέλεση ενός έργου. Π.χ. αν μια δραστηριότητα είναι η υποβολή της υποψηφιότητας για την ανάληψη ενός δημόσιου έργου τότε η δραστηριότητα θα πρέπει να έχει ολοκληρωθεί τη συγκεκριμένη ημερομηνία που θέτει ο διαγωνισμός.

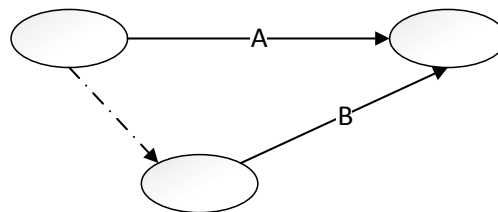


16. Επιτρέπεται η χρήση πλασματικών δραστηριοτήτων που απεικονίζονται με διακεκομμένα βέλη και έχουν μηδενική διάρκεια, μηδενικό κόστος και δεν απαιτούν μέσα παραγωγής.

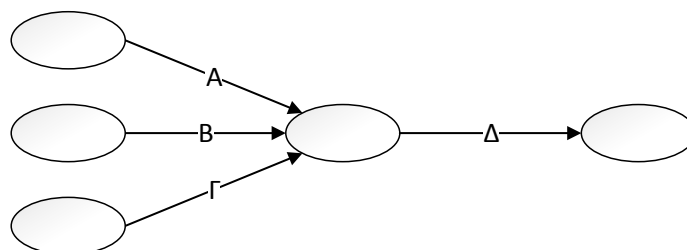
- i. Οι πλασματικές δραστηριότητες είναι ιδιαίτερα χρήσιμες όταν δύο γεγονότα/κόμβοι συνδέονται με παράλληλες δραστηριότητες που είναι ανεξάρτητες. Τότε η μη επιτρεπτή μορφή δικτύου που ακολουθεί:



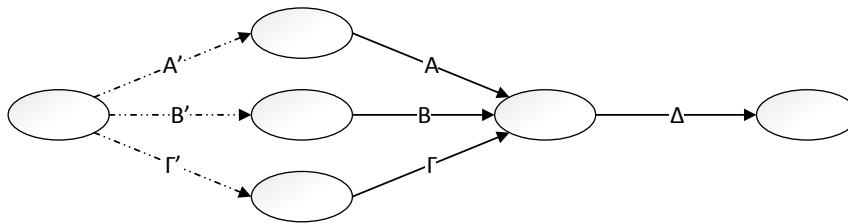
μετατρέπεται μέσω του πλασματικού κόμβου στην επιτρεπτή μορφή του επόμενου σχήματος



- ii. Χρησιμοποιούμε πλασματικές δραστηριότητες για την αποφυγή πολλών γεγονότων αρχής ή πολλών γεγονότων τέλους. Αν οι δραστηριότητες A,B,Γ του δικτύου που ακολουθεί είναι δραστηριότητες αρχής:

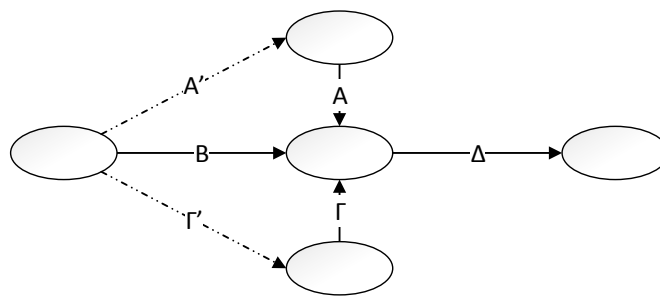


τότε με χρήση τριών πλασματικών δραστηριοτήτων A' , B' , Γ' το δίκτυο γίνεται

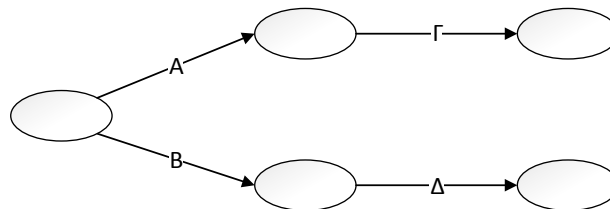


αποδεκτό όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

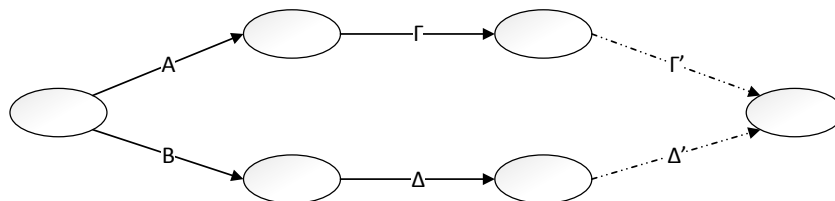
Ή με μόνο δύο πλασματικές δραστηριότητες θα είχαμε το ακόλουθο δίκτυο:



Ανάλογα στη περίπτωση δύο τελικών δραστηριοτήτων Γ και Δ του δικτύου που ακολουθεί:

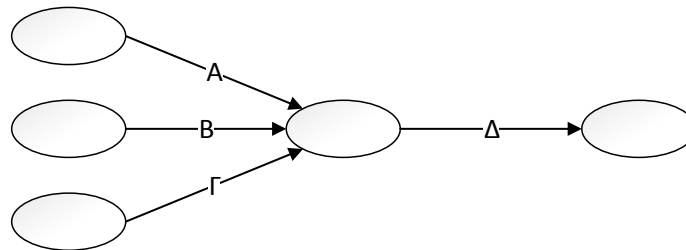


χρησιμοποιούμε δυο πλασματικές δραστηριότητες για να έχουμε έναν κόμβο τέλους.

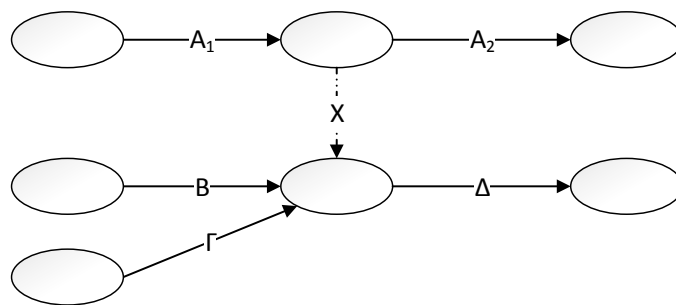


- iii. Η χρήση πλασματικής δραστηριότητας είναι απαραίτητη για την απεικόνιση σύνθετων σχέσεων αλληλουχίας, όπου μια δραστηριότητα έπεται μέρους μόνο μιας άλλης δραστηριότητας.

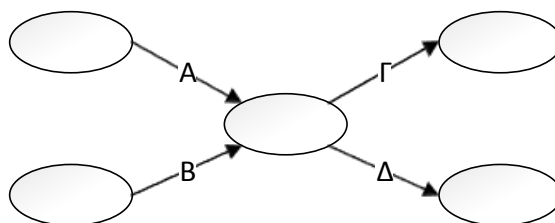
Για παράδειγμα στο δίκτυο που ακολουθεί οι δραστηριότητες A,B,Γ δεν είναι αρχικές και η δραστηριότητα Δ δεν είναι τελική. Ακόμα η δραστηριότητα Δ έπεται ενός μέρους της A, ολόκληρης της B και ολόκληρης της Γ. Στο δίκτυο που ακολουθεί δεν παριστάνεται η παραπάνω αλληλουχία σχέσεων.



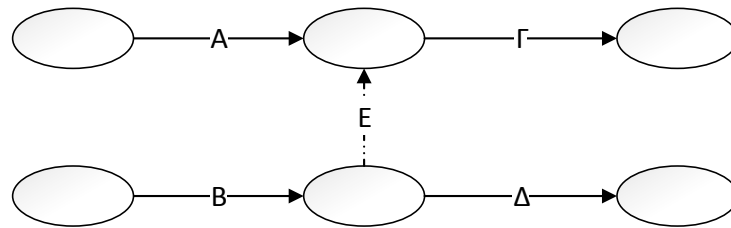
Η δραστηριότητα A διασπάται σε A_1 και A_2 , η δε Δ έπεται μόνο της A_1 . Χρησιμοποιούμε την πλασματική δραστηριότητα X για να εκφράσουμε αυτή την αλληλουχία σχέσεων, όπως φαίνεται στο δίκτυο που ακολουθεί:



- iv. Χρησιμοποιούμε πλασματικές δραστηριότητες για να αποφύγουμε την απεικόνιση περισσότερων σχέσεων αλληλουχίας από αυτές που υπάρχουν στην πραγματικότητα. Για παράδειγμα σε ένα κόμβο εισέρχεται μία δραστηριότητα που δεν προηγείται όλων των δραστηριοτήτων που εξέρχονται από αυτόν τον κόμβο. Σε ένα τμήμα δικτυωτού γραφήματος καμία από τις τέσσερις δραστηριότητες A,B,Γ,Δ δεν είναι αρχική ή τελική. Η δραστηριότητα Γ έπεται της A και B ενώ η δραστηριότητα Δ μόνο της B.

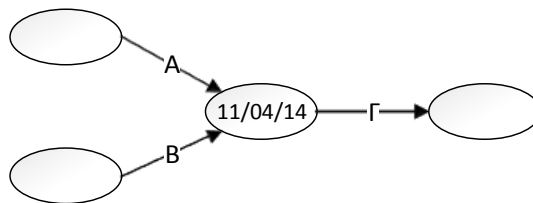


Το παραπάνω δίκτυο αποτυγχάνει να αναπαραστήσει την αλληλουχία σχέσεων που περιγράψαμε πράγμα που επιτυγχάνεται με την πλασματική δραστηριότητα E του δικτύου που ακολουθεί:

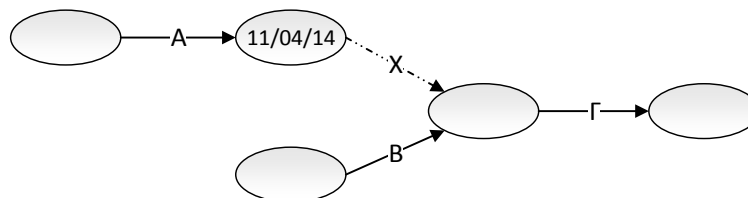


- v. Παρεμβάλλουμε μια πλασματική δραστηριότητα όταν υπάρχει ένα ορόσημο για την ολοκλήρωση μιας δραστηριότητας που όμως έχει κοινό κόμβο τέλους με άλλες δραστηριότητες που δεν επηρεάζονται από το εν λόγω ορόσημο.

Θεωρούμε ένα τμήμα δικτύου όπου καμία από τις δραστηριότητες A, B, Γ δεν είναι ούτε αρχική ούτε τελική. Η δραστηριότητα Γ έπεται των A και B υπάρχει όμως ορόσημο για την δραστηριότητα A η ημερομηνία “11/04/14”. Το δίκτυο που ακολουθεί δεν είναι ακριβές.



Χρησιμοποιούμε μια πλασματική δραστηριότητα X για την απεικόνιση της παραπάνω αλληλουχίας σχέσεων.

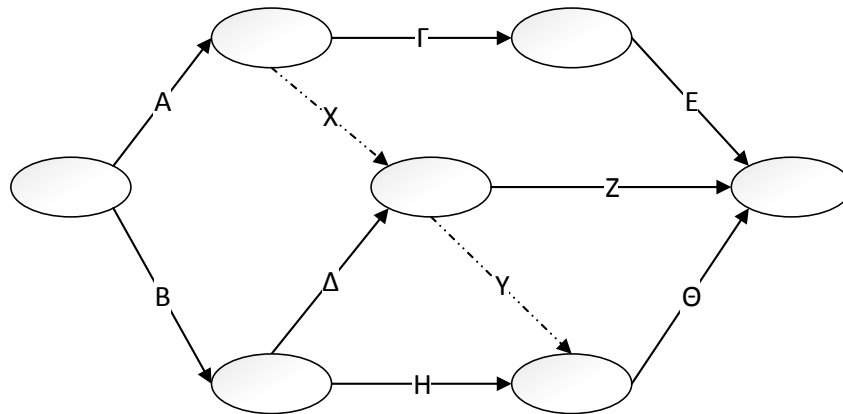


- vi. Δεν είναι επιθυμητή η παράθεση συνεχόμενων πλασματικών δραστηριοτήτων, όπου μια πλασματική δραστηριότητα καταλήγει σε κάποιο κόμβο από τον οποίο ξεκινά μια άλλη πλασματική δραστηριότητα. Με αυτή τη διάταξη απεικονίζουμε αλληλουχία σχέσεων που δεν υπάρχει.

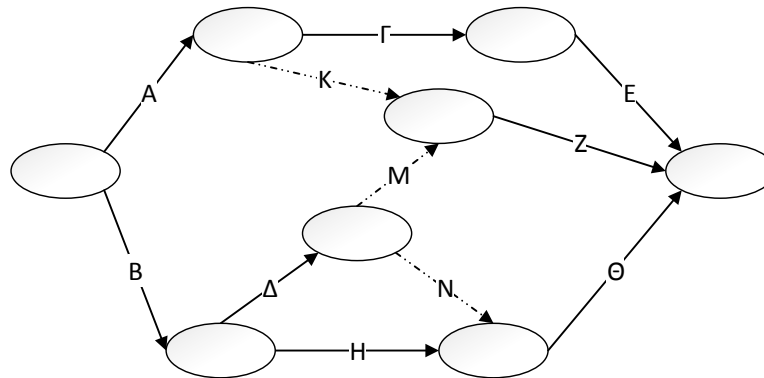
Ας θεωρήσουμε το παράδειγμα της αλληλουχίας σχέσεων που φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί:

Δραστηριότητα	Επόμενη Δραστηριότητα
A	Γ, Z
B	Δ, Η
Δ	Z, Θ
Η	Θ
Γ	Ε

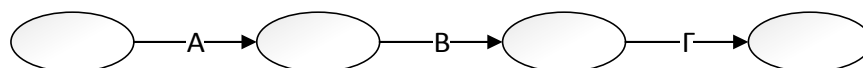
Δημιουργούμε το ακόλουθο δικτυωτό γράφημα:



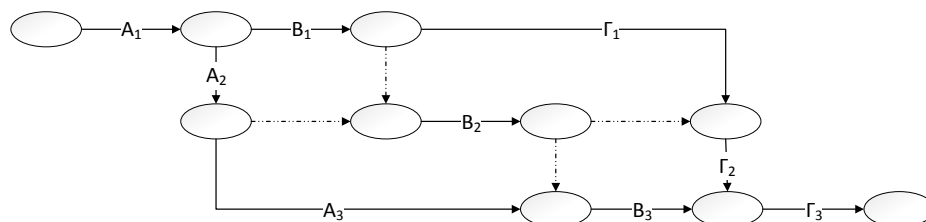
Το γράφημα αυτό δεν είναι ορθό γιατί εισάγει μια αλληλουχία δραστηριοτήτων $A \rightarrow X \rightarrow Y \rightarrow \Theta$ εκ των οποίων οι X,Y είναι διαδοχικές πλασματικές δραστηριότητες. Το δίκτυο δεν είναι ορθό γιατί εισάγει ως μη όφειλε την αλληλουχία σχέσεων η A προηγείται της Θ, η οποία δεν υπήρχε στις αρχικές υποθέσεις. Ένα ορθό δίκτυο για το παράδειγμα αυτό θα ήταν το ακόλουθο:



vii. Ας υποθέσουμε ότι έχουμε τις διαδοχικές δραστηριότητες A,B,Γ



Στην περίπτωση που οι δραστηριότητες αυτές ήταν επαναλαμβανόμενες, δηλαδή έπρεπε να εκτελεστούν διαδοχικά τρεις φορές, θα έπρεπε για να διατηρηθούν οι σχέσεις αλληλουχίας να χρησιμοποιήσουμε πλασματικές δραστηριότητες όπως φαίνεται στο παρακάτω δικτυωτό γράφημα:



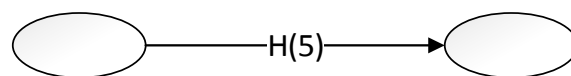
8.3. Παράδειγμα επίλυσης δικτυωτού γραφήματος. Μέθοδος CPM

Θεωρούμε ένα παράδειγμα έργου με δραστηριότητες και σχέσεις αλληλουχίας μεταξύ τους που φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Δραστηριότητες	Προηγούμενες	Διάρκεια
A	-	8
B	-	5
C	-	6
D	A,B	8
E	B,C	10
F	C	9
G	D,E,F	7
H	G	5

8.3.1. Σχεδιασμός δικτύου

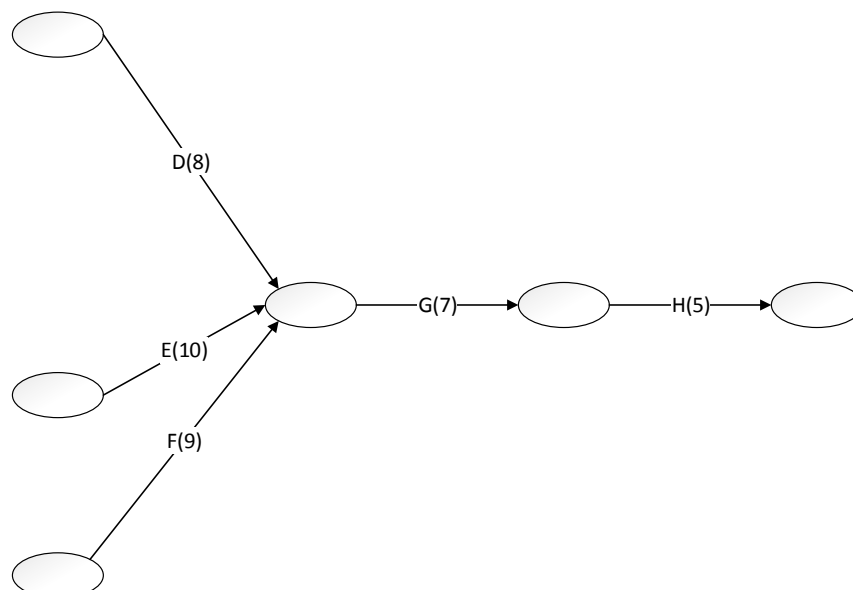
Εντοπίζουμε την τελευταία (ή τις τελευταίες δραστηριότητες). Επειδή δεν υπάρχει δραστηριότητα που να έχει για προηγούμενη την H αυτή είναι η τελευταία. Σχεδιάζουμε το δίκτυο από το τέλος προς την αρχή βάζοντας την τελευταία δραστηριότητα H να δείχνει τον κόμβο τέλους του έργου.



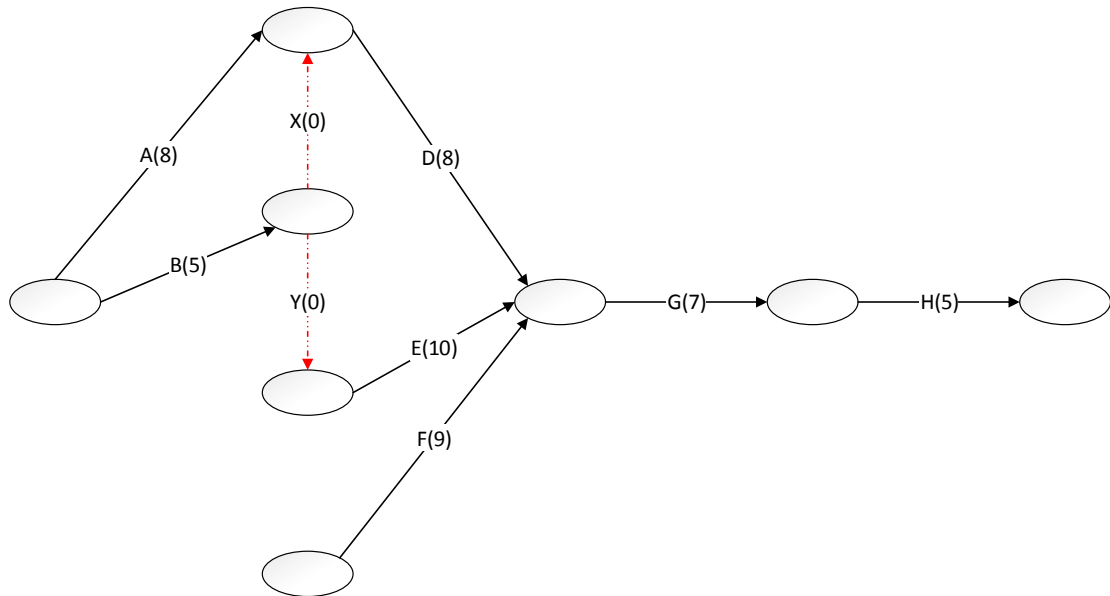
Η μόνη προηγούμενη δραστηριότητα της H είναι η G με μήκος 7.



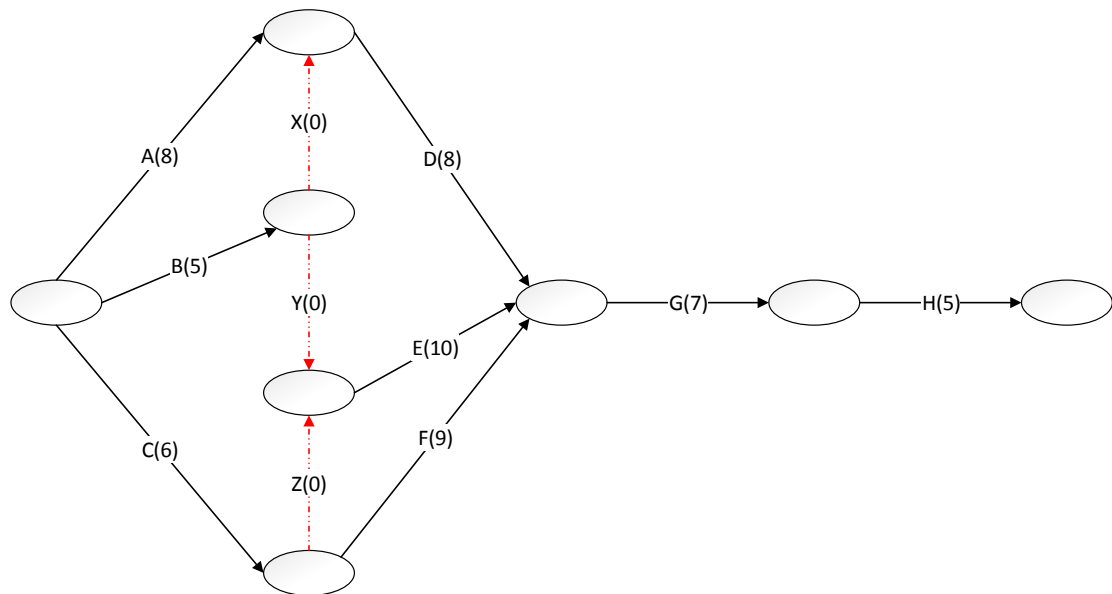
Οι δραστηριότητες D,E,F προηγούνται της G.



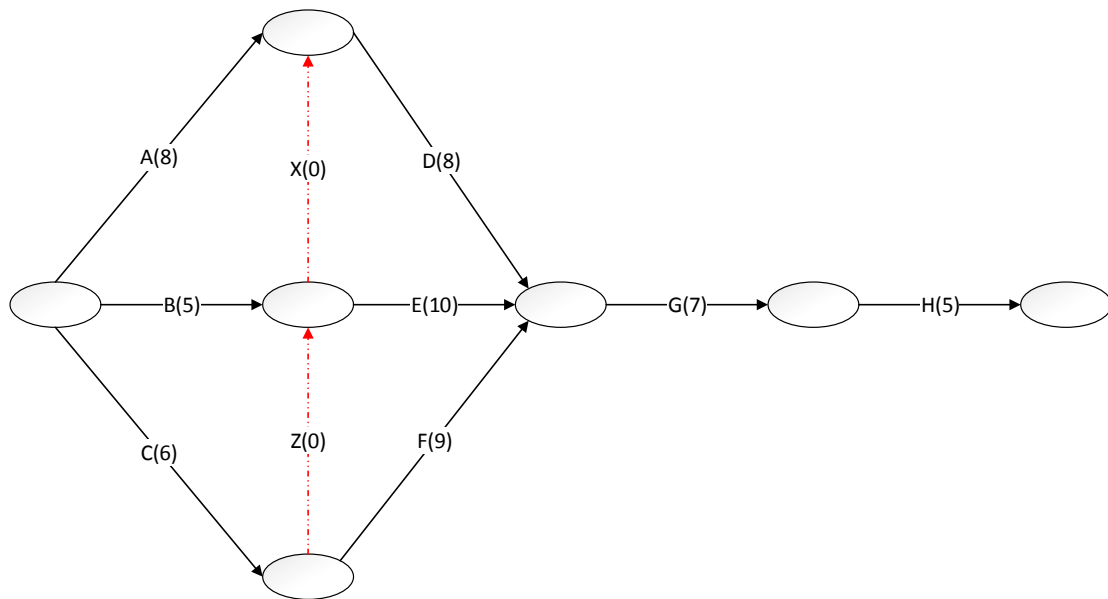
Οι δραστηριότητες A,B προηγούνται της D και δεν έχουν προηγούμενες, άρα είναι αρχικές δραστηριότητες που ξεκινούν από τον κόμβο αρχής. Επειδή έχουν κοινή αρχή δεν μπορούν να έχουν και κοινό τέλος, γι' αυτό εισάγεται η πλασματική δραστηριότητα X. Επιπλέον η δραστηριότητα B προηγείται και της E, αυτό παριστάνεται εισάγοντας την πλασματική δραστηριότητα Y.



Η δραστηριότητα C προηγείται της F και της E, οπότε θα γίνει χρήση της πλασματικής δραστηριότητας Z. Ακόμη η C είναι αρχική δραστηριότητα εφόσον δεν υπάρχει καμία δραστηριότητα που να προηγείται της C. Επομένως η C έχει κοινή αρχή με τις A και B.

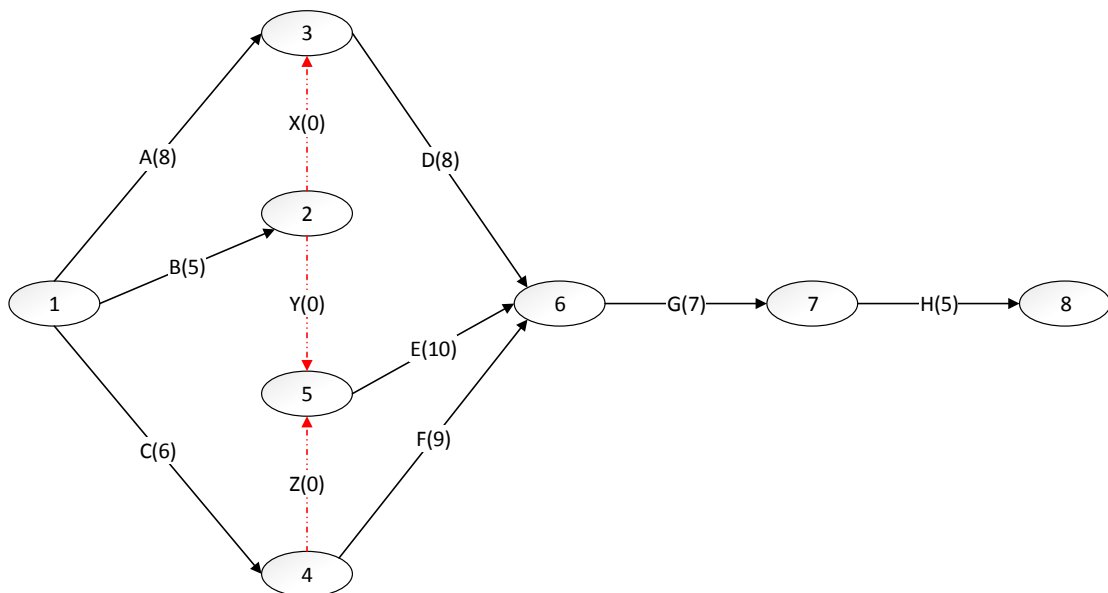


Εναλλακτικά θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε το δίκτυο που ακολουθεί:



Το παραπάνω δικτυωτό γράφημα υλοποιεί όλες τις αλληλουχίες σχέσεων μεταξύ των δραστηριοτήτων που μας δόθηκαν, όμως είναι λάθος γιατί εισάγει μία επιπλέον σχέση που δεν δόθηκε από την υπόθεση. Συγκεκριμένα τα βέλη $C \rightarrow Z \rightarrow X \rightarrow D$ υποδηλώνουν ότι η δραστηριότητα C προηγείται της D πράγμα που δε δίνεται.

Επομένως, κάνοντας και την αρίθμηση των κόμβων, καταλήγουμε στο τελικό δικτυωτό γράφημα που είναι:

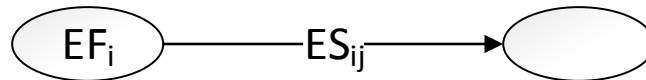


8.4. Χρονικά στοιχεία έργου

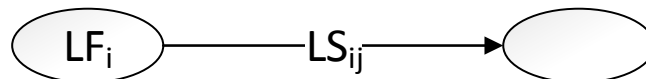
Θεωρούμε μια δραστηριότητα X με κόμβο αρχής τον i και κόμβο τέλους τον j και **χρονική διάρκεια** T_{ij} χρονικών μονάδων.

Ορισμοί:

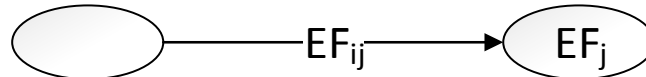
- **ES_{ij}** (earliest start time): Ο ενωρίτερος χρόνος έναρξης της δραστηριότητας που προκύπτει από το **ενωρίτερο πέρας** EF_i (earliest finish time) του γεγονότος της αρχής της δραστηριότητας.



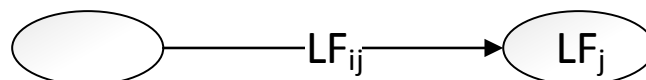
- **LS_{ij}** (latest start time): Ο βραδύτερος χρόνος έναρξης της δραστηριότητας, δηλαδή το αργότερο που μπορεί να αρχίσει η δραστηριότητα χωρίς να παραταθεί η συνολική διάρκεια του έργου. Προκύπτει απ' το **βραδύτερο πέρας** LF_i (latest finish time) του γεγονότος αρχής της δραστηριότητας.



- **EF_{ij}** (earliest finish time): Ο ενωρίτερος χρόνος πέρατος της δραστηριότητας, δηλαδή το ενωρίτερο που μπορεί να αναμένει κανείς ότι θα τελειώσει η δραστηριότητα. Προκύπτει από το **ενωρίτερο πέρας** EF_j (earliest finish time) του γεγονότος πέρατος της δραστηριότητας.



- **LF_{ij}** (latest finish time): Ο βραδύτερος χρόνος πέρατος της δραστηριότητας, δηλαδή το αργότερο που μπορεί να τελειώσει η δραστηριότητα χωρίς να παραταθεί η συνολική διάρκεια του έργου. Προκύπτει από το **βραδύτερο πέρας** LF_j (latest finish time) του γεγονότος πέρατος της δραστηριότητας.



- **TS_{ij}** (time slack of activity ij): Το ολικό χρονικό περιθώριο της δραστηριότητας ij , δηλαδή το μέγιστο χρονικό διάστημα που μπορεί να καθυστερήσει η δραστηριότητα ij χωρίς αυτή να προκαλέσει παράταση της συνολικής διάρκειας του έργου.

$$TS_{ij} = LS_{ij} - ES_{ij} = LF_{ij} - EF_{ij}$$

- **TS_i** (time slack of node i): Το ολικό χρονικό περιθώριο του γεγονότος i του έργου, δηλαδή το μέγιστο χρονικό διάστημα που μπορεί να καθυστερήσει η πραγματοποίηση του γεγονότος i , χωρίς αυτή η καθυστέρηση να παρατείνει τη συνολική διάρκεια του έργου.

$$TS_i = LF_i - EF_i$$

- **FTS_{ij}** (free time slack of activity ij): Το ελεύθερο χρονικό περιθώριο της δραστηριότητας ij , δηλαδή το χρονικό διάστημα που μπορεί να καθυστερήσει η ολοκλήρωση της δραστηριότητας ij χωρίς να καθυστερήσει η έναρξη καμίας από τις επόμενες από αυτήν δραστηριότητες.

$$FTS_{ij} = \min_{jk \in K} ES_{jk} - EF_{ij}$$

όπου K το σύνολο των δραστηριοτήτων που ξεκινούν από τον κόμβο πέρατος j της δραστηριότητας ij .

- **ITS_{ij}** (independent time slack of activity ij): Το ανεξάρτητο χρονικό περιθώριο της δραστηριότητας ij , δηλαδή το χρονικό διάστημα ανάμεσα στο τέλος της δραστηριότητας ij αν αυτή ξεκινήσει το αργότερο δυνατό και της ενωρίτερης έναρξης μεταξύ των επόμενων δραστηριοτήτων της. Ισχύει η σχέση:

$$TS_{ij} \geq FTS_{ij} \geq ITS_{ij}$$

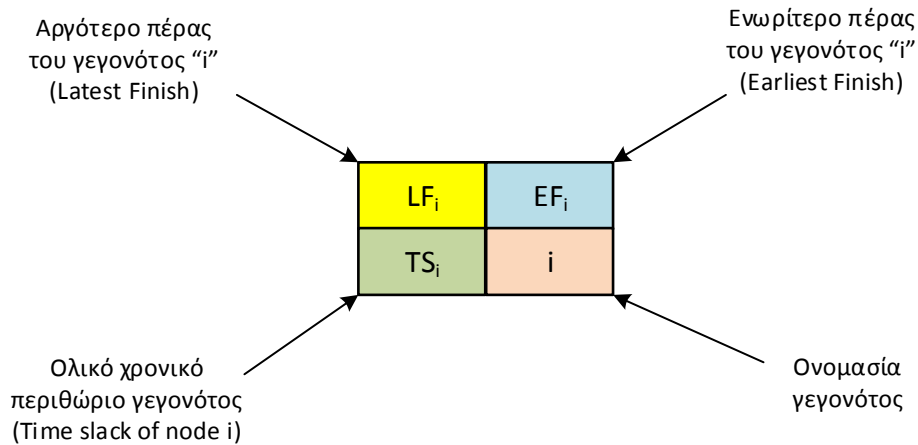
- **Κρίσιμη δραστηριότητα** (critical activity): είναι μια δραστηριότητα της οποίας το ολικό χρονικό περιθώριο είναι μηδενικό $TS_{ij} = 0$, δηλαδή οι ενωρίτεροι και βραδύτεροι χρόνοι έναρξης και πέρατος συμπίπτουν. Επομένως η παραμικρή καθυστέρηση στην ολοκλήρωσή της θα έχει επίδραση στην συνολική χρονική διάρκεια εκτέλεσης του έργου.
- **Κρίσιμη διαδρομή** (critical path): είναι μια ακολουθία κρίσιμων δραστηριοτήτων που ξεκινάει από τον κόμβο αρχής του έργου και καταλήγει στον κόμβο τέλους του έργου. Κάθε δικτυωτό γράφημα έχει τουλάχιστον μία κρίσιμη διαδρομή, η οποία έχει την μεγαλύτερη χρονική διάρκεια από όλες τις διαδρομές που συνδέουν το γεγονός της αρχής με το γεγονός του πέρατος του έργου. Η διάρκεια της κρίσιμης διαδρομής είναι συγχρόνως και η διάρκεια ολοκλήρωσης του έργου.

Σκοπός της επίλυσης ενός δικτυωτού γραφήματος είναι η εύρεση της κρίσιμης διαδρομής του γραφήματος και ο υπολογισμός της διάρκειας της.

Για την επίλυση ενός δικτυωτού γραφήματος χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικές παραλλαγές της μεθόδου CPM. Στην 1^η παραλλαγή (μέθοδος A) χρησιμοποιούνται τα χρονικά στοιχεία έναρξης και πέρατος των γεγονότων, ενώ στη 2^η παραλλαγή (μέθοδος B) χρησιμοποιούνται τα χρονικά στοιχεία έναρξης και πέρατος των δραστηριοτήτων.

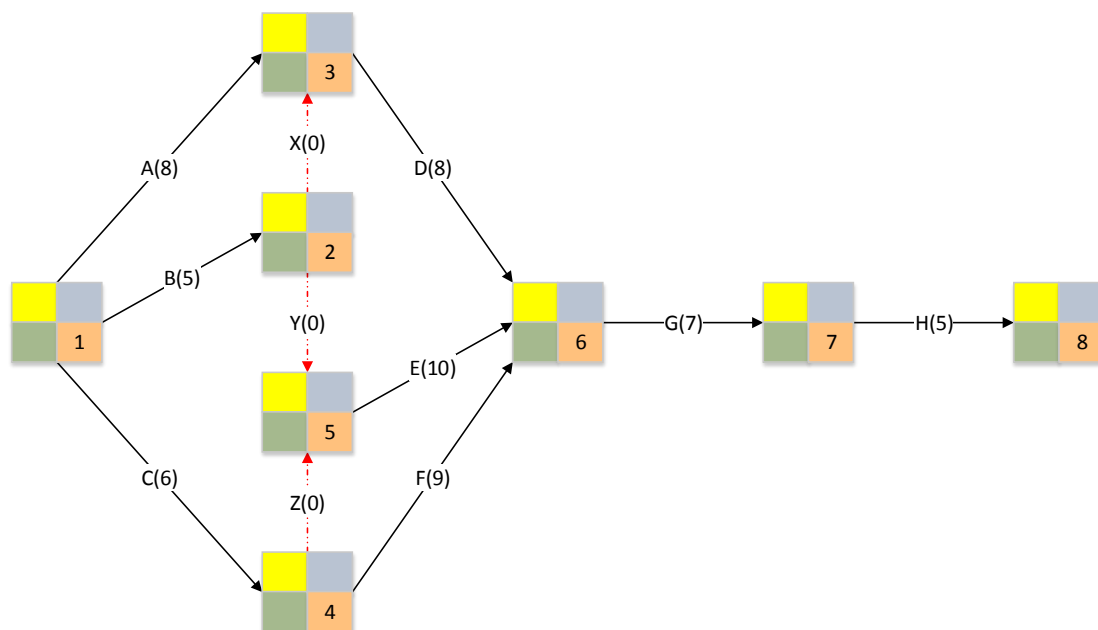
8.5. Μέθοδος CPM με τα χρονικά στοιχεία γεγονότος.

8.5.1. Συμβολισμοί



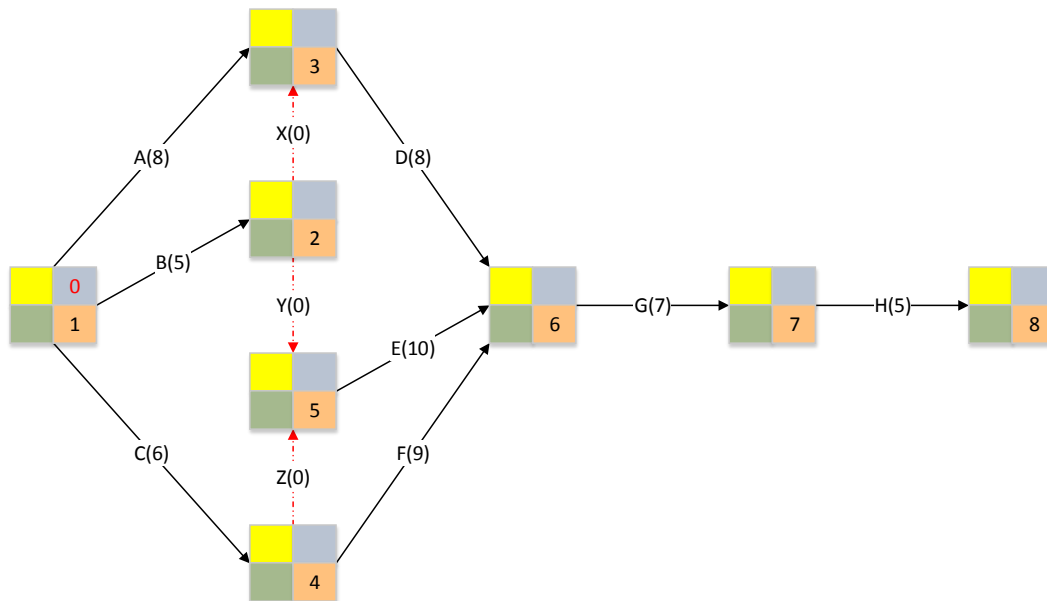
8.5.2. Επίλυση δικτυωτού γραφήματος γεγονότων

Η επίλυση του δικτυωτού γραφήματος με βάση το χρονικό προσδιορισμό των γεγονότων γίνεται σε δύο φάσεις. Στην 1^η φάση επιλύουμε το δίκτυο κινούμενοι προς τα εμπρός από τον κόμβο αρχής προς τον κόμβο πέρατος ακολουθώντας την ροή των βελών των δραστηριοτήτων. Στη 2^η φάση κινούμαστε αντίθετα από τον κόμβο πέρατος προς τον κόμβο της αρχής καλύπτοντας το δίκτυο με φορά αντίθετη των βελών των δραστηριοτήτων. Οι πράξεις που εκτελούμε στην 1^η φάση ονομάζονται ομόρροπος υπολογισμός ενώ στη 2^η φάση αντίρροπος υπολογισμός. Θεωρούμε το δίκτυο του προηγούμενου παραδείγματος.



8.5.3. Ομόρροπος υπολογισμός

Ο ενωρίτερος χρόνος πέρατος του κόμβου της αρχής αντιστοιχεί στη χρονική στιγμή 0.



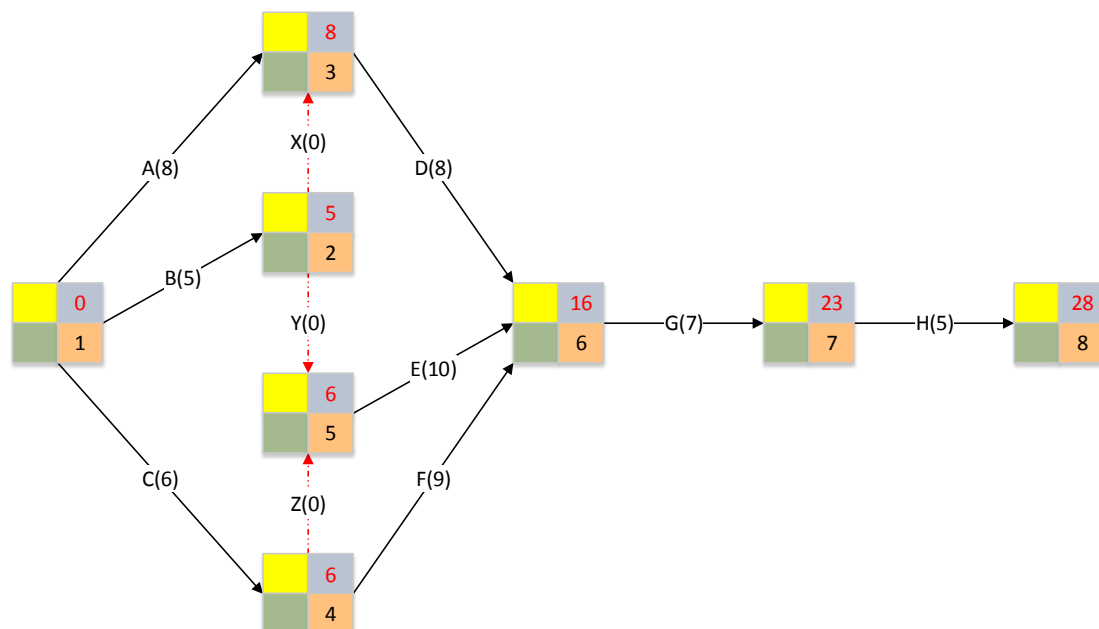
Αν ακριβώς πριν το γεγονός j έχει λάβει χώρα μόνο το γεγονός i , τότε ο ενωρίτερος χρόνος πέρατος του γεγονότος j προκύπτει αν αθροίσουμε στον ενωρίτερο χρόνο πέρατος του γεγονότος i τη χρονική διάρκεια της δραστηριότητας ij . Δηλαδή:

$$EF_j = EF_i + T_{ij}$$

Στη περίπτωση που του γεγονότος j έχουν προηγηθεί περισσότερα του ενός γεγονότα, ονομάζουμε M_j το σύνολο των γεγονότων που έχουν λάβει χώρα ακριβώς πριν το γεγονός j . Σε αυτήν την περίπτωση ο ενωρίτερος χρόνος πέρατος του γεγονότος j υπολογίζεται από τον τύπο:

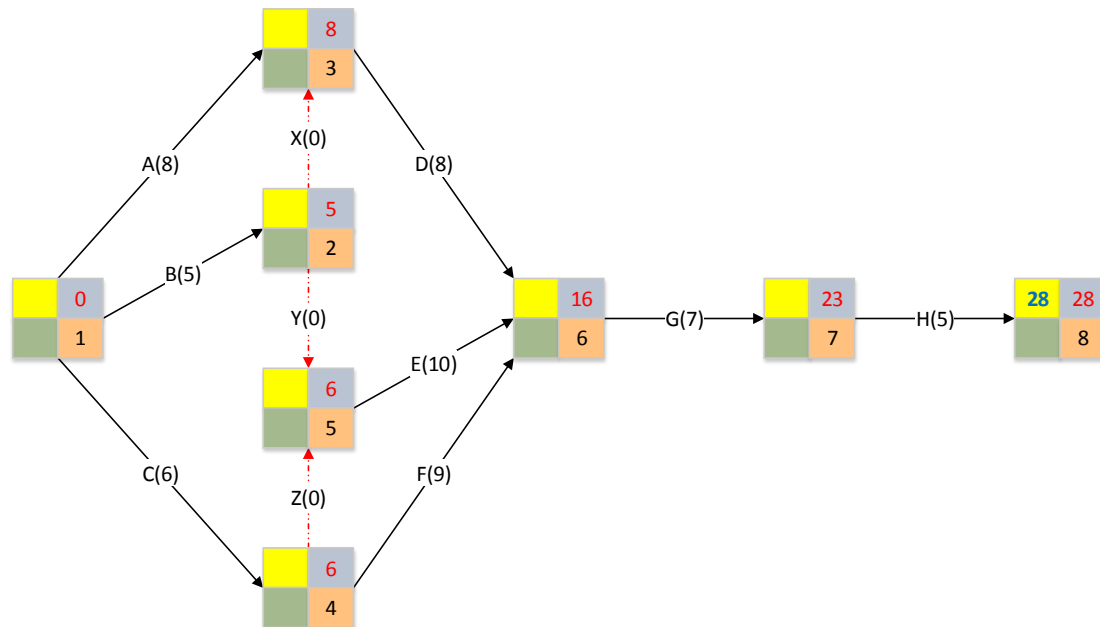
$$EF_j = \max_{m \in M_j} (EF_m + T_{mj})$$

Κάνοντας βάσει των ανωτέρω τύπων τους ομόρροπους υπολογισμούς υπολογίζουμε τους ενωρίτερους χρόνους πέρατος για όλους τους κόμβους του δικτύου.



8.5.4. Αντίρροπος υπολογισμός

Ο βραδύτερος χρόνος πέρατος του γεγονότος/κόμβου του τέλους του έργου είναι ίσος με τον ενωρίτερο χρόνο πέρατός του.



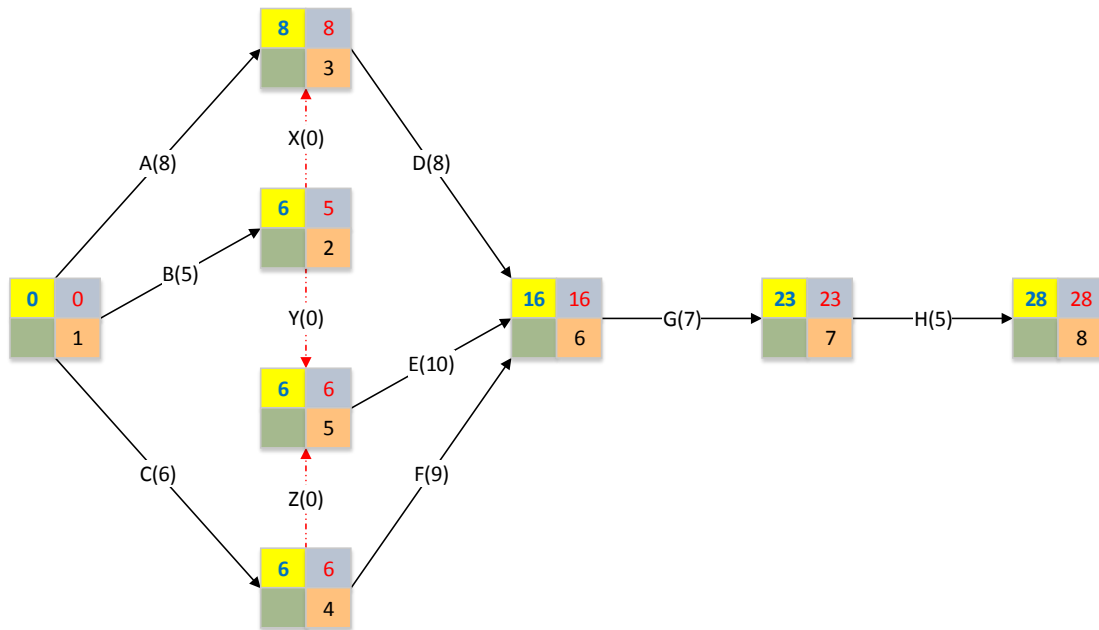
Αν ακριβώς μετά το γεγονός i έχει λάβει χώρα μόνο το γεγονός j , τότε ο βραδύτερος χρόνος πέρατος του γεγονότος i προκύπτει αν αφαιρέσουμε από τον βραδύτερο χρόνο πέρατος του γεγονότος j τη χρονική διάρκεια της δραστηριότητας ij . Δηλαδή:

$$LF_i = LF_j - T_{ij}$$

Στη περίπτωση που του γεγονότος i έχουν ακολουθήσει περισσότερα του ενός γεγονότα, ονομάζουμε Q_i το σύνολο των γεγονότων που έχουν λάβει χώρα ακριβώς μετά το γεγονός i . Σε αυτήν την περίπτωση ο βραδύτερος χρόνος πέρατος του γεγονότος i υπολογίζεται από τον τύπο:

$$LF_i = \min_{q \in Q_i} (LF_q - T_{iq})$$

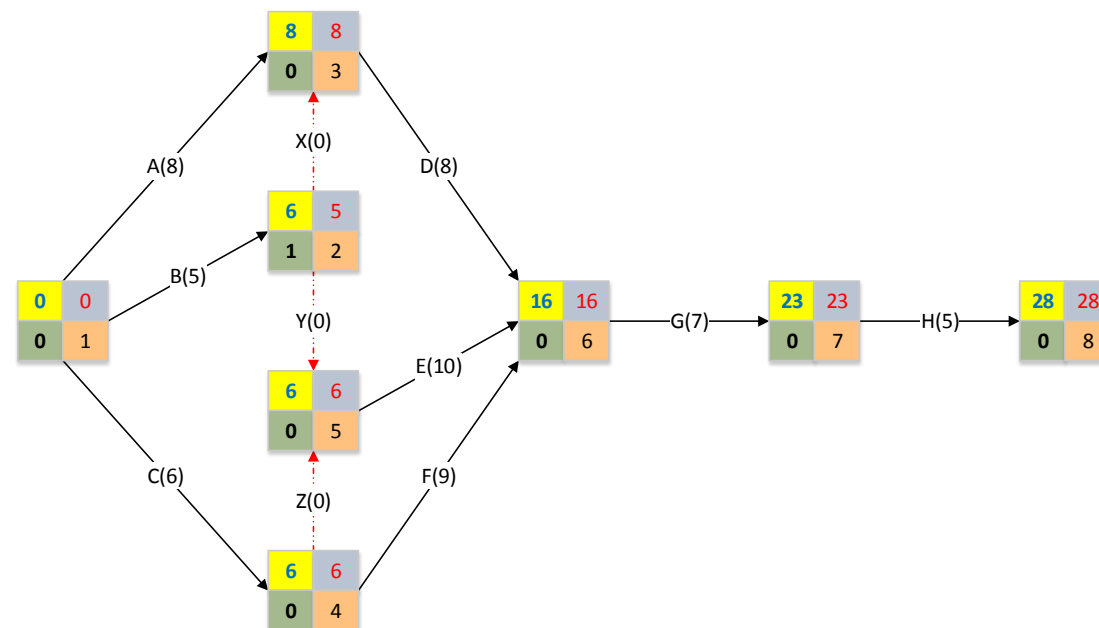
Κάνοντας βάσει των ανωτέρω τύπων τους αντίστροφους υπολογισμούς υπολογίζουμε τους βραδύτερους χρόνους πέρατος για όλους τους κόμβους του δικτύου.



8.5.5. Υπολογισμός των ολικών χρονικών περιθωρίων TS_i

Υπολογίζουμε τα ολικά χρονικά περιθώρια των γεγονότων αφαιρώντας για κάθε κόμβο από τον βραδύτερο χρόνο πέρατος του τον ενωρίτερο χρόνο πέρατος του, σύμφωνα με τον τύπο:

$$TS_i = LF_i - EF_i$$



8.5.6. Κρίσιμες διαδρομές

Το μεγαλύτερο μονοπάτι ενός δικτύου από το γεγονός της αρχής μέχρι το γεγονός του τέλους, με την έννοια ότι έχει το μεγαλύτερο μήκος, δηλαδή το μεγαλύτερο άθροισμα των χρόνων των δραστηριοτήτων που το σχηματίζουν, είναι το **κρίσιμο μονοπάτι** ή η **κρίσιμη διαδρομή** (critical path) του δικτύου. Είναι δυνατόν να υπάρχουν περισσότερα του ενός κρίσιμα μονοπάτια στη περίπτωση που αυτά έχουν το ίδιο μέγιστο μήκος. Αν δύο διαδοχικά γεγονότα έχουν μηδενικά ολικά χρονικά περιθώρια δεν συνεπάγεται αυτομάτως ότι η δραστηριότητα που τα συνδέει είναι κρίσιμη (όπως συμβαίνει με τη δραστηριότητα F του παραδείγματος).

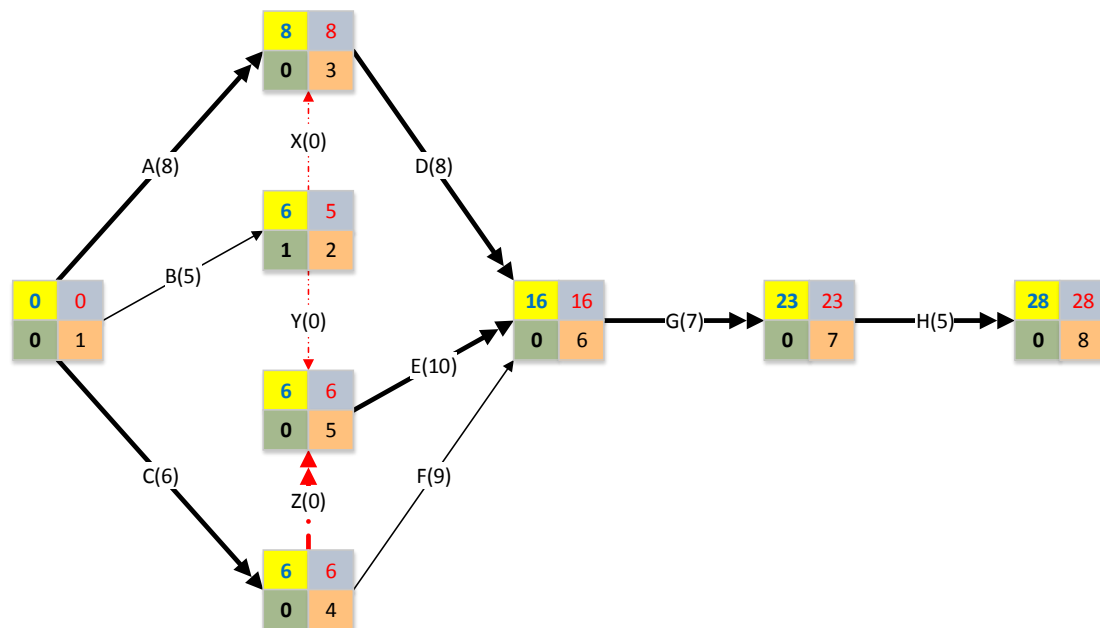
Στο παράδειγμα μας οι κόμβοι $1 \rightarrow 3 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 8$ που συνδέονται με τις δραστηριότητες $A \rightarrow D \rightarrow G \rightarrow H$ δημιουργούν μια κρίσιμη διαδρομή με μέγιστο μήκος

$$T_{total} = 8 + 8 + 7 + 5 = 28$$

Ακόμη οι κόμβοι $1 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 8$ που συνδέονται με τις δραστηριότητες $C \rightarrow Z \rightarrow E \rightarrow G \rightarrow H$ δημιουργούν επίσης μια κρίσιμη διαδρομή με μέγιστο μήκος

$$T_{total} = 6 + 0 + 10 + 7 + 5 = 28$$

Επομένως η διάρκεια του έργου είναι 28 χρονικές μονάδες.



8.5.7. Διάγραμμα Gantt με βάση τους ενωρίτερους χρόνους έναρξης

Για μια δραστηριότητα ij με διάρκεια T_{ij} που για τον κόμβο της αρχής της i έχουμε βραδύτερο χρόνο πέρατος LF_i και ενωρίτερο χρόνο πέρατος EF_i και για τον κόμβο πέρατός της j έχουμε βραδύτερο χρόνο πέρατος LF_j και ενωρίτερο χρόνο πέρατος EF_j υπολογίζουμε τους χρόνους που της αντιστοιχούν από τους τύπους:

$$ES_{ij} = EF_i$$

$$EF_{ij} = EF_i + T_{ij}$$

$$LS_{ij} = LF_j - T_{ij}$$

$$LF_{ij} = LF_j$$

$$TS_{ij} = LS_{ij} - ES_{ij}$$

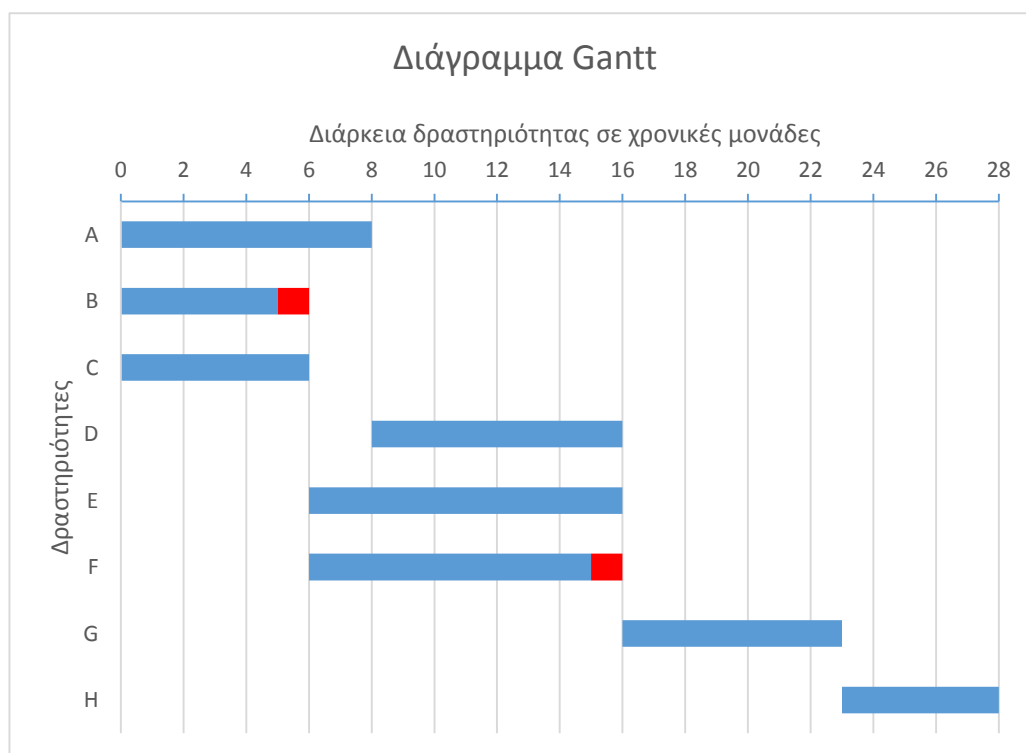
$$FTS_{ij} = \min_{jk \in K} ES_{jk} - EF_{ij}$$

όπου K το σύνολο των δραστηριοτήτων που ξεκινούν από τον κόμβο πέρατος j της δραστηριότητας ij .

Από τους ανωτέρω τύπους και βάσει της επίλυσης του δικτυωτού γραφήματος με την μέθοδο CPM που προηγήθηκε, σχηματίζουμε τον πίνακα που ακολουθεί με τους χρόνους που αντιστοιχούν στην κάθε δραστηριότητα.

Δραστηριότητες	Διάρκεια	ES	EF	LS	LF	TS	FTS
A	8	0	8	0	8	0	0
B	5	0	5	1	6	1	0
C	6	0	6	0	6	0	0
X	0	5	5	8	8	3	3
Y	0	5	5	6	6	1	1
Z	0	6	6	6	6	0	0
D	8	8	16	8	16	0	0
E	10	6	16	6	16	0	0
F	9	6	15	7	16	1	1
G	7	16	23	16	23	0	0
H	5	23	28	23	28	0	0

Στη συνέχεια δημιουργούμε το διάγραμμα Gantt με βάση τους ενωρίτερους χρόνους έναρξης των δραστηριοτήτων.



8.6. Μέθοδος CPM με τα χρονικά στοιχεία δραστηριότητας.

8.6.1. Συμβολισμοί

Εισάγουμε τους παρακάτω συμβολισμούς:

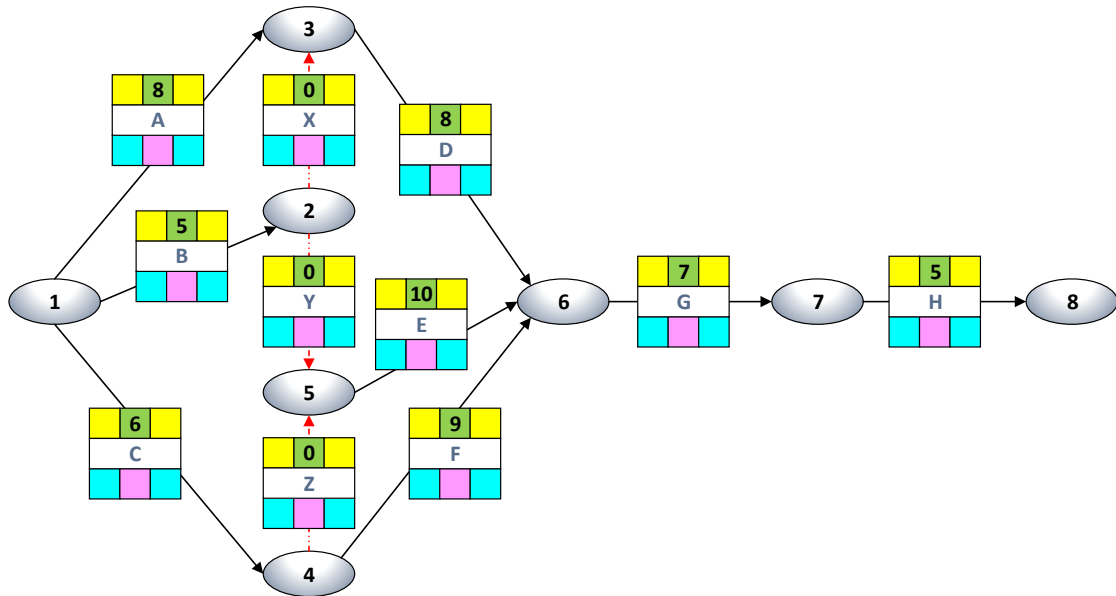
- A_{ij} (Activity ij) η δραστηριότητα με κόμβο αρχής τον κόμβο i και κόμβο πέρατος τον κόμβο j .
- T_{ij} διάρκεια της δραστηριότητας A_{ij} σε χρονικές μονάδες.
- ES_{ij} η ενωρίτερη έναρξη της δραστηριότητας A_{ij} .
- EF_{ij} το ενωρίτερο πέρας της δραστηριότητας A_{ij} .
- LS_{ij} η βραδύτερη έναρξη της δραστηριότητας A_{ij} .
- LF_{ij} το βραδύτερο πέρας της δραστηριότητας A_{ij} .
- TS_{ij} το ολικό χρονικό περιθώριο της δραστηριότητας A_{ij} .

Οι παραπάνω συμβολισμοί ενσωματώνονται στο σχήμα που ακολουθεί και που θα παριστάνει κάθε κόμβο της μεθόδου CPM

ES_{ij}	T_{ij}	EF_{ij}
A_{ij}		
LS_{ij}	TS_{ij}	LF_{ij}

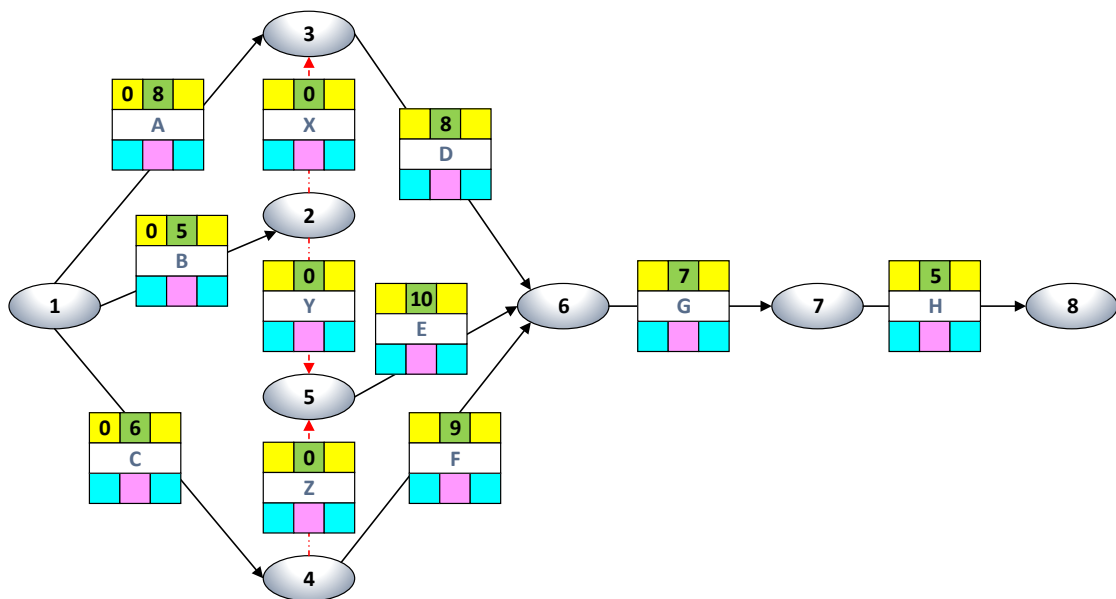
8.6.2. Επίλυση δικτυωτού γραφήματος δραστηριοτήτων

Η επίλυση του δικτυωτού γραφήματος με βάση το χρονικό προσδιορισμό των δραστηριοτήτων γίνεται σε δύο φάσεις. Στην 1^η φάση επιλύουμε το δίκτυο κινούμενοι προς τα εμπρός από τον κόμβο αρχής προς τον κόμβο πέρατος ακολουθώντας την ροή των βελών των δραστηριοτήτων. Στη 2^η φάση κινούμαστε αντίθετα από τον κόμβο πέρατος προς τον κόμβο της αρχής καλύπτοντας το δίκτυο με φορά αντίθετη των βελών των δραστηριοτήτων. Οι πράξεις που εκτελούμε στην 1^η φάση ονομάζονται πάλι ομόρροπος υπολογισμός ενώ στη 2^η φάση αντίρροπος υπολογισμός. Θεωρούμε το δίκτυο του προηγούμενου παραδείγματος.



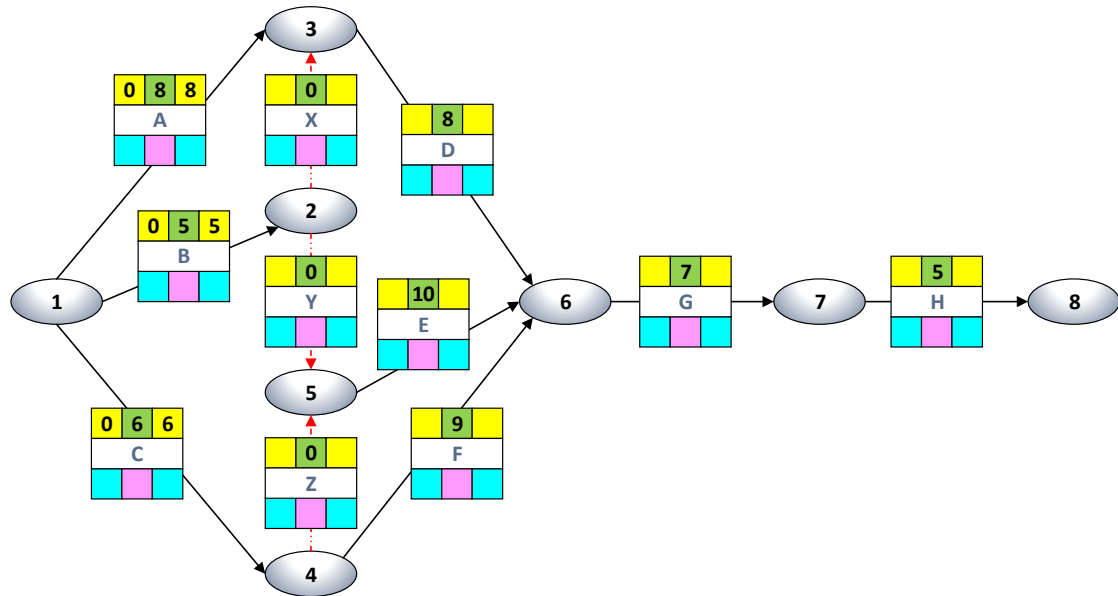
8.6.3. Ομόρροπος υπολογισμός

Ο ενωρίτερος χρόνος έναρξης των αρχικών δραστηριοτήτων αντιστοιχεί στη χρονική στιγμή 0.

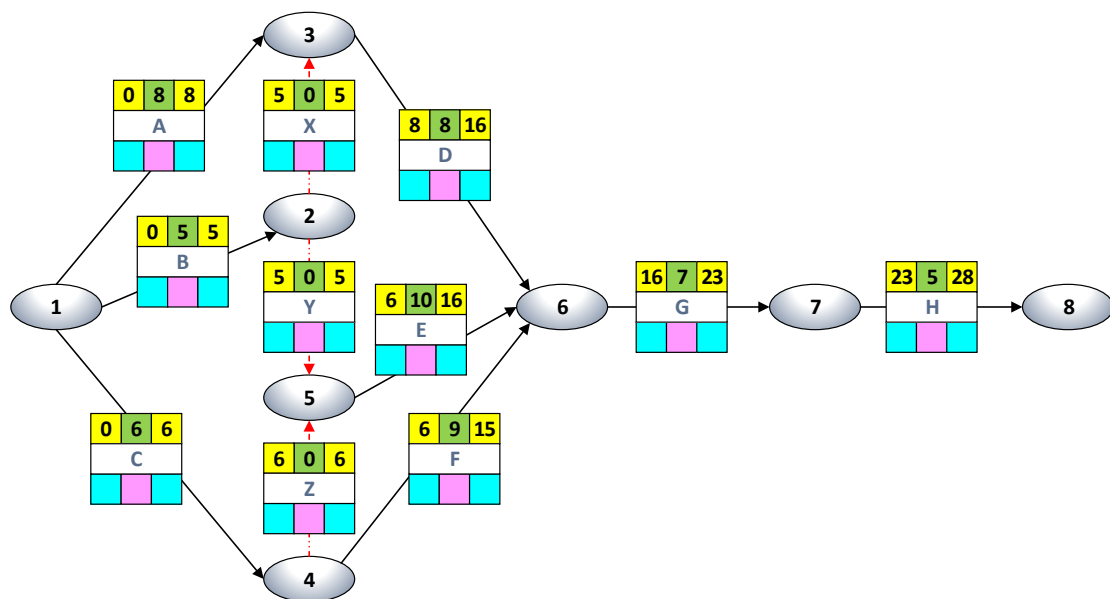


Υπολογίζουμε τους ενωρίτερος χρόνους πέρατος κάθε δραστηριότητας από τον τύπο:

$$EF_{ij} = ES_{ij} + T_{ij}$$



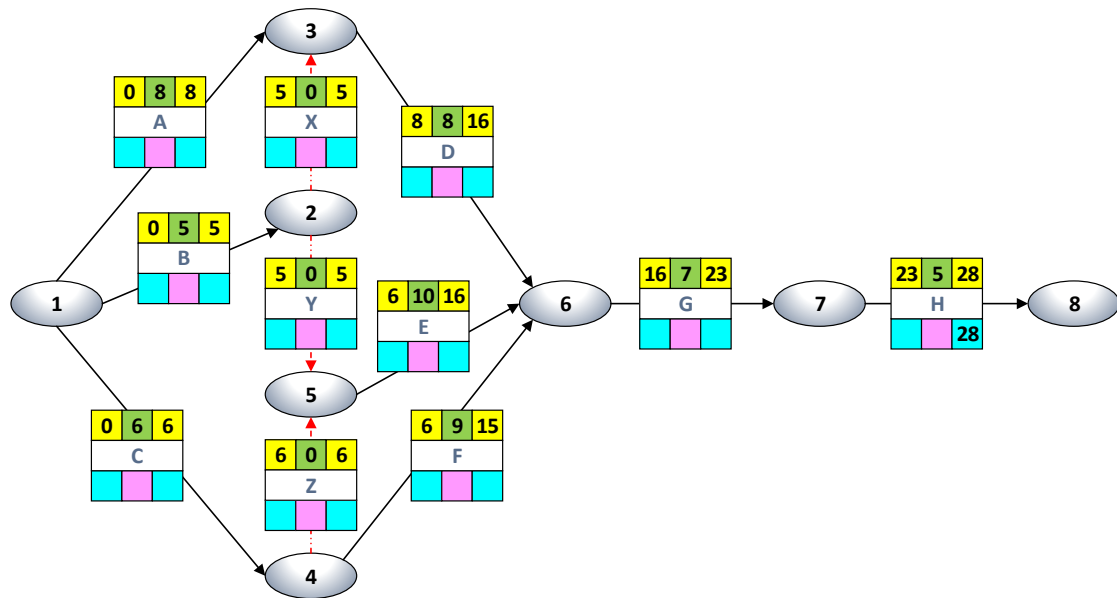
Ο ενωρίτερος χρόνος έναρξης μιας δραστηριότητας ισούται με τον μεγαλύτερο από τους ενωρίτερους χρόνους πέρατος των δραστηριοτήτων που άμεσα προηγούνται αυτής της



δραστηριότητας.

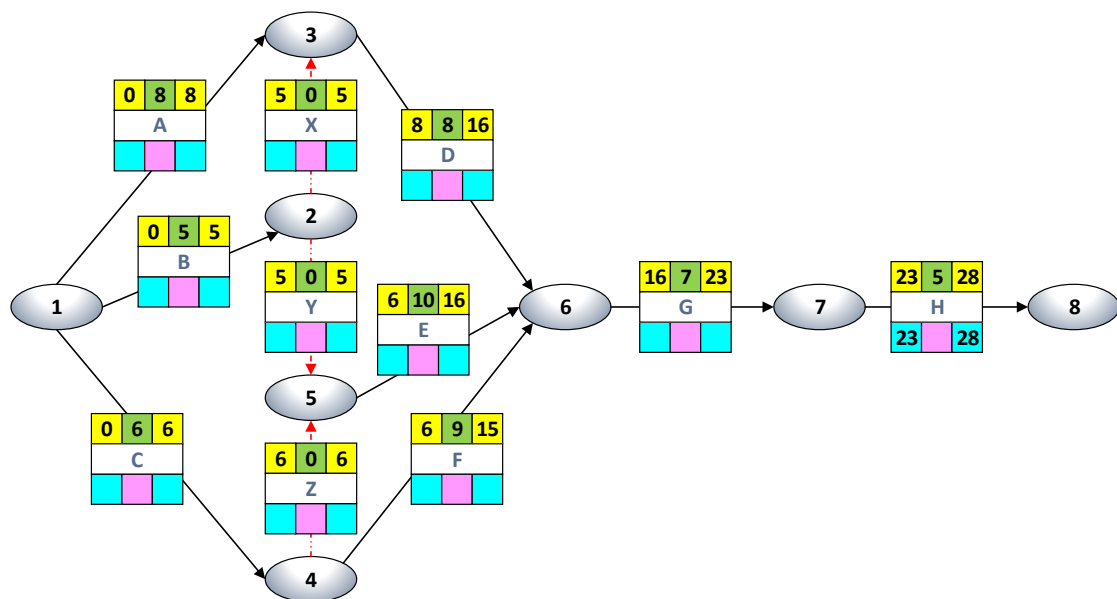
8.6.4. Αντίρροπος υπολογισμός

Ο βραδύτερος χρόνος πέρατος της τελικής δραστηριότητας εξισώνεται με τον ενωρίτερο χρόνο πέρατός της.



Υπολογίζουμε τους βραδύτερους χρόνους έναρξης από τον τύπο:

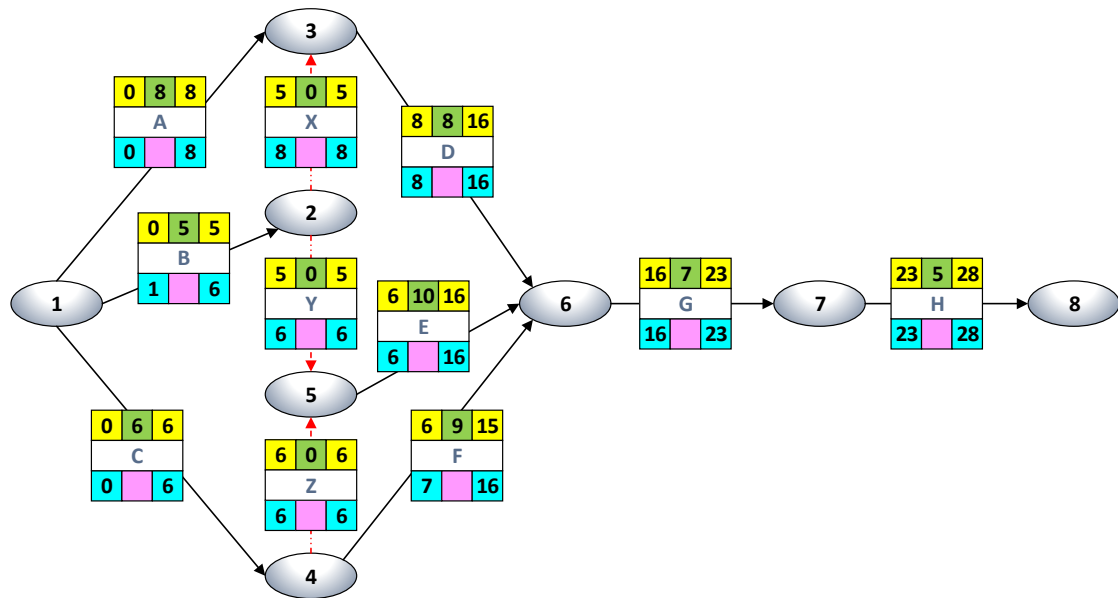
$$LS_{ij} = LF_{ij} - T_{ij}$$



Ο βραδύτερος χρόνος πέρατος μιας δραστηριότητας ισούται με τον μικρότερο από τους βραδύτερους χρόνους έναρξης των δραστηριοτήτων που άμεσα έπονται αυτής της δραστηριότητας. Στην περίπτωση που της δραστηριότητας A_{ij} έπονται περισσότερες της μιας δραστηριότητες, ονομάζουμε R_j το σύνολο των δεικτών ώστε αν $l \in R_j$ να ισχύει ότι η δραστηριότητα A_{jl} είναι επόμενη της A_{ij} . Επομένως ισχύει ο τύπος υπολογισμού:

$$LF_{ij} = \min_{l \in R_j} LS_{jl}$$

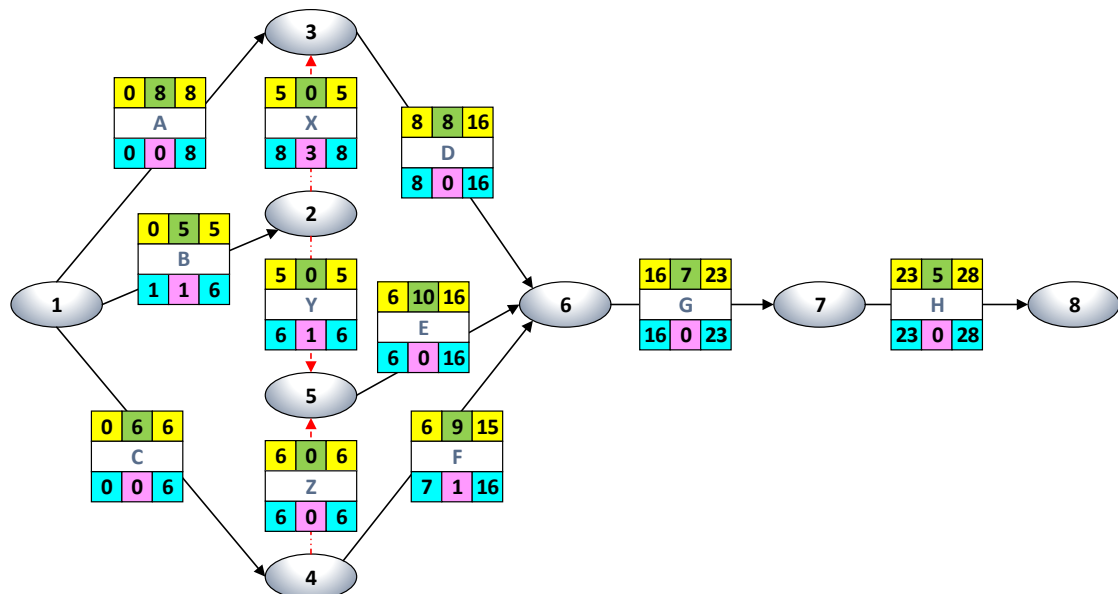
Κάνοντας βάσει των ανωτέρω τύπων τους αντίρροπους υπολογισμούς υπολογίζουμε τους βραδύτερους χρόνους πέρατος και έναρξης για όλες τις δραστηριότητες του δικτύου.



8.6.5. Υπολογισμός των ολικών χρονικών περιθωρίων TS_{ij}

Υπολογίζουμε τα ολικά χρονικά περιθώρια των δραστηριοτήτων αφαιρώντας για κάθε δραστηριότητα από τον βραδύτερο χρόνο πέρατός της τον ενωρίτερο χρόνο πέρατός της (ή ισοδύναμα από τον βραδύτερο χρόνο έναρξής της τον ενωρίτερο χρόνο έναρξής της), σύμφωνα με τον τύπο:

$$TS_{ij} = LS_{ij} - ES_{ij} = LF_{ij} - EF_{ij}$$



8.6.6. Κρίσιμες διαδρομές

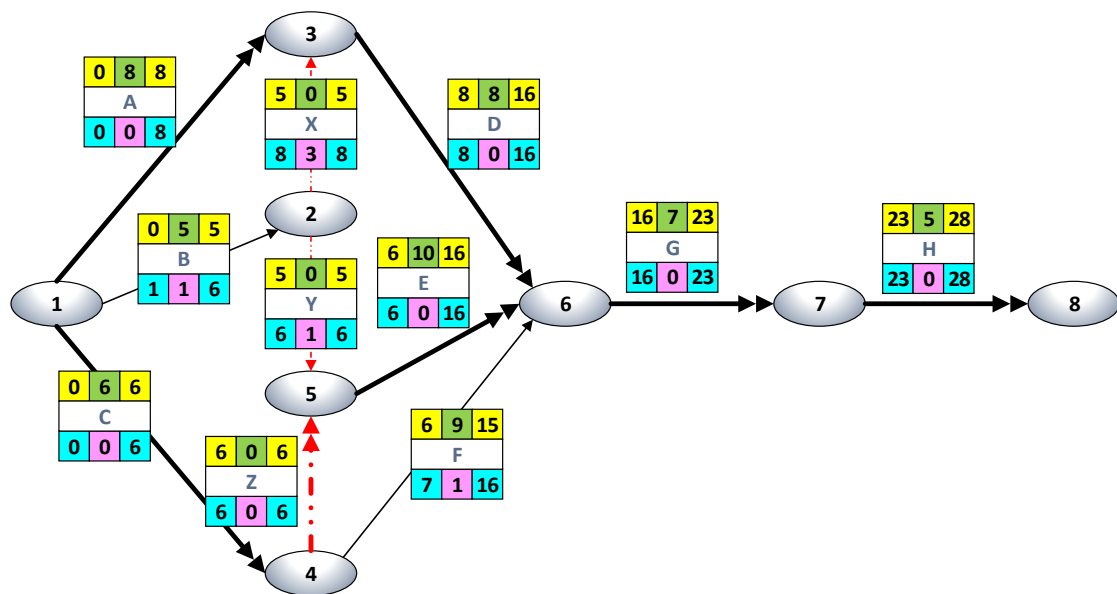
Το μεγαλύτερο μονοπάτι ενός δικτύου, με την έννοια ότι έχει το μεγαλύτερο μήκος δηλαδή το μεγαλύτερο άθροισμα των χρόνων των δραστηριοτήτων που το σχηματίζουν είναι το κρίσιμο μονοπάτι ή η κρίσιμη διαδρομή (critical path) του δικτύου. Είναι δυνατόν να υπάρχουν περισσότερα του ενός κρίσιμα μονοπάτια στη περίπτωση που αυτά έχουν το ίδιο μέγιστο μήκος.

Η κατασκευή της κρίσιμης διαδρομής γίνεται με το να ξεκινήσουμε από τον κόμβο της αρχής και να κατευθυνθούμε στον κόμβο τέλους χρησιμοποιώντας μόνο δραστηριότητες με μηδενικό ολικό χρονικό περιθώριο που μπορεί να είναι πραγματικές ή κάποιες από αυτές και πλασματικές.

Στο παράδειγμα μας οι δραστηριότητες $A \rightarrow D \rightarrow G \rightarrow H$ δημιουργούν μια κρίσιμη διαδρομή με μέγιστο μήκος $T_{total} = 8 + 8 + 7 + 5 = 28$

Ακόμη οι δραστηριότητες $C \rightarrow Z \rightarrow E \rightarrow G \rightarrow H$ δημιουργούν επίσης μια κρίσιμη διαδρομή με μέγιστο μήκος $T_{total} = 6 + 0 + 10 + 7 + 5 = 28$

Επομένως η διάρκεια του έργου και με αυτή τη μέθοδο προέκυψε ότι είναι 28 χρονικές μονάδες.



8.6.7. Διάγραμμα Gantt με βάση τους ενωρίτερους χρόνους έναρξης

Για μια δραστηριότητα A_{ij} με διάρκεια T_{ij} με βραδύτερο χρόνο πέρατος LF_{ij} και ενωρίτερο χρόνο πέρατος EF_{ij} και βραδύτερο χρόνο έναρξης LS_{ij} και ενωρίτερο χρόνο έναρξης ES_{ij} υπολογίζουμε το ολικό χρονικό περιθώριο TS_{ij} από τον τύπο:

$$TS_{ij} = LS_{ij} - ES_{ij} = LF_{ij} - EF_{ij}$$

και το ελεύθερο χρονικό περιθώριο FTS_{ij} από τον τύπο:

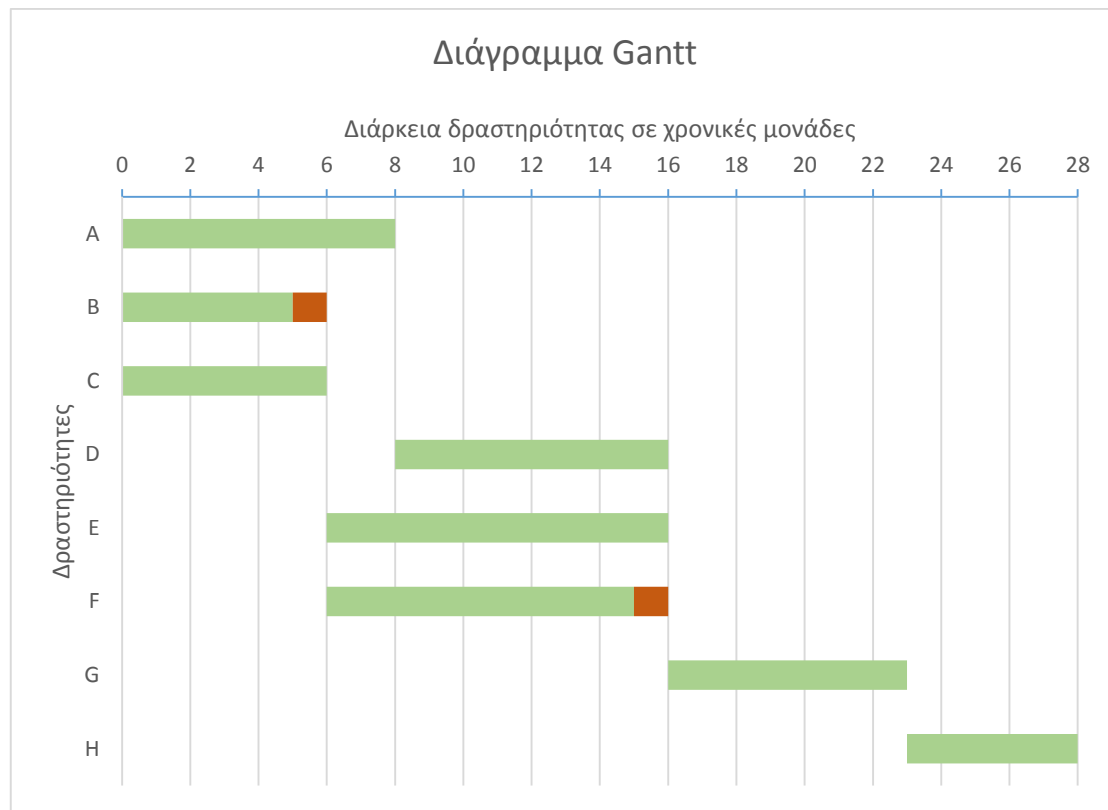
$$FTS_{ij} = \min_{jk \in K} ES_{jk} - EF_{ij}$$

όπου K το σύνολο των δραστηριοτήτων που ξεκινούν από τον κόμβο πέρατος j της δραστηριότητας ij .

Από τους ανωτέρω τύπους και βάσει της επίλυσης του δικτυωτού γραφήματος με την 2^η μέθοδο CPM που προηγήθηκε, σχηματίζουμε τον πίνακα που ακολουθεί με τους χρόνους που αντιστοιχούν στην κάθε δραστηριότητα.

Δραστηριότητες	Διάρκεια	ES	EF	LS	LF	TS	FTS
A	8	0	8	0	8	0	0
B	5	0	5	1	6	1	0
C	6	0	6	0	6	0	0
X	0	5	5	8	8	3	3
Y	0	5	5	6	6	1	1
Z	0	6	6	6	6	0	0
D	8	8	16	8	16	0	0
E	10	6	16	6	16	0	0
F	9	6	15	7	16	1	1
G	7	16	23	16	23	0	0
H	5	23	28	23	28	0	0

Στη συνέχεια δημιουργούμε το διάγραμμα Gantt με βάση τους ενωρίτερους χρόνους έναρξης των δραστηριοτήτων.



8.7. Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα της μεθόδου CPM

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της CPM που συνέβαλαν και στην ταχύτερη καθιέρωσή της είναι (i) ότι δίνει μία παραστατική και εύληπτη εποπτεία της αλληλουχίας μεταξύ των κόμβων και των δραστηριοτήτων ενός έργου, αλλά κυρίως (ii) η απλή επίλυση της.

Η CPM παρουσιάζει όμως, όχι αμελητέα μειονεκτήματα όπως το γεγονός ότι είναι χρονοβόρος ο σχεδιασμός του δικτύου και ότι κάθε δραστηριότητα θεωρείται ότι έχει σταθερή (αμετάβλητη) διάρκεια. Η CPM κατηγορείται από πολλούς ότι για εφαρμογές στο σύγχρονο επιχειρηματικό περιβάλλον υστερεί στις σχέσεις αλληλουχίας των δραστηριοτήτων που μπορεί να αναπαραστήσει μια και αυτές είναι μόνο απλές δραστηριότητες της μορφής “η A δραστηριότητα προηγείται και η B δραστηριότητα έπεται”. Ο μόνος τρόπος να αναπαραστήσουμε σχέση αλληλουχίας της μορφής “η δραστηριότητα B μπορεί να αρχίσει 10 χρονικές μονάδες μετά την δραστηριότητα A” είναι με τη χρήση πλασματικών δραστηριοτήτων που όμως κάνει το δίκτυο πολύ πολύπλοκο.

9 Η μέθοδος των κατά κόμβο προσανατολισμένων δικτύων (Μέθοδος MPM)

9.1. Εισαγωγή

Η μέθοδος των κατά κόμβο προσανατολισμένων δικτύων (Μέθοδος MPM, Metra Potential Method ή PDM, Precedence Diagram Method), αντλεί την αφετηρία της από τη μέθοδο που χρησιμοποίησε η Γαλλική επιχείρηση ηλεκτρισμού στα έργα εξηλεκτρισμού της Γαλλίας τη δεκαετία του 50 και από έρευνα που έγινε την ίδια χρονική περίοδο στο πανεπιστήμιο Stanford της Καλιφόρνιας των ΗΠΑ. Παρουσίαζε μεγαλύτερο υπολογιστικό βάρος σε σχέση με άλλες μεθόδους όπως η CPM για αυτό καθυστέρησε η καθιέρωσή της. Ένας άλλος λόγος που η CPM έμοιαζε να επικρατεί μέχρι την δεκαετία του 80 ήταν επειδή γινόταν ευρεία χρήση της από τους κυβερνητικούς μηχανισμούς των ΗΠΑ. Με την εξέλιξη όμως της υπολογιστικής ισχύος των υπολογιστών από την δεκαετία του 90 η MPM κερδίζει συνεχώς έδαφος. Όλα τα μεγάλα έργα στην ελληνική επικράτεια τις τελευταίες δύο δεκαετίες, όπως η Εγνατία οδός, Αττικό μετρό, αεροδρόμιο Ελ. Βενιζέλου των Σπάτων, έργα φυσικού αερίου κλπ., έχουν σχεδιαστεί με τη μέθοδο MPM.

Η MPM αναπαριστά ένα έργο με ένα δικτυωτό γράφημα όπου αυτή τη φορά οι κόμβοι δεν αναπαριστούν γεγονότα αλλά δραστηριότητες. Οι σχέσεις αλληλουχίας μεταξύ των διαδοχικών δραστηριοτήτων παριστάνονται με διανύσματα (προσανατολισμένα ευθύγραμμα τμήματα) τα βέλη.

Στη συνέχεια θα ασχοληθούμε με τα είδη των σχέσεων αλληλουχίας, τους κανόνες σχεδιασμού ενός δικτυακού γραφήματος MPM, την επίλυση του MPM, τον ορισμό των χρονικών περιθωρίων και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της μεθόδου.

9.2. Σχέσεις αλληλουχίας στη μέθοδο MPM

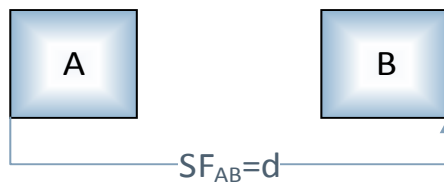
Όπως αφήσαμε να εννοηθεί παραπάνω αντί να έχουμε ως μοναδική σχέση αλληλουχίας τη σχέση προηγούμενη \rightarrow επόμενη δραστηριότητα, έχουμε τέσσερις διακριτές σχέσεις αλληλουχίας:

- i. **SS** (start start) σχέση Αρχής - Αρχής.



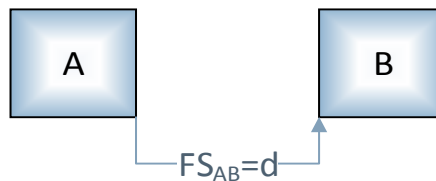
Οι δραστηριότητες A και B συνδέονται με σχέση Αρχής - Αρχής (SS_{AB}) όταν και μόνο όταν η δραστηριότητα B, είναι δυνατόν να ξεκινήσει d χρονικές μονάδες μετά την έναρξη της δραστηριότητας A.

- ii. *SF* (start finish) σχέση Αρχής - Τέλους.



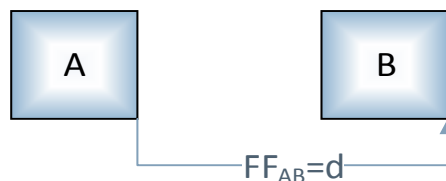
Οι δραστηριότητες A και B συνδέονται με σχέση Αρχής - Τέλους (SF_{AB}) όταν και μόνο όταν η δραστηριότητα B, είναι δυνατόν να τελειώσει d χρονικές μονάδες μετά την έναρξη της δραστηριότητας A.

- iii. *FS* (finish start) σχέση Τέλους - Αρχής



Οι δραστηριότητες A και B συνδέονται με σχέση Τέλους - Αρχής (FS_{AB}) όταν και μόνο όταν η δραστηριότητα B, είναι δυνατόν να αρχίσει d χρονικές μονάδες μετά το τέλος της δραστηριότητας A.

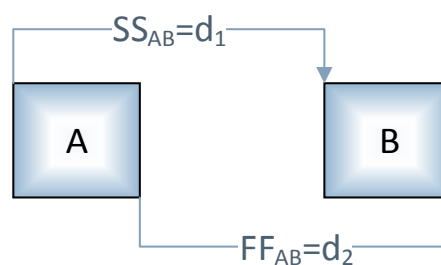
- iv. *FF* (finish finish) σχέση Τέλους - Τέλους



Οι δραστηριότητες A και B συνδέονται με σχέση Τέλους - Τέλους (FF_{AB}) όταν και μόνο όταν η δραστηριότητα B, είναι δυνατόν να τελειώσει d χρονικές μονάδες μετά το τέλος της δραστηριότητας A.

- v. Σύνθετες σχέσεις μεταξύ δραστηριοτήτων

Στην μέθοδο MPM δύο δραστηριότητες είναι δυνατόν να συνδέονται με περισσότερες από μία σχέσεις αλληλουχίας και αυτό άλλωστε είναι ένα από τα σημαντικά πλεονεκτήματα της MPM. Στο σχήμα που ακολουθεί η δραστηριότητες A και B συνδέονται τόσο με σχέση Αρχής - Αρχής όσο και με σχέση Τέλους - Τέλους.



Η δραστηριότητα B μπορεί να αρχίσει d_1 χρονικές μονάδες μετά την αρχή της δραστηριότητας A και συγχρόνως μπορεί να τελειώσει μόνο d_2 χρονικές μονάδες μετά το τέλος της δραστηριότητας A.

9.3. Κανόνες Σχεδιασμού δικτύου MPM

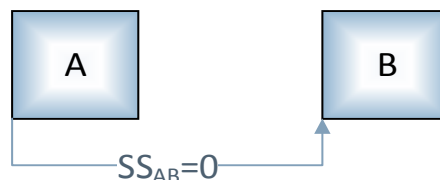
Ο σχεδιασμός των δικτύων MPM βασίζεται σε ένα αριθμό κανόνων που θα πρέπει να ικανοποιούνται σε κάθε δίκτυο.

1. Κάθε δίκτυο MPM έχει μόνο μία αρχή και μόνο ένα τέλος.
2. Ένα δίκτυο MPM σχεδιάζεται από αριστερά προς τα δεξιά.
3. Οι δραστηριότητες συμβολίζονται με κόμβους και οι σχέσεις αλληλουχίας μεταξύ των δραστηριοτήτων με προσανατολισμένα ευθύγραμμα τμήματα τα βέλη.
4. Το σχήμα κάθε κόμβου (κύκλος, έλλειψη, παραλληλόγραμμο) και το μήκος κάθε βέλους δεν μας παρέχουν κάποια συγκεκριμένη πληροφορία και υπαγορεύονται μόνο από τις σχεδιαστικές ανάγκες του γραφήματος.
5. Δεν μπορούμε να έχουμε κλειστούς βρόχους (loops) σε ένα δικτυωτό γράφημα MPM.
6. Δεν επιτρέπονται ανεξάρτητες δραστηριότητες. Δηλαδή δεν υπάρχουν στο MPM δραστηριότητες χωρίς επόμενη εκτός από αυτές που είναι τελικές δραστηριότητες ενός έργου.
7. Δεν επιτρέπονται ανεξάρτητες σχέσεις αλληλουχίας που να μην συνδέονται και στα δύο τους άκρα με δραστηριότητες ενός έργου.
8. Οι συμβολισμοί των γεγονότων και των δραστηριοτήτων είναι μοναδικοί σε κάθε δίκτυο MPM.
9. Είναι δυνατή η χρήση τεχνητών δραστηριοτήτων αναμονής, πλασματικών δραστηριοτήτων και ορόσημων δραστηριοτήτων.

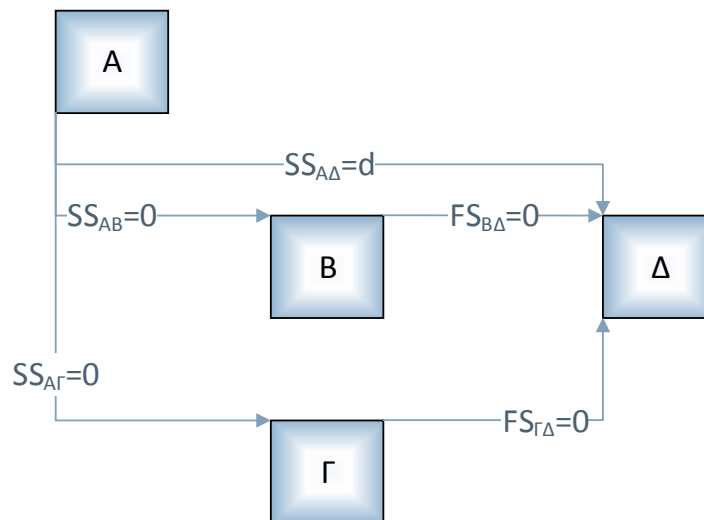
Οι κανόνες αυτοί είναι σημαντικά λιγότεροι και απλούστεροι από τους κανόνες των δικτύων CPM λόγω της μειωμένης χρήσης πλασματικών δραστηριοτήτων και στην εγγενή δυνατότητα που έχει η MPM να παριστάνει σύνθετες σχέσεις αλληλουχίας δραστηριοτήτων.

10. Εξετάζουμε την αντιμετώπιση μη επιτρεπτών σχέσεων στα δίκτυα MPM όπως είχαμε κάνει αντίστοιχα για τα δίκτυα CPM στην παράγραφο 8.2 (16)

- i. Η περίπτωση παράλληλων δραστηριοτήτων A και B δεν απαιτεί εισαγωγή πλασματικού κόμβου όπως στο 8.2 (16 i) αλλά παριστάνεται

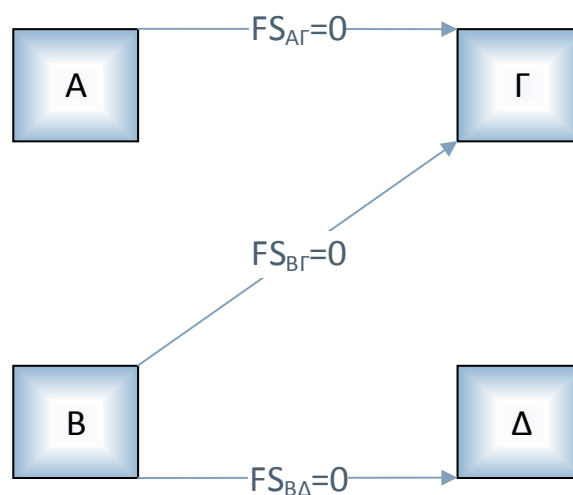


- ii. Στη περίπτωση μιας δραστηριότητας Δ που έπεται της B , της Γ και μέρους της A , όπου A , B , Γ είναι αρχικές δραστηριότητες (περίπτωση που είχαμε συναντήσει στην 8.2 (16 ii και iii)), δημιουργούμε χωρίς χρήση πλασματικών δραστηριοτήτων το παρακάτω δικτυωτό γράφημα MPM.

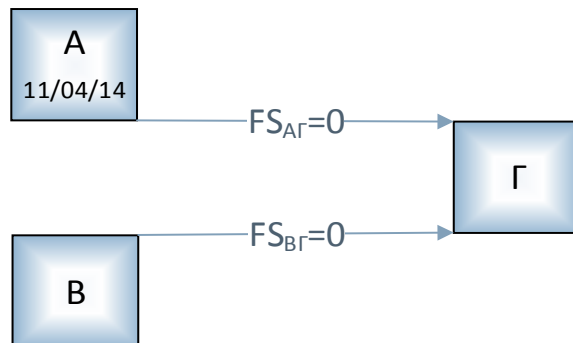


Η δραστηριότητα A θεωρείται αρχική δραστηριότητα. Με τις σχέσεις $S_{AB} = 0$ $S_{A\Gamma} = 0$ υποχρεώνουμε τις δραστηριότητες B και Γ να ξεκινούν μαζί με την A . Η σχέση $SS_{A\Delta} = d$ εξασφαλίζει ότι η Δ θα ξεκινήσει d χρονικές μονάδες μετά την A δηλαδή ότι είναι επόμενη μέρους της A . Οι σχέσεις $FS_{A\Delta} = FS_{\Gamma\Delta} = 0$ εξασφαλίζουν ότι η Δ είναι επόμενη δραστηριότητα των B και Γ . Δεν ήταν απαραίτητη η εισαγωγή ούτε πρόσθετων γεγονότων ούτε πρόσθετων δραστηριοτήτων.

- iii. Στην περίπτωση ενός τμήματος δικτυωτού γραφήματος με τέσσερις δραστηριότητες A , B , Γ , Δ , όπου η δραστηριότητα Γ έπεται της A και B ενώ η δραστηριότητα Δ μόνο της B (περίπτωση 8.2 (16 iv)), το γράφημα παριστάνεται ως εξής:



- iv. Θεωρούμε ένα τμήμα δικτύου όπου καμία από τις δραστηριότητες A,B δεν είναι αρχική. Η δραστηριότητα Γ έπεται των A και B υπάρχει όμως ορόσημο για την δραστηριότητα A να έχει ολοκληρωθεί μέχρι την “11/04/14”. Το δίκτυο MPM είναι.

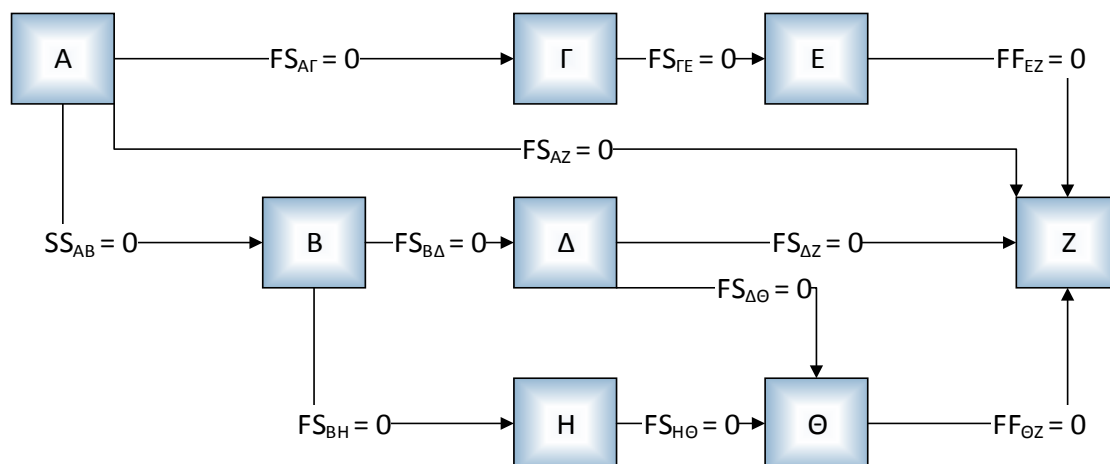


Διαπιστώνουμε ότι δεν απαιτήθηκε χρήση πλασματικής δραστηριότητας όπως χρειάστηκε στη μέθοδο CPM.

- v. Ας θεωρήσουμε το παράδειγμα της αλληλουχίας σχέσεων που φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί (ίδιο με το παράδειγμα της 8.2 (16 vi)):

Δραστηριότητα	Επόμενη Δραστηριότητα
A	Γ, Z
B	Δ, Η
Δ	Z, Θ
Η	Θ
Γ	Ε

Δημιουργούμε το ακόλουθο δικτυωτό γράφημα MPM:



Το δικτυωτό γράφημα MPM δεν απαιτήσε την προσθήκη πλασματικών δραστηριοτήτων. Όλες οι σχέσεις αλληλουχίας ήταν της μορφής τέλους αρχής με τη σχέση $SS_{AB} = 0$ εξασφαλίστηκε ότι η B είναι αρχική δραστηριότητα. Οι δραστηριότητες Θ, Ε είναι τελικές δραστηριότητες, ως εκ τούτου θέσαμε

$$FF_{\Theta Z} = FF_{EZ} = 0$$

9.4. Συμβολισμοί

Όπως αναφέραμε στην μέθοδο MPM οι κόμβοι παριστάνουν δραστηριότητες. Παρουσιάζουμε στη συνέχεια τους συμβολισμούς που θα χρησιμοποιήσουμε.

A		T_A
ES_A	EF_A	TS_A
LS_A	LF_A	FTS_A

- A: Όνομα δραστηριότητας
- T_A : Χρονική διάρκεια της δραστηριότητας “A”
- ES_A : Ενωρίτερη έναρξη της δραστηριότητας “A”
- EF_A : Ενωρίτερη ολοκλήρωση της δραστηριότητας “A”
- LS_A : Αργότερη έναρξη της δραστηριότητας “A”
- LF_A : Αργότερη ολοκλήρωση της δραστηριότητας “A”
- TS_A : Ολικό χρονικό περιθώριο της δραστηριότητας “A”
- FTS_A : Ελεύθερο χρονικό περιθώριο της δραστηριότητας “A”

9.5. Επίλυση δικτυωτού γραφήματος MPM

Και στη μέθοδο MPM η επίλυση του δικτυωτού γραφήματος γίνεται σε δύο φάσεις τον ομόρροπο και τον αντίρροπο υπολογισμό.

9.5.1. 1^η φάση (ομόρροπος υπολογισμός)

Ξεκινώντας από το κόμβο της αρχής δηλαδή την αρχική δραστηριότητα κινούμαστε από αριστερά προς τα δεξιά, δηλαδή κατά την φορά των βελών με κατεύθυνση προς τον κόμβο τέλους, δηλαδή την τελική δραστηριότητα. Σε κάθε βήμα υπολογίζουμε τους ενωρίτερους χρόνους έναρξης και λήξης μιας δραστηριότητας βάση των κανόνων που ακολουθούν:

a. Κανόνας 1^{ος}

Η ενωρίτερη έναρξη της δραστηριότητας της αρχής αντιστοιχεί στη χρονική στιγμή 0.

$$ES_{Aρχ} = 0$$

Η ενωρίτερη ολοκλήρωση της δραστηριότητας της αρχής αντιστοιχεί στη χρονική στιγμή $T_{Aρχ}$.

$$EF_{Aρχ} = ES_{Aρχ} + T_{Aρχ} = 0 + T_{Aρχ} = T_{Aρχ}$$

b. Κανόνες 2^{ος}

1^η Περίπτωση: Όταν οι δραστηριότητες A και B συνδέονται μεταξύ τους με μία σχέση αλληλουχίας που έχει μία από τις μορφές SS_{AB} , SF_{AB} , FS_{AB} , FF_{AB} τότε για να μπορέσουμε να υπολογίσουμε τους ενωρίτερους χρόνους της δραστηριότητας B χρησιμοποιούμε ανάλογα με τη δοσμένη σχέση αλληλουχίας τους τύπους:

$$ES_B = ES_A + SS_{AB}$$

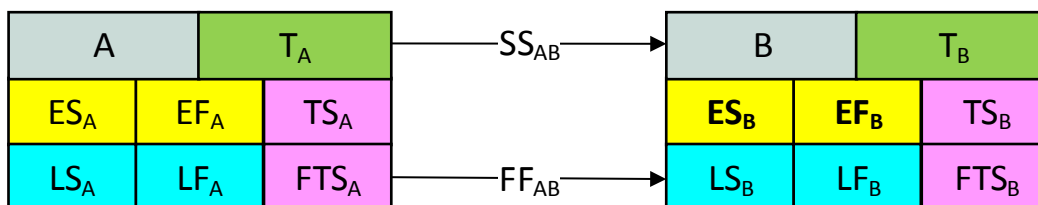
$$ES_B = ES_A + SF_{AB} - T_B$$

$$ES_B = EF_A + FS_{AB}$$

$$ES_B = EF_A + FF_{AB} - T_B$$



2^η Περίπτωση: Πολλές φορές δύο διαδοχικές δραστηριότητες A, B συνδέονται με περισσότερες σχέσεις αλληλουχίας, π.χ. μας δίνονται τα SS_{AB} και FF_{AB} όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί:



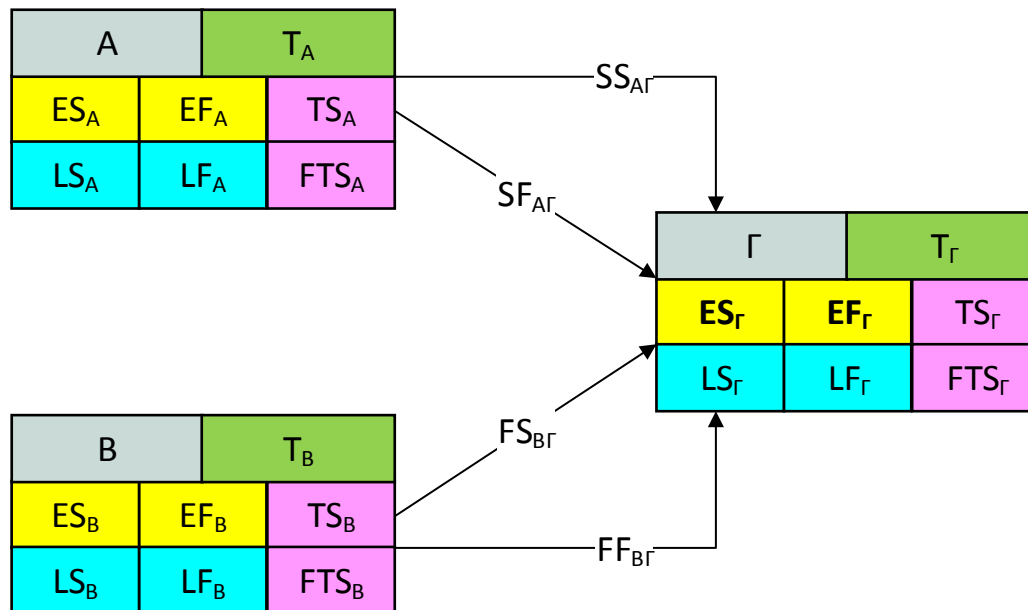
Σε αυτή την περίπτωση υπολογίζουμε χωριστά από κάθε σχέση αλληλουχίας το ES_B και επιλέγουμε το μεγαλύτερο, δηλαδή:

$$ES_B = ES_A + SS_{AB}$$

$$ES_B = EF_A + FF_{AB} - T_B$$

$$ES_B = \max\{ES_A + SS_{AB}, EF_A + FF_{AB} - T_B\}$$

3^η Περίπτωση: Μια δραστηριότητα Γ έχει παραπάνω από μία προηγούμενες δραστηριότητες π.χ. A, B και με την επιπλέον δυσκολία ότι συνδέεται με αυτές με πολλαπλές σχέσεις αλληλουχίας όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί:



Το ES_{Γ} προκύπτει ως το μέγιστο αποτέλεσμα απ' όλες τις σχέσεις αλληλουχίας που δίνονται.

$$ES_{\Gamma} = \max\{ES_A + SS_{A\Gamma}, ES_A + SF_{A\Gamma} - T_{\Gamma}, EF_B + FS_{B\Gamma}, EF_B + FF_{B\Gamma} - T_{\Gamma}\}$$

Αφού έχουμε υπολογίσει το ES_{Γ} της επόμενης δραστηριότητας το EF_{Γ} σε κάθε περίπτωση προκύπτει από τον τύπο:

$$EF_{\Gamma} = ES_{\Gamma} + T_{\Gamma}$$

9.5.2. 2^η φάση (αντίρροπος υπολογισμός)

Ξεκινώντας από το κόμβο του τέλους δηλαδή την τελική δραστηριότητα κινούμαστε από δεξιά προς τα αριστερά, δηλαδή κατά την αντίθετη φορά των βελών με κατεύθυνση προς τον κόμβο της αρχής, δηλαδή την αρχική δραστηριότητα. Σε κάθε βήμα υπολογίζουμε τους βραδύτερους χρόνους έναρξης και λήξης μιας δραστηριότητας βάση των κανόνων που ακολουθούν:

a. Κανόνας 1^{ος}

Η βραδύτερη ολοκλήρωση της δραστηριότητας του τέλους αντιστοιχεί στη χρονική στιγμή $EF_{T_{\epsilon\lambda}}$.

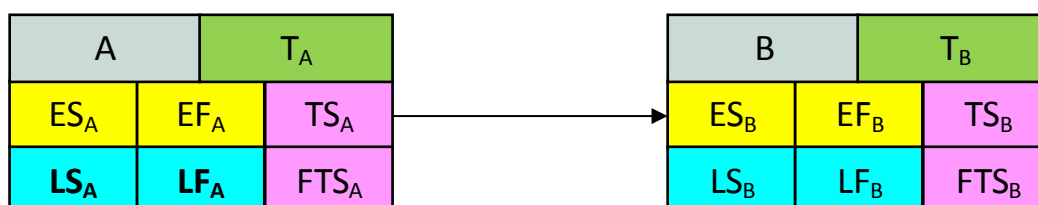
$$LF_{T_{\epsilon\lambda}} = EF_{T_{\epsilon\lambda}}$$

Η βραδύτερη έναρξη της δραστηριότητας του τέλους υπολογίζεται από τον τύπο:

$$LS_{T_{\epsilon\lambda}} = LF_{T_{\epsilon\lambda}} - T_{T_{\epsilon\lambda}} = EF_{T_{\epsilon\lambda}} - T_{T_{\epsilon\lambda}}$$

b. Κανόνας 2^{ος}

1^η Περίπτωση: Όταν οι δραστηριότητες A και B συνδέονται μεταξύ τους με μία σχέση αλληλουχίας που έχει μία από τις μορφές $SS_{AB}, SF_{AB}, FS_{AB}, FF_{AB}$ τότε για να μπορέσουμε να



υπολογίσουμε τους βραδύτερους χρόνους της δραστηριότητας A χρησιμοποιούμε ανάλογα με τη δοσμένη σχέση αλληλουχίας τους τύπους:

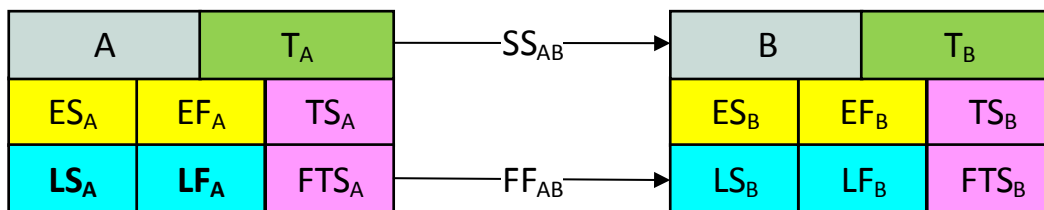
$$LF_A = LS_B - SS_{AB} + T_A$$

$$LF_A = LF_B - SF_{AB} + T_A$$

$$LF_A = LS_B - FS_{AB}$$

$$LF_A = LF_B - FF_{AB}$$

2^η Περίπτωση: Πολλές φορές δύο διαδοχικές δραστηριότητες A, B συνδέονται με περισσότερες σχέσεις αλληλουχίας, π.χ. μας δίνονται τα SS_{AB} και FF_{AB} όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί:



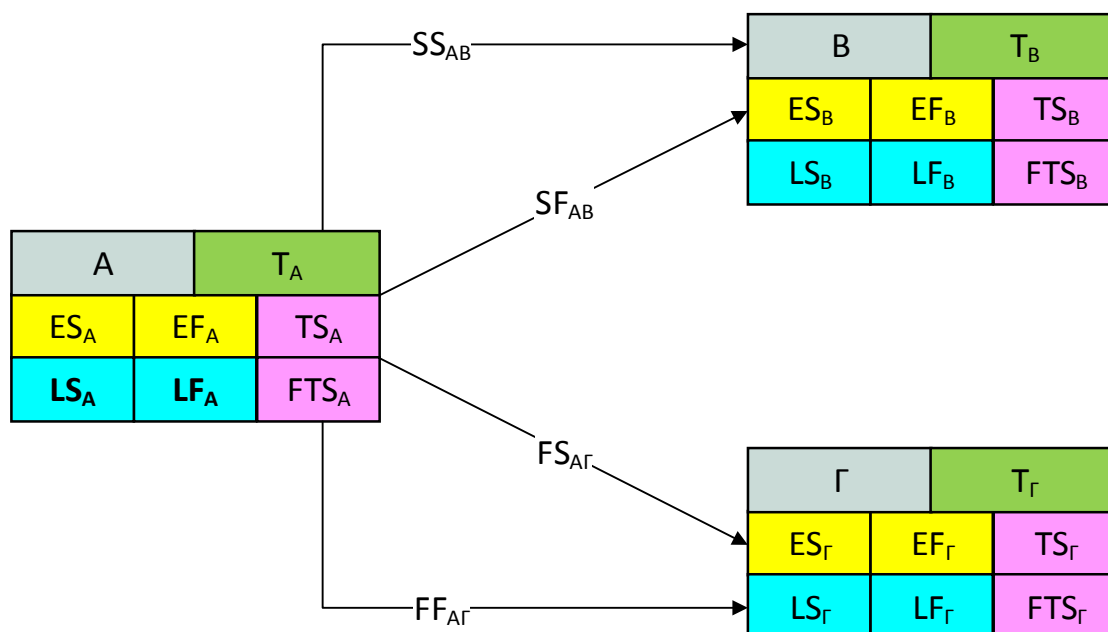
Σε αυτή την περίπτωση υπολογίζουμε χωριστά από κάθε σχέση αλληλουχίας το LF_A και επιλέγουμε το μικρότερο, δηλαδή:

$$LF_A = LS_B - SS_{AB} + T_A$$

$$LF_A = LF_B - FF_{AB}$$

$$LF_A = \min\{LS_B - SS_{AB} + T_A, LF_B - FF_{AB}\}$$

3^η Περίπτωση: Μια δραστηριότητα A έχει παραπάνω από μία επόμενες δραστηριότητες π.χ. B, Γ και με την επιπλέον δυσκολία ότι συνδέεται με αυτές με πολλαπλές σχέσεις αλληλουχίας όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί:



Το LF_A προκύπτει ως το ελάχιστο αποτέλεσμα απ' όλες τις σχέσεις αλληλουχίας που δίνονται.

$$LF_A = \min\{LS_B - SS_{AB} + T_A, LF_B - SF_{AB} + T_A, LS_\Gamma - FS_{A\Gamma}, LF_\Gamma - FF_{A\Gamma}\}$$

Αφού έχουμε υπολογίσει το LF_A της προηγούμενης δραστηριότητας το LS_A σε κάθε περίπτωση προκύπτει από τον τύπο:

$$LS_A = LF_A - T_A$$

9.5.3. Υπολογισμός των ολικών χρονικών περιθωρίων TS_A

Όπως και στην μέθοδο CPM χρησιμοποιούμε τα χρονικά περιθώρια των δραστηριοτήτων ως περιθώρια για τη χρονική ασφάλεια του έργου και για τον ορθολογικό υπολογισμό των μέσων παραγωγής.

- **TS_A ολικό χρονικό περιθώριο της δραστηριότητας A.**

Υπολογίζουμε τα ολικά χρονικά περιθώρια μιας δραστηριότητας αφαιρώντας για κάθε δραστηριότητα από τον βραδύτερο χρόνο πέρατός της τον ενωρίτερο χρόνο πέρατός της ή ισοδύναμα αφαιρώντας από τον βραδύτερο χρόνο έναρξής της τον ενωρίτερο χρόνο έναρξής της, σύμφωνα με τον τύπο:

$$TS_A = LF_A - EF_A = LS_A - ES_A$$

Όπως το ολικό χρονικό περιθώριο μιας δραστηριότητας καθορίζει το χρονικό διάστημα κατά το οποίο μπορεί να καθυστερήσει η ολοκλήρωση της δραστηριότητας χωρίς να προκαλέσει καθυστέρηση στη συνολική διάρκεια του έργου.

- **FTS_A ελεύθερο χρονικό περιθώριο της δραστηριότητας A.**

Είναι το χρονικό διάστημα κατά το οποίο μπορεί να καθυστερήσει η ολοκλήρωση της δραστηριότητας A χωρίς να προκληθεί καθυστέρηση στους καθορισμένους χρόνους έναρξης των επόμενων δραστηριοτήτων.

$$FTS_A = \min_{j \in K} (ES_j - ES_A - SS_{Aj}, EF_j - ES_A - SF_{Aj}, ES_j - EF_A - FS_{Aj}, EF_j - EF_A - FF_{Aj})$$

όπου K το σύνολο των επόμενων δραστηριοτήτων της A.

- **ITS_A ανεξάρτητο χρονικό περιθώριο της δραστηριότητας A**

Είναι το χρονικό διάστημα που έχει μια δραστηριότητα A όταν όλες οι προηγούμενες δραστηριότητες ολοκληρωθούν το βραδύτερο δυνατό και όλες οι επόμενες δραστηριότητες αρχίσουν το ενωρίτερο δυνατό.

$$ITS_A = \min_{j \in K} (ES_j - LS_A - SS_{Aj}, EF_j - LS_A - SF_{Aj}, ES_j - LF_A - FS_{Aj}, EF_j - LF_A - FF_{Aj})$$

όπου K το σύνολο των επόμενων δραστηριοτήτων της A.

- **Σχέση μεταξύ χρονικών περιθωρίων μιας δραστηριότητας**

Για τα χρονικά περιθώρια κάθε δραστηριότητας ισχύει η διάταξη ότι το ολικό χρονικό περιθώριο της είναι μεγαλύτερο ή ίσο από το ελεύθερο χρονικό περιθώριο της, το οποίο με τη σειρά του είναι πάντα μεγαλύτερο ή ίσο από το ανεξάρτητο χρονικό περιθώριο της. Δηλαδή για τα χρονικά περιθώρια μιας δραστηριότητας ισχύει πάντα η ανίσωση:

$$TS_A \geq FTS_A \geq ITS_A$$

Στη περίπτωση που το ολικό χρονικό περιθώριο μιας δραστηριότητας είναι ίσο με μηδέν τότε υποχρεωτικά και το ελεύθερο χρονικό περιθώριο όπως και το ανεξάρτητο χρονικό περιθώριο της είναι μηδέν.

Σε μια απλή ακολουθία δραστηριοτήτων όλες οι δραστηριότητες έχουν ίσο ολικό χρονικό περιθώριο. Ακόμα όλες εκτός από την τελευταία έχουν μηδενικό ελεύθερο χρονικό περιθώριο. Ακόμα αν μια από τις δραστηριότητες της απλής ακολουθίας καθυστερήσει και καταναλώσει μέρος του ολικού χρονικού περιθωρίου της τότε για όλες τις επόμενες δραστηριότητες μειώνεται κατά το αντίστοιχο ποσό το ολικό χρονικό περιθώριό τους.

Ονομάζουμε **κρίσιμες δραστηριότητες** εκείνες των οποίων το ολικό χρονικό περιθώριο είναι ίσο με μηδέν.

Ονομάζουμε **κρίσιμη διαδρομή** μια ακολουθία κρίσιμων δραστηριοτήτων που ξεκινάει από την δραστηριότητα (κόμβο) αρχής του έργου και καταλήγει στην δραστηριότητα (κόμβο) τέλος του έργου.

Στη περίπτωση που υπάρξει καθυστέρηση σε μια από τις κρίσιμες δραστηριότητες τότε προκαλείται καθυστέρηση στο συνολικό έργο. Σε κάθε δικτυωτό γράφημα με οποιαδήποτε μέθοδο και εάν αυτό επιλύεται υπάρχει τουλάχιστον μία κρίσιμη διαδρομή.

9.6. Εφαρμογή της μεθόδου MPM

Θα εφαρμόσουμε την MPM μέθοδο σε ένα παράδειγμα με δέκα δραστηριότητες με διαφορετικές διάρκειες και διαφοροποίηση στις σχέσεις αλληλουχίας μεταξύ τους. Τα δεδομένα του προβλήματος φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

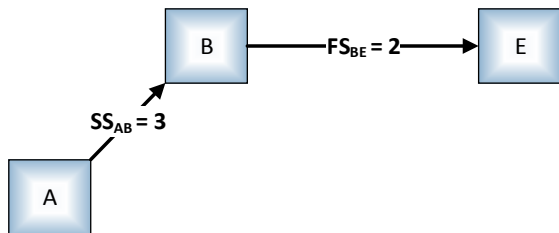
Δραστηριότητα	Προηγούμενες	Διάρκεια
A	-	3
B	$SS_{AB} = 3$	3
C	$FS_{AC} = 0$	4
D	$FS_{AD} = 1$	5
E	$FS_{BE} = 2$	2
F	$SS_{CF} = 7$	4
G	$FF_{DG} = 5$	2
H	$FF_{FH} = 4$ $FS_{DH} = 5$	3
K	$SF_{EK} = 9$ $FS_{GK} = 3$	2
L	$FS_{GL} = 4$ $FF_{KL} = 2$ $FS_{HL} = 4$	2

9.6.1. Σχεδιασμός του δικτύου

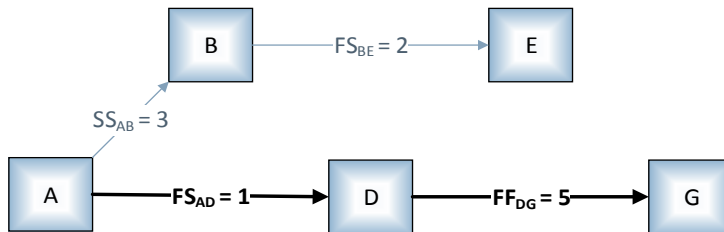
Το δίκτυο θα σχεδιαστεί από αριστερά προς τα δεξιά. Αρχικά εντοπίζουμε την αρχική ή τις αρχικές δραστηριότητες. Επειδή δεν υπάρχει δραστηριότητα που να έχει ως επόμενη την Α, η Α είναι η μοναδική αρχική δραστηριότητα.



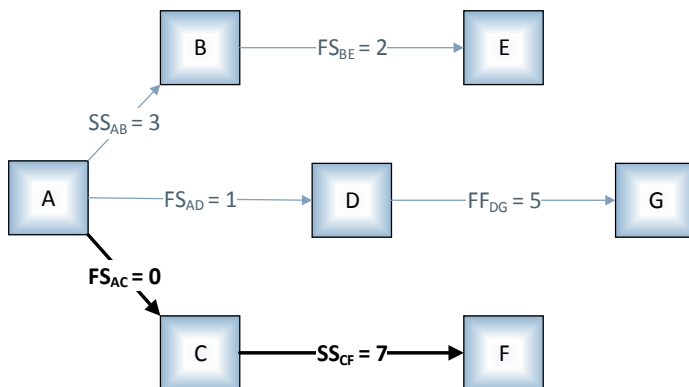
Η δραστηριότητα Β έπεται της Α, ενώ η δραστηριότητα Ε έπεται της Β.



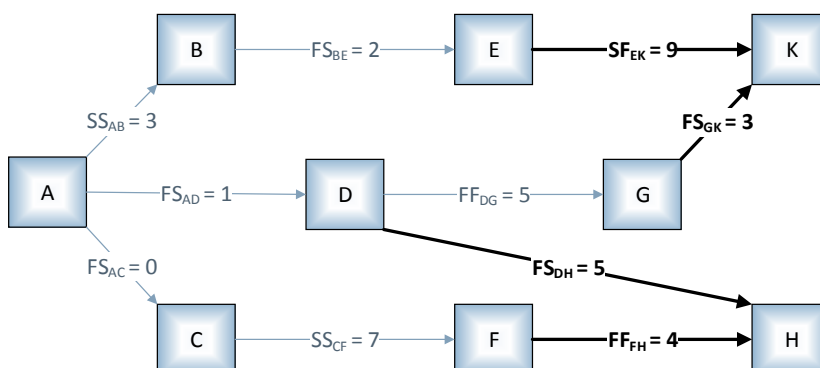
Η δραστηριότητα D έπεται της Α, ενώ η G έπεται της D.



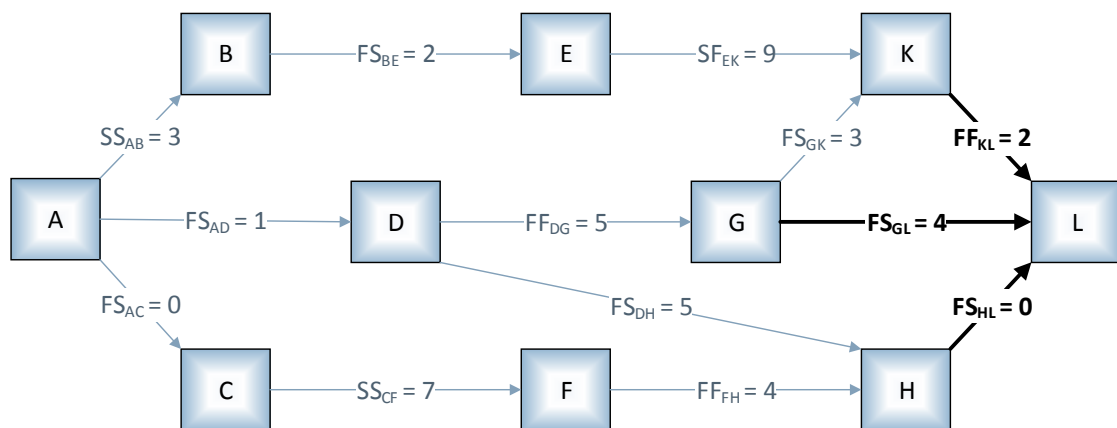
Η δραστηριότητα C έπεται της Α και η δραστηριότητα F έπεται της C.



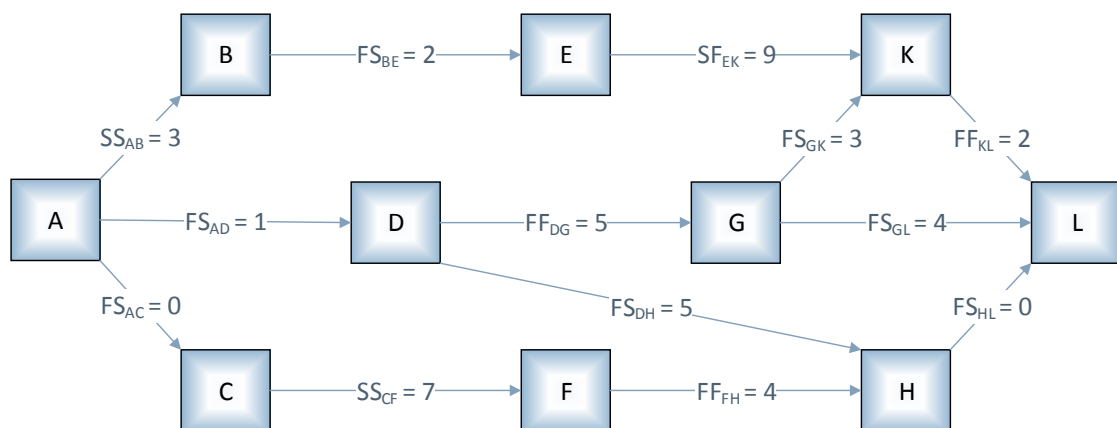
Η δραστηριότητα της Κ έπεται των Ε και G, ενώ η δραστηριότητα Η έπεται των D και F.



Η δραστηριότητα L έπεται των H, G και K.

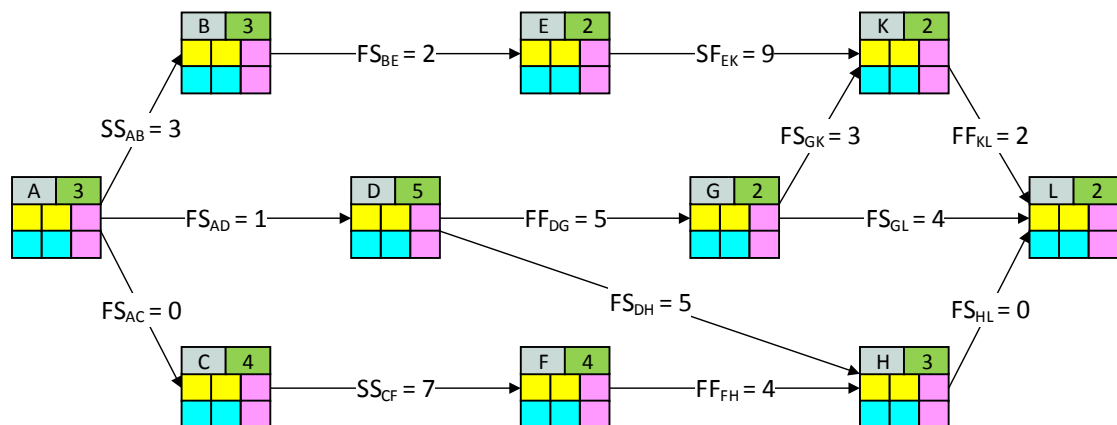


Η δραστηριότητα L είναι η δραστηριότητα τέλους του έργου.



9.6.2. Επίλυση δικτυωτού γραφήματος MPM

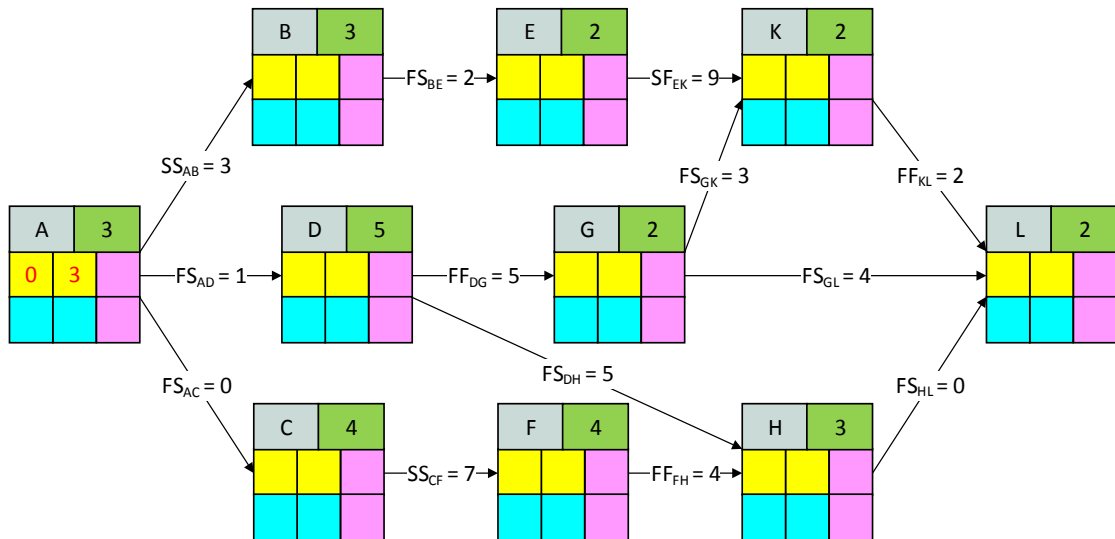
Χρησιμοποιώντας τους συμβολισμούς της παραγράφου 9.4 το δικτυωτό γράφημα παριστάνεται ως ακολούθως.



Θα εκτελέσουμε πάλι τις δύο φάσεις υπολογισμών, τον ομόρροπο υπολογισμό από αριστερά προς τα δεξιά και τον αντίρροπο υπολογισμό από δεξιά προς τα αριστερά.

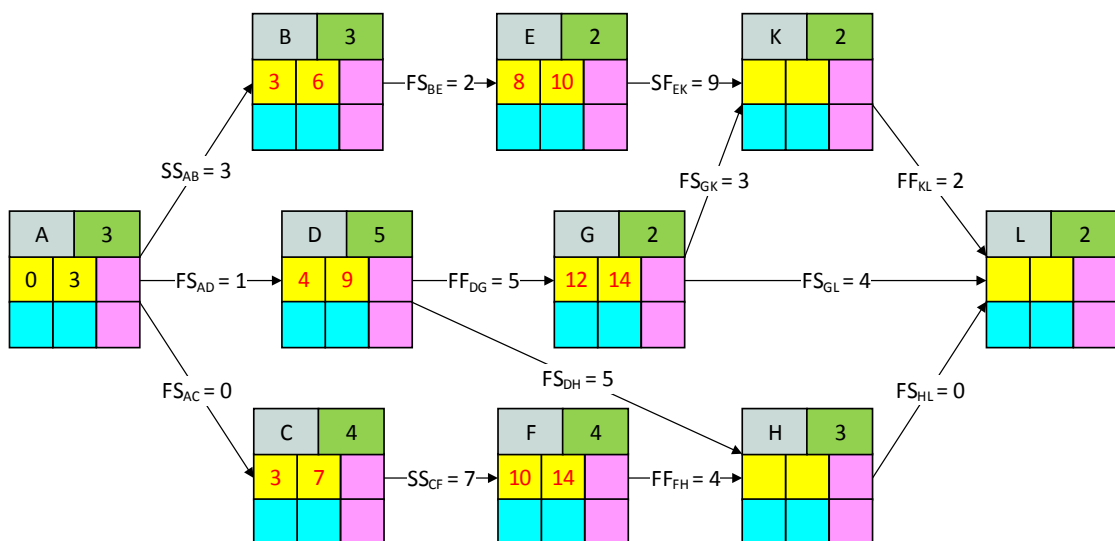
9.6.3. Ομόρροπος υπολογισμός δικτύου MPM

Περνάμε στην 1^η φάση, τον ομόρροπο υπολογισμό. Αρχίζουμε με τον κανόνα για τους ενωρίτερους χρόνους της δραστηριότητας της αρχής.



Συνεχίζουμε με τους ομόρροπους υπολογισμούς για τις δραστηριότητες B, C, D, E, F, G οι οποίες έχουν όλες μόνο μία προηγούμενη δραστηριότητα. Για παράδειγμα:

$$\begin{aligned}
 ES_B &= ES_A + SS_{AB} = 0 + 3 = 3 \\
 ES_C &= EF_A + FS_{AC} = 3 + 0 = 3 \\
 ES_D &= EF_A + FS_{AD} = 3 + 1 = 4 \\
 ES_E &= EF_B + FS_{BE} = 6 + 2 = 8 \\
 ES_F &= ES_C + SS_{CF} = 3 + 7 = 10 \\
 ES_G &= EF_D + FF_{DG} - T_G = 9 + 5 - 2 = 12
 \end{aligned}$$



Στη συνέχεια για κάθε δραστηριότητα υπολογίζουμε:

$$EF_B = ES_B + T_B = 3 + 3 = 6$$

$$EF_C = ES_C + T_C = 3 + 4 = 7$$

Η δραστηριότητα Η είναι επόμενη της D αλλά και της F, επομένως:

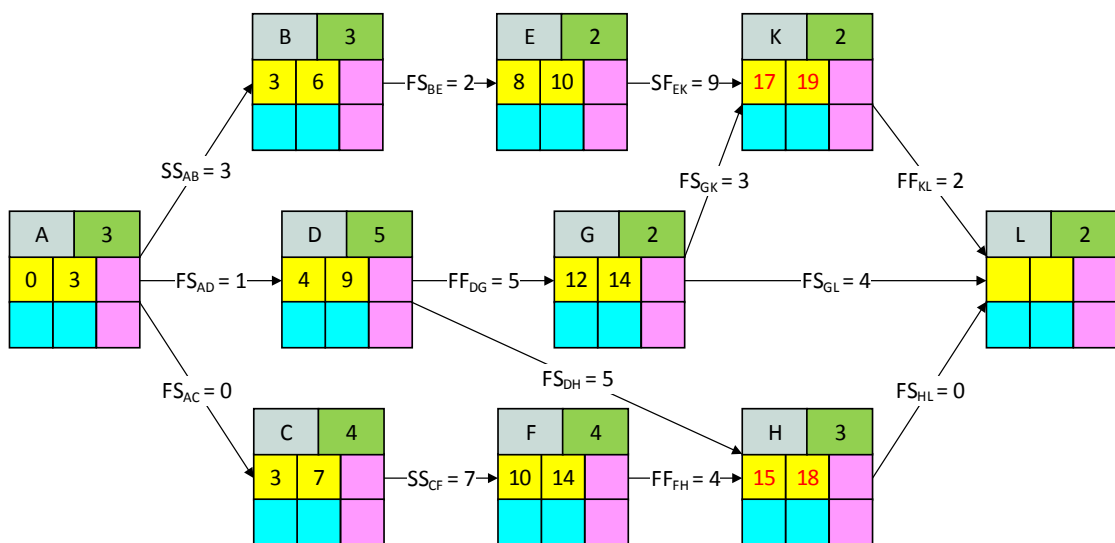
$$ES_H = \max(EF_D + FS_{DH}, EF_F + FF_{FH} - T_H) = \max(9 + 5, 14 + 4 - 3) = 15$$

$$ES_K = \max(ES_E + SF_{EK} - T_K, EF_G + FS_{GK}) = \max(8 + 9 - 2, 14 + 3) = 17$$

και στη συνέχεια

$$EF_K = ES_K + T_K = 17 + 2 = 19$$

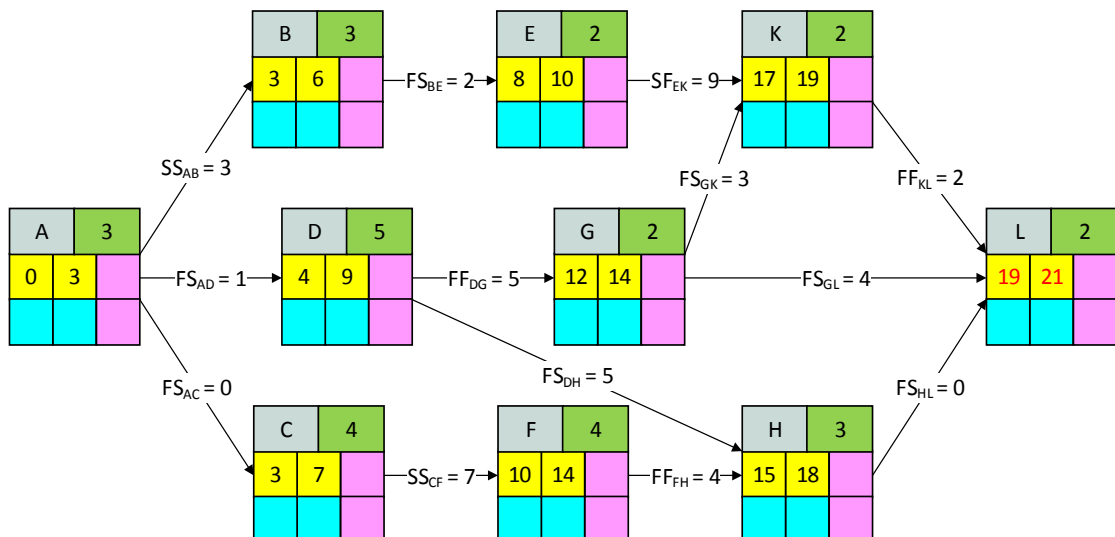
$$EF_H = ES_H + T_H = 15 + 3 = 18$$



Για την τελική δραστηριότητα L έχουμε ότι είναι επόμενη τριών δραστηριοτήτων των K, G, H. Άρα:

$$ES_L = \max\{EF_K + FF_{KL} - T_L, EF_G + FS_{GL}, EF_H + FS_{HL}\} = \max\{19, 18, 18\} = 19$$

$$EF_L = ES_L + T_L = 19 + 2 = 21$$

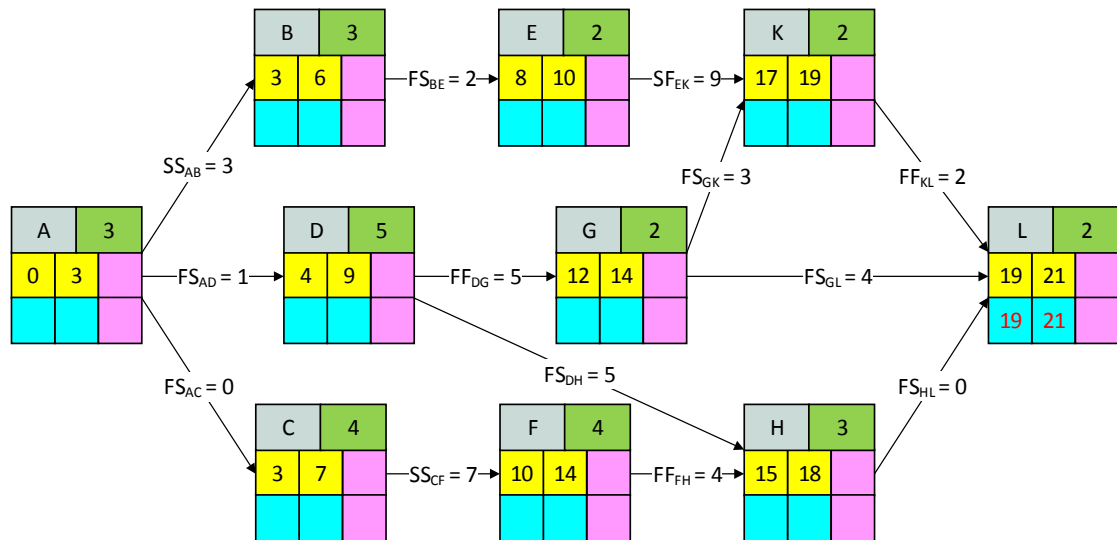


9.6.4. Αντίρροπος υπολογισμός δικτύου MPM

Υπολογίζουμε τους βραδύτερους χρόνους της τελικής δραστηριότητας (κόμβος τέλους).

$$LF_K = EF_K = 21$$

$$LS_K = LF_K - T_K = 21 - 2 = 19$$

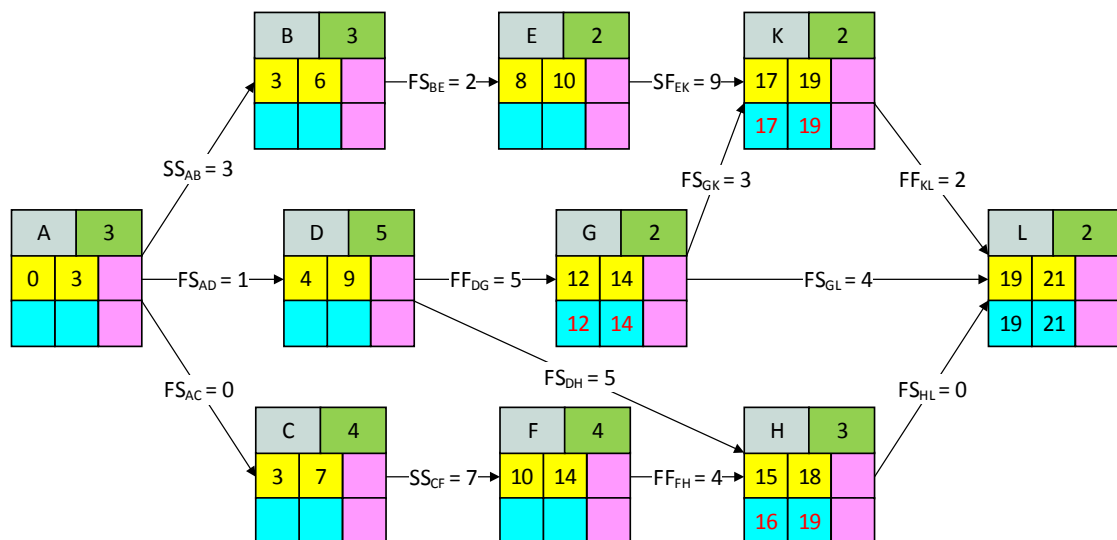


Εκτελούμε τους αντίρροπους υπολογισμούς για τις δραστηριότητες K, H που έχουν από μία επόμενη δραστηριότητα, αλλά και για τη δραστηριότητα G που έχει δύο επόμενες δραστηριότητες.

$$LF_K = LF_L - FF_{KL} = 21 - 2 = 19$$

$$LF_H = LS_L - FS_{HL} = 19 - 0 = 19$$

$$LF_G = \min\{LS_K - FS_{GK}, LS_L - FS_{GL}\} = \min\{17 - 3, 19 - 4\} = 14$$



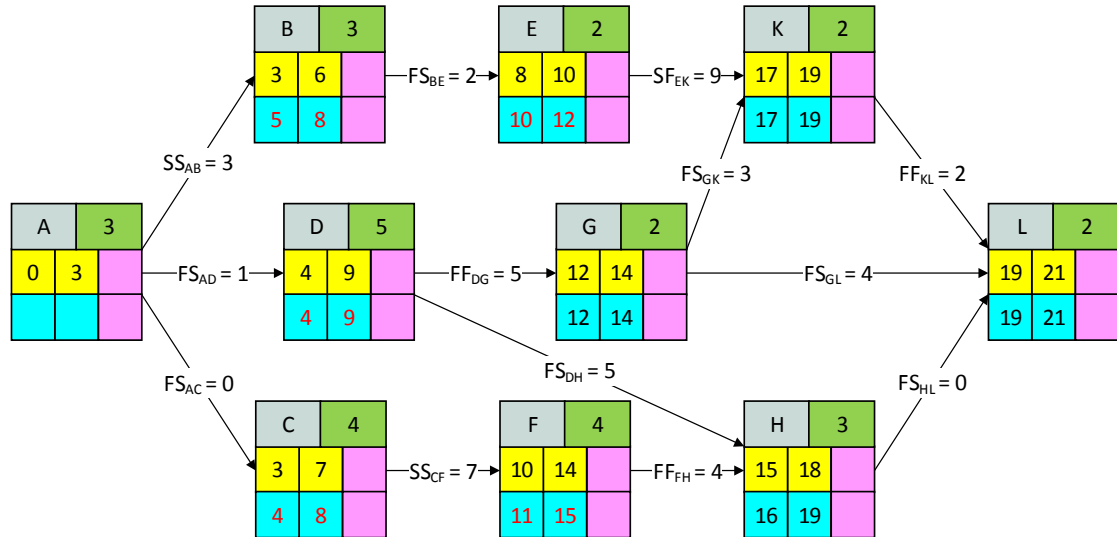
Στη συνέχεια υπολογίζουμε για τις K, H, G τους βραδύτερους χρόνους έναρξης

$$LS_K = LF_K - T_K = 19 - 2 = 17$$

$$LS_H = LF_H - T_H = 19 - 3 = 16$$

$$LS_G = LF_G - T_G = 14 - 2 = 12$$

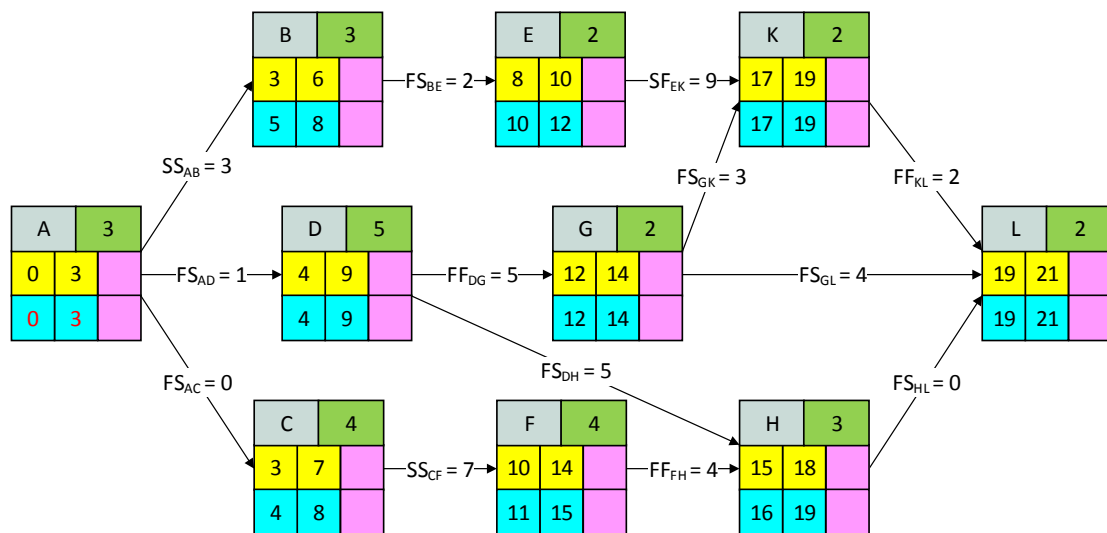
Ανάλογα υπολογίζουμε τους χρόνους των δραστηριοτήτων F, E, D, C, B.



Τέλος υπολογίζουμε τους βραδύτερους χρόνους έναρξης και ολοκλήρωσης της αρχικής δραστηριότητας A.

$$LF_A = \min\{LS_B - SS_{AB} + T_A, LS_D - FS_{AD}, LS_C - FS_{AC}\} = \min\{5, 3, 4\} = 3$$

$$LS_A = LF_A - T_A = 3 - 3 = 0$$



9.6.5. Υπολογισμός των ολικών χρονικών περιθωρίων

Για κάθε δραστηριότητα χωριστά (ανεξαρτήτως σειράς) υπολογίζουμε το ολικό χρονικό περιθώριό της από τον τύπο:

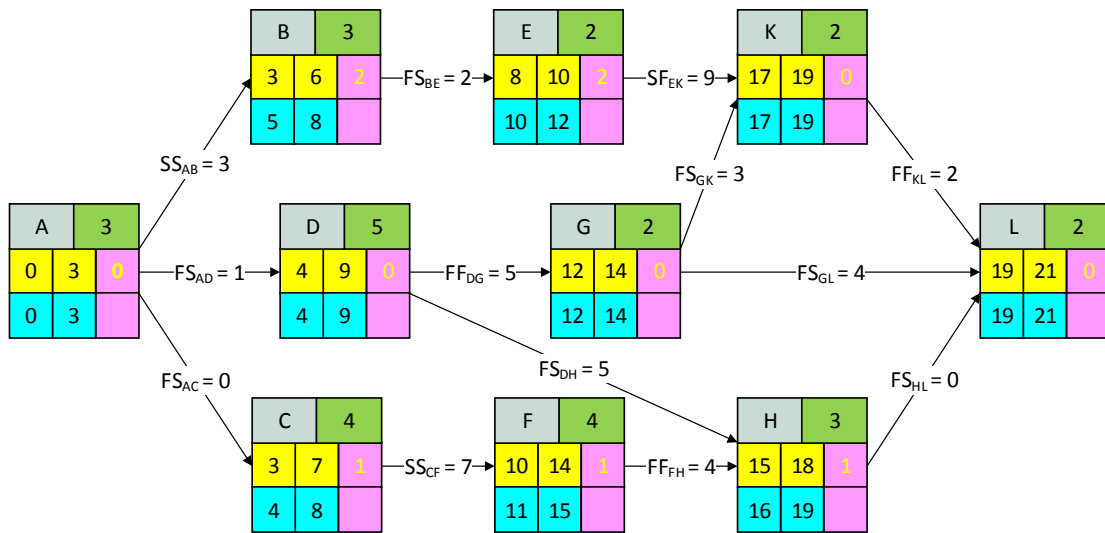
$$TS_A = LF_A - EF_A = LS_A - ES_A$$

Για παράδειγμα:

$$TS_B = LF_B - EF_B = 8 - 6 = 2$$

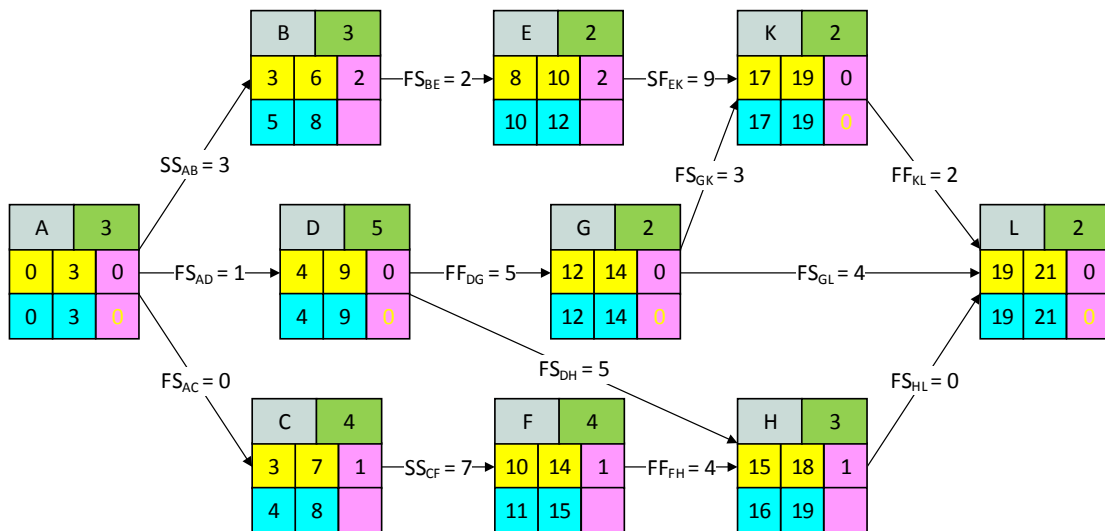
$$TS_D = LS_D - ES_D = 4 - 4 = 0$$

Δηλαδή η δραστηριότητα Β έχει ολικό περιθώριο 2 χρονικές μονάδες που σημαίνει ότι είναι δυνατό να καθυστερήσει είτε λόγω καθυστερημένης έναρξης είτε λόγω καθυστέρησης στην εκτέλεσή της, 2 μονάδες χρόνου χωρίς αυτή η καθυστέρηση να έχει επίδραση στο συνολικό χρόνο που απαιτείται για την ολοκλήρωση ολόκληρου του έργου.



9.6.6. Υπολογισμός των ελεύθερων χρονικών περιθωρίων

Λόγω της ανισότητας $TS_A \geq FTS_A \geq ITS_A$ που ισχύει πάντα για κάθε δραστηριότητα, αν το ολικό χρονικό περιθώριο μιας δραστηριότητας είναι μηδέν, θα είναι αναγκαστικά μηδέν και το ελεύθερο χρονικό περιθώριο της ίδιας δραστηριότητας. Άρα έχουμε



Στη συνέχεια για τις υπόλοιπες δραστηριότητες B,E,C,F,H χρησιμοποιούμε τον γενικό τύπο:

$$FTS_A = \min_{j \in K} (ES_j - ES_A - SS_{Aj}, EF_j - ES_A - SF_{Aj}, ES_j - EF_A - FS_{Aj}, EF_j - EF_A - FF_{Aj})$$

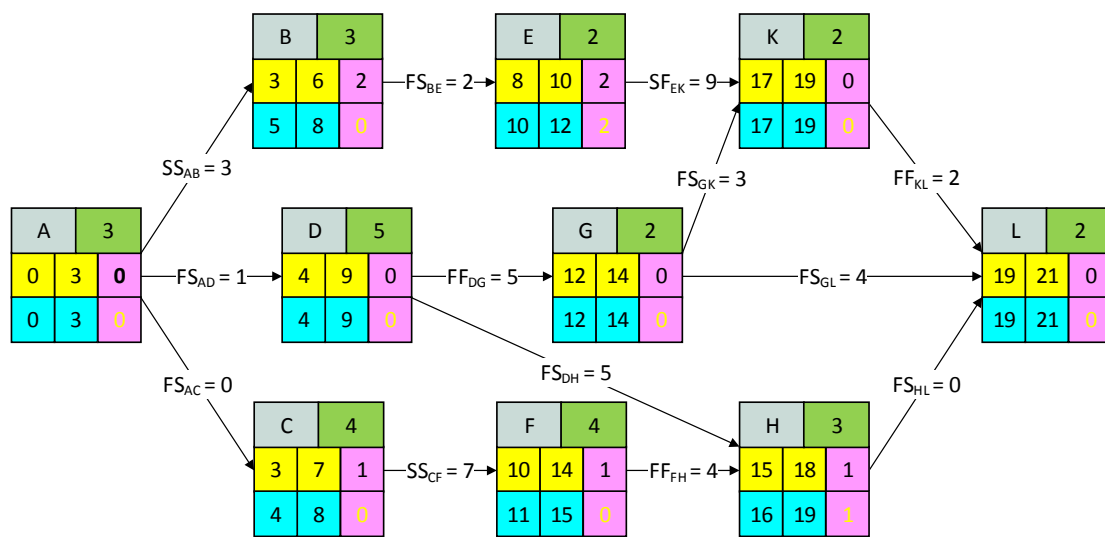
Υπολογίζουμε το ελεύθερο χρονικό περιθώριο της δραστηριότητας B, της οποίας το ολικό χρονικό περιθώριο είναι $TS_B = 2 > 0$.

$$FTS_B = ES_E - EF_B - FS_{BE} = 8 - 6 - 2 = 0$$

Ενώ στην περίπτωση της δραστηριότητας E έχουμε:

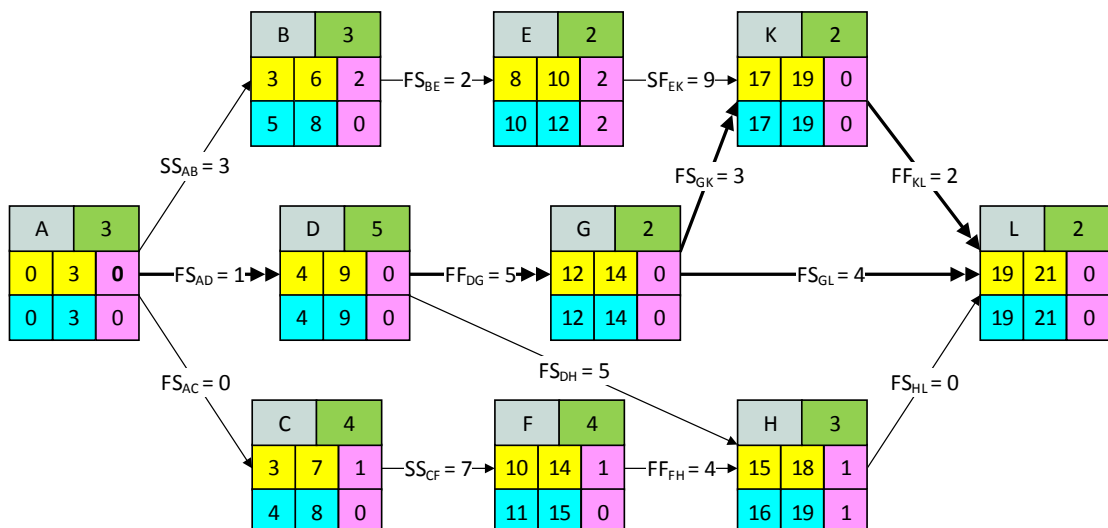
$$FTS_E = EF_K - ES_E - SF_{EK} = 19 - 8 - 9 = 2$$

Τελικά θα πάρουμε την επιλυμένη μορφή του δικτυωτού γραφήματος της MPM που ακολουθεί:



9.6.7. Υπολογισμός κρίσιμων διαδρομών

Σύμφωνα με τους κανόνες επίλυσης της MPM οι δραστηριότητες με μηδενικό χρονικό περιθώριο είναι οι κρίσιμες δραστηριότητες και ορίζουν τουλάχιστον μία κρίσιμη διαδρομή για κάθε έργο. Είναι οι δραστηριότητες εκείνες για τις οποίες δεν γίνεται ανεκτή οποιαδήποτε καθυστέρηση αφού αυτή θα προκαλούσε επιμήκυνση της ολικής χρονικής διάρκειας του έργου.



Παρατηρούμε ότι έχουμε δύο κρίσιμες διαδρομές που ορίζονται από τις δραστηριότητες

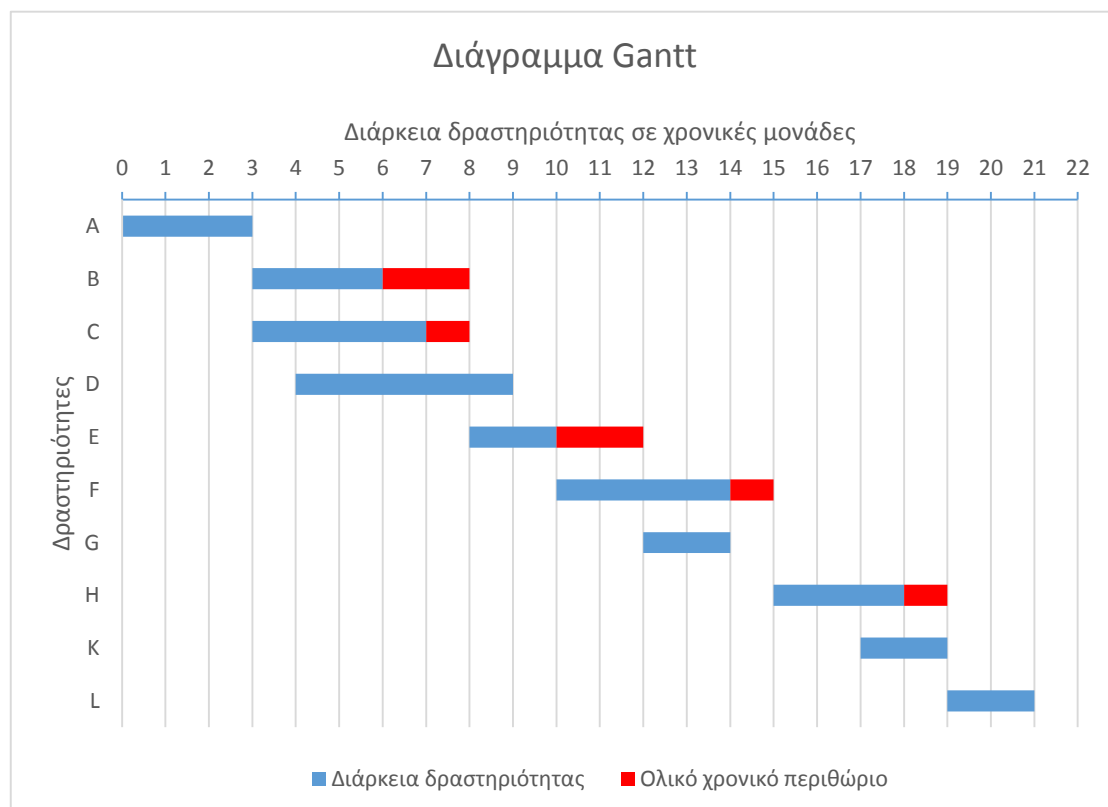
$A \rightarrow D \rightarrow G \rightarrow L$ και $A \rightarrow D \rightarrow G \rightarrow K \rightarrow L$ που και με τις δύο έχουμε ολική χρονική διάρκεια έργου 21 χρονικές μονάδες.

9.6.8. Διάγραμμα Gantt για την μέθοδο MPM

Βάσει της επίλυσης του δικτυωτού γραφήματος της μεθόδου MPM σχηματίζουμε τον πίνακα που ακολουθεί με τους χρόνους που αντιστοιχούν στην κάθε δραστηριότητα.

Δραστηριότητες	Διάρκεια	ES	EF	LS	LF	TS	FTS
A	3	0	3	0	3	0	0
B	3	3	6	5	8	2	0
C	4	3	7	4	8	1	0
D	5	4	9	4	9	0	0
E	2	8	10	10	12	2	2
F	4	10	14	11	15	1	0
G	2	12	14	12	14	0	0
H	3	15	18	16	19	1	1
K	2	17	19	17	19	0	0
L	2	19	21	19	21	0	0

Στη συνέχεια δημιουργούμε το διάγραμμα Gantt με βάση τους ενωρίτερους χρόνους έναρξης των δραστηριοτήτων.



9.7. Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα της μεθόδου MPM

Πλεονεκτήματα:

- i. Χρησιμοποιεί την απλούστερη σχεδίαση δικτύου από τις υπόλοιπες μεθόδους.
- ii. Έχει την δυνατότητα να αναπαραστήσει πολύπλοκες σχέσεις μεταξύ των δραστηριοτήτων.
- iii. Δεν απαιτούνται εκτός σπανίων περιπτώσεων πλασματικές δραστηριότητες.
- iv. Δεν απαιτείται η διάσπαση των δραστηριοτήτων σε επιμέρους δραστηριότητες ακόμα και εάν μια δραστηριότητα έπεται ενός μέρους μιας άλλης.
- v. Υποστηρίζεται από τα περισσότερα καθιερωμένα προγράμματα λογισμικού (π.χ. MS Project, Primavera κλπ.)

Μειονεκτήματα:

- i. Δεν υπάρχει σαφής εποπτεία των σχέσεων αλληλουχίας μεταξύ των δραστηριοτήτων.
- ii. Έχει την πιο περίπλοκη μέθοδο επίλυσης σε σχέση με τις άλλες μεθόδους.
- iii. Κάθε δραστηριότητα έχει σταθερή διάρκεια εκ των προτέρων προσδιορισμένη, που δεν μπορεί να αναθεωρηθεί στην πορεία, με αποτέλεσμα μια κακή αρχική εκτίμηση της χρονικής διάρκειας μιας δραστηριότητας να έχει μια δυσμενή επίδραση στην επίλυση του συνολικού έργου.

10 Η μέθοδος της στοχαστικής θεώρησης των δικτύων. Μέθοδος PERT

10.1. Εισαγωγή

Η μέθοδος PERT (Program Evaluation and Review Technique) είναι η στοχαστική θεώρηση των χρόνων σ' ένα δικτυωτό γράφημα. Η αφετηρία της υπήρξε η κατασκευή του πυραυλικού συστήματος Polaris (1958) στις ΗΠΑ και η προσπάθεια για την μείωση του κόστους και τη συντόμευση του απαιτούμενου χρόνου για την κατασκευή του.

Με τη μέθοδο PERT ασχολούμαστε με δύο είδη προβλημάτων, τον υπολογισμό της πιθανότητας ολοκλήρωσης ενός έργου σε συγκεκριμένο χρόνο t_0 και τον υπολογισμό του χρόνου ολοκλήρωσης ενός έργου με δοσμένη πιθανότητα p .

10.2. Υποθέσεις εφαρμογής της μεθόδου PERT

Η μέθοδος PERT αναπαριστά ένα έργο με ένα δικτυωτό γράφημα της μορφής του γραφήματος της μεθόδου CPM όπου οι κόμβοι αναπαριστούν γεγονότα και οι δραστηριότητες απεικονίζονται με βέλη.

Θεωρούμε ότι μια δραστηριότητα που αναμένεται να διαρκέσει m χρονικές μονάδες, υπό κανονικές συνθήκες, χωρίς απρόοπτα συμβάντα και χωρίς την προσθήκη ή αφαίρεση πόρων, είναι δυνατό τελικά κατά την υλοποίησή της η διάρκειά της να είναι μικρότερη *opt* χρονικές μονάδες (optimistic) ή μεγαλύτερη *pes* χρονικές μονάδες (pessimistic). Συνεπώς η πραγματική χρονική διάρκεια t της δραστηριότητας μπορεί να κυμανθεί στο χρονικό διάστημα:

$$opt \leq t \leq pes$$

Σύμφωνα με αυτή τη μικρή εισαγωγή γίνεται αντιληπτό ότι η χρονική αξία μιας δραστηριότητας για ένα έργο κατά την μέθοδο PERT, δεν εξαρτάται μόνο από την προϋπολογισμένη διάρκειά της m και τις σχέσεις αλληλουχίας της με τις άλλες δραστηριότητες (όπως συμβαίνει στην μέθοδο CPM και MPM), αλλά και από το εύρος της χρονικής διάρκειας δηλαδή από το χρονικό διάστημα $[opt, pes]$ που μπορεί να διαρκέσει.

Αφού η χρονική διάρκεια κάθε δραστηριότητας εκφράζεται στοχαστικά και η διάρκεια του έργου μπορεί να εκφραστεί στοχαστικά. Επομένως μπορούμε να υπολογίσουμε την πιθανότητα να τελειώσει το έργο μέσα σε κάποιο χρονικό διάστημα ή και αντίστροφα μπορούμε να υπολογίσουμε την συνολική διάρκεια του έργου μέσα στην οποία είμαστε με κάποιο επίπεδο σημαντικότητας βέβαιοι ότι θα τελειώσει το έργο.

Για την εφαρμογή της μεθόδου PERT υποθέτουμε:

- Οι δραστηριότητες έχουν χρονικές διάρκειες που είναι ανεξάρτητες τυχαίες μεταβλητές που ακολουθούν τη γενικευμένη κατανομή Βήτα.
- Η κρίσιμη διαδρομή ακολουθείται από μεγάλο πλήθος δραστηριοτήτων.

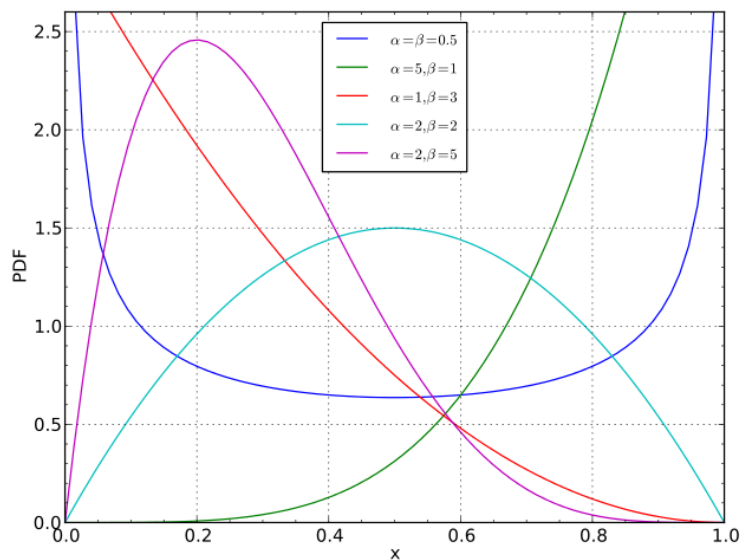
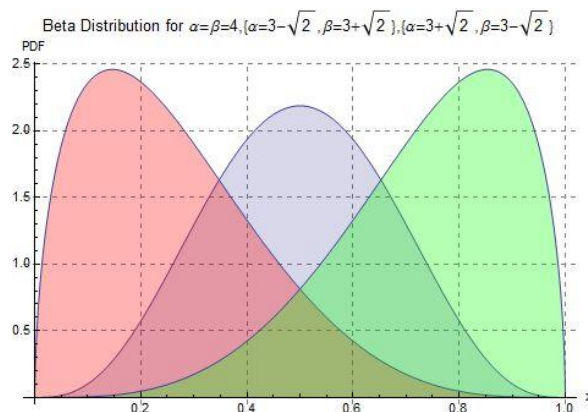
10.3. Η Βήτα κατανομή

Η Βήτα κατανομή καθορίζεται από δυο θετικές παραμέτρους α, β , μοιάζει με την κανονική κατανομή, αλλά λαμβάνει μόνο θετικές τιμές και μάλιστα στο διάστημα $[0,1]$. Άλλοτε μπορεί να μην είναι συμμετρική, αλλά να πάρει διάφορες μορφές που καθορίζονται από τις δύο παραμέτρους της. Τα άκρα της κατανομής Βήτα δεν πλησιάζουν ασυμπτωτικά τον x -άξονα όπως συμβαίνει στην κανονική κατανομή αλλά τέμνουν τον x -άξονα στο 0 και στο 1. Γράφουμε δε $X \sim B(\alpha, \beta)$. Για τη μέση τιμή και τη διακύμανση της Βήτα κατανομής έχουμε ότι

$$E(X) = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \text{ και } Var(X) = \frac{\alpha\beta}{(\alpha + \beta)^2 \cdot (\alpha + \beta + 1)}$$

Διάφορες μορφές της Βήτα κατανομής για διάφορα ζεύγη παραμέτρων φαίνονται στο διπλανό διάγραμμα που ακολουθεί.

Οι τιμές των παραμέτρων α, β της Βήτα κατανομής διαφοροποιούν σημαντικά τη μορφή της κατανομής και μας δίνουν την ευλυγισία να προσαρμόσουμε κάθε φορά τα δεδομένα μας στην κατάλληλη Βήτα κατανομή. Το πόσο ευαίσθητη είναι η μορφή της κατανομής από τα α, β φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί.



Στην γενικευμένη κατανομή βήτα που θα χρησιμοποιήσουμε στην περίπτωση μας, έχει γίνει ένας γραμμικός μετασχηματισμός ώστε το στήριγμα της κατανομής να μην είναι το κλειστό διάστημα $[0,1]$, αλλά το διάστημα $[opt, pes]$, δηλαδή η κατανομή έχει υποστεί μια διαστολή με συντελεστή $(pes - opt)$ και στη συνέχεια έχει γίνει μια μεταφορά της κατά opt ώστε η αρχή του στηρίγματος να μην είναι το 0 αλλά το opt . Δηλαδή, αυτή η γενικευμένη Βήτα κατανομή τέμνει τον x -άξονα στα opt, pes . Η γενικευμένη Βήτα κατανομή ονομάζεται Βήτα κατανομή τεσσάρων παραμέτρων, δηλαδή των παραμέτρων α και β που είναι οι παράμετροι σχηματοποίησης της Βήτα κατανομής και των παραμέτρων opt, pes που είναι η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή αντίστοιχα του εύρους της κατανομής.

Η γενικευμένη κατανομή Βήτα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μοντελοποιήσει γεγονότα τα οποία είναι περιορισμένα να λαμβάνουν χώρα μέσα σε ένα διάστημα που ορίζεται από μία ελάχιστη και μία μέγιστη τιμή. Γι' αυτό το λόγο, η γενικευμένη κατανομή Βήτα (όπως άλλωστε και η τριγωνική κατανομή¹) χρησιμοποιείται εκτενώς στη μέθοδο PERT αλλά και στην CPM, καθώς και σε άλλες μεθόδους Διαχείρισης Έργων για να περιγράψουν το χρόνο ολοκλήρωσης και το κόστος μιας δραστηριότητας.

Στη βιβλιογραφία της θεωρίας Διαχείρισης Έργων χρησιμοποιούνται εκτενώς οι παρακάτω συντομεύσεις στους υπολογισμούς για την εκτίμηση της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης του χρόνου ολοκλήρωσης μιας δραστηριότητας:

$$E(T) = t_m = \frac{(opt + 4m + pes)}{6} \text{ και } \sigma = \frac{(pes - opt)}{6}$$

όπου opt ο ελάχιστος, pes ο μέγιστος και m ο πιθανότερος χρόνος για την ολοκλήρωση μιας δραστηριότητας.

Συγκεκριμένα αποδεικνύεται² ότι αν η τυχαία μεταβλητή X ακολουθεί την Βήτα κατανομή με παραμέτρους $\alpha = 1 + \lambda \frac{m-opt}{pes-opt}$ και $\beta = 1 + \lambda \frac{pes-m}{pes-opt}$ δηλαδή στην περίπτωση που έχουμε:

$$X \sim B\left(1 + \lambda \frac{m - opt}{pes - opt}, 1 + \lambda \frac{pes - m}{pes - opt}\right)$$

τότε η τυχαία μεταβλητή Y , που έχει υποστεί το γραμμικό μετασχηματισμό $Y = opt + X \cdot (pes - min)$ ακολουθεί τη λεγόμενη PERT κατανομή δηλαδή

$$Y \sim PERT(opt, pes, m, \lambda)$$

όπου m η κανονική διάρκειά της δραστηριότητας και η τιμή του λ θεωρείται συνήθως 4 στην δικτυωτή Ανάλυση PERT³. Ενδεικτικά για την τιμή $\lambda = 4$, υπολογίζουμε τη μέση τιμή της Y .

$$E(Y) = E(opt + X \cdot (pes - min)) = E(opt) + (pes - opt) \cdot E(X)$$

$$\begin{aligned} &= opt + (pes - opt) \cdot \frac{1 + \lambda \frac{m - opt}{pes - opt}}{1 + \lambda \frac{m - opt}{pes - opt} + 1 + \lambda \frac{pes - m}{pes - opt}} \\ &= opt + (pes - opt) \cdot \frac{pes - opt + 4(m - opt)}{2(pes - opt) + 4(m - opt) + 4(pes - m)} \\ &= opt + (pes - opt) \cdot \frac{pes - opt + 4(m - opt)}{6(pes - opt)} \\ &= \frac{6opt}{6} + \frac{pes - opt + 4(m - opt)}{6} = \frac{opt + 4m + pes}{6} \end{aligned}$$

Με ανάλογο τρόπο υπολογίζουμε την τυπική απόκλιση της Y :

$$\sigma_Y = \frac{(pes - opt)}{6}$$

¹ Berger, James; Bernardo, Jose and Sun, Dongchu (2009). "The formal definition of reference priors". The Annals of Statistics 37 (2): 905–938.

² Herrerías-Velasco, José Manuel and Herrerías-Pleguezuelo, Rafael and René van Dorp, Johan. (2011). Revisiting the PERT mean and Variance. European Journal of Operational Research (210), p. 448–451

³ Malcolm, D. G.; Roseboom, J. H.; Clark, C. E.; Fazar, W. (September–October 1958). "Application of a Technique for Research and Development Program Evaluation". Operations Research 7 (5): 646–669

10.4. Στάδια υλοποίησης της μεθόδου PERT

Στάδιο 1^ο:

Θεωρούμε μια δραστηριότητα $i, i = 1, 2, \dots, n$ με διάρκεια μια συνεχή τυχαία μεταβλητή T_i που ακολουθεί τη γενικευμένη κατανομή Βήτα. Για την T_i μας δίνεται ή εκτιμούμε με κάποιο τρόπο (π.χ. πρότερη εμπειρία, ή έρευνα, ή εκτέλεση δοκιμαστικής λειτουργίας κλπ.):

- i. Την κανονική διάρκειά της m_i , που είναι ο πιθανότερος χρόνος τον οποίο μπορεί να απαιτήσει η δραστηριότητα i για την ολοκλήρωσή της (η δραστηριότητα εκτελέστηκε υπό κανονικές συνθήκες, ούτε ιδιαίτερα ευνοϊκές ούτε ιδιαίτερα δυσμενείς).
- ii. Την αισιόδοξη (optimistic) πρόβλεψη opt_i για τη διάρκειά της, που είναι ο ελάχιστος δυνατός χρόνος μέσα στον οποίο είναι δυνατόν να ολοκληρωθεί η δραστηριότητα i (η δραστηριότητα εκτελέστηκε υπό τις πιο ευμενείς συνθήκες που μπορεί να παρουσιαστούν).
- iii. Την απαισιόδοξη (pessimistic) πρόβλεψη pes_i για τη διάρκεια της, που είναι ο μέγιστος δυνατός χρόνος μέσα στον οποίο είναι δυνατόν να ολοκληρωθεί η δραστηριότητα i (η δραστηριότητα εκτελέστηκε υπό τις πιο δυσμενείς συνθήκες που μπορεί να παρουσιαστούν).

Στάδιο 2^ο:

Υπολογίζουμε:

- i. Την αναμενόμενη διάρκειά της δραστηριότητας i :

$$E(T_i) = t_{mi} = \frac{(opt_i + 4m_i + pes_i)}{6}$$

- ii. Την τυπική απόκλιση της δραστηριότητας i :

$$\sigma_i = \frac{(pes_i - opt_i)}{6}$$

Οι παραπάνω τύποι μας παρέχουν μία εύλογη εκτίμηση της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης της γενικευμένης Βήτα κατανομής, όπως αναλύθηκε στην προηγούμενη παράγραφο.

Στάδιο 3^ο:

Επιλύουμε το προσανατολισμένο κατά βέλη δίκτυο θεωρώντας ότι οι δραστηριότητες έχουν χρονικές διάρκειες τις τιμές $t_{mi}, i = 1, 2, \dots, n$ που υπολογίστηκαν στο 2^ο στάδιο. Στη συνέχεια προσδιορίζουμε όπως αναλυτικά εξηγήσαμε στις προηγούμενες παραγράφους την κρίσιμη ή τις κρίσιμες διαδρομές του δικτύου.

Ας υποθέσουμε ότι η κρίσιμη διαδρομή αποτελείται από k κρίσιμες δραστηριότητες (προφανώς $k \leq n$).

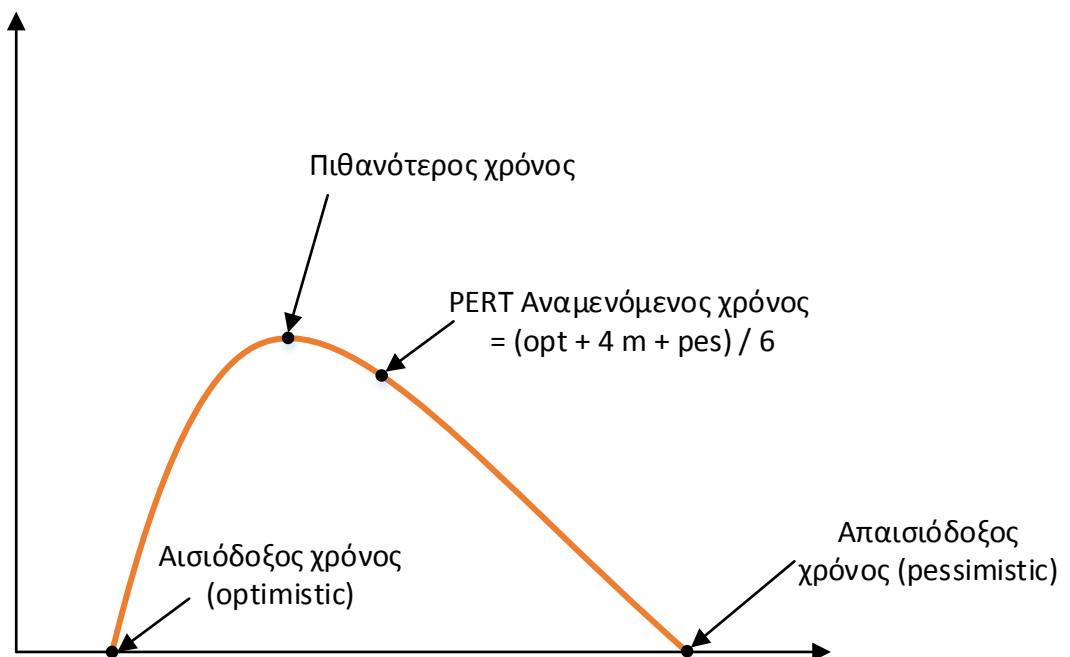
Στάδιο 4°:

Θεωρούμε ότι η διάρκεια του έργου είναι μία συνεχής τυχαία μεταβλητή που ακολουθεί κατά προσέγγιση την κανονική κατανομή με:

- i. Μέση τιμή $T_{μέργου} = \sum_{i=1}^k t_{mi}$
- ii. Τυπική απόκλιση $\sigma_{έργου} = \sqrt{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2}$

Στάδιο 5°:

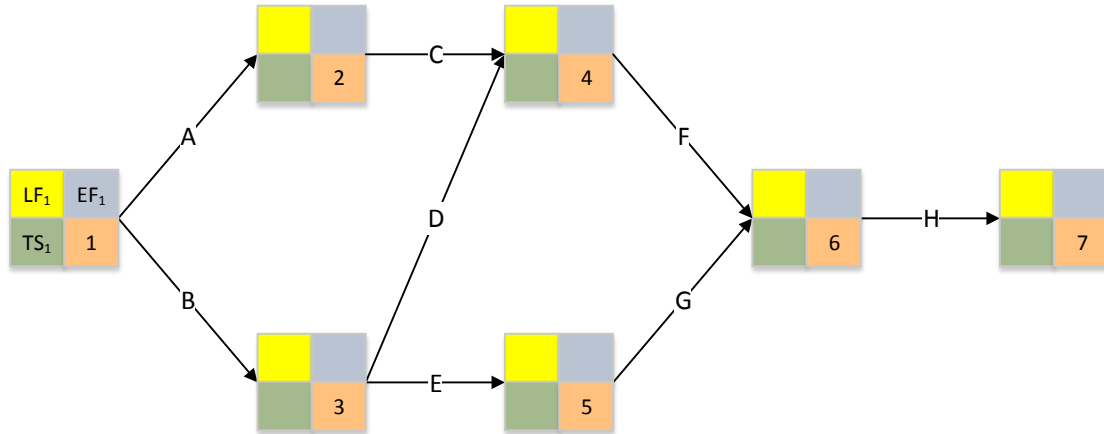
Επιλύουμε τα αρχικά ερωτήματα χρησιμοποιώντας τους πίνακες της τυποποιημένης κανονικής κατανομής.



Εικόνα 10.1: Γενικευμένη Βήτα κατανομή

10.5. Παράδειγμα εφαρμογής της μεθόδου PERT

Δίνεται το δικτυωτό γράφημα με 7 γεγονότα (κόμβους) και 8 δραστηριότητες (βέλη) που φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Τα χρονικά περιθώρια των δραστηριοτήτων όπως η κανονική διάρκεια κάθε δραστηριότητας m_i , η αισιόδοξη πρόβλεψη για τη διάρκειά της a_i και η απαισιόδοξη πρόβλεψη για τη διάρκεια της b_i μας δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Δραστηριότητα	a_i	m_i	b_i
A	9	18	20
B	5	8	8
C	4	8	14
D	2	3	5
E	4	4	11
F	6	6	6
G	4	9	15
H	7	8	10

Μας ζητείται Α) Ποια είναι η πιθανότητα να ολοκληρωθεί το έργο σε χρόνο 10% νωρίτερα από τον προγραμματισμό του χωρίς προσθήκη μέσων; Β) Να υπολογίσουμε την πιθανότητα να ολοκληρωθεί το έργο των 8 δραστηριοτήτων το πολύ σε 45 χρονικές μονάδες. Γ) Επιθυμούμε να υπολογίσουμε σε ποιο χρόνο μπορούμε να είμαστε σίγουροι (διατύπωση που συνηθίζουν οι managers και εννοούν να υπάρχει τουλάχιστον 90% πιθανότητα) ότι θα έχει ολοκληρωθεί το έργο.

Επίλυση:

Από τα χρονικά στοιχεία των δραστηριοτήτων που μας δίνονται και τους τύπους για την αναμενόμενη διάρκεια της δραστηριότητας i :

$$E(T_i) = t_{mi} = \frac{(a_i + 4m_i + b_i)}{6}$$

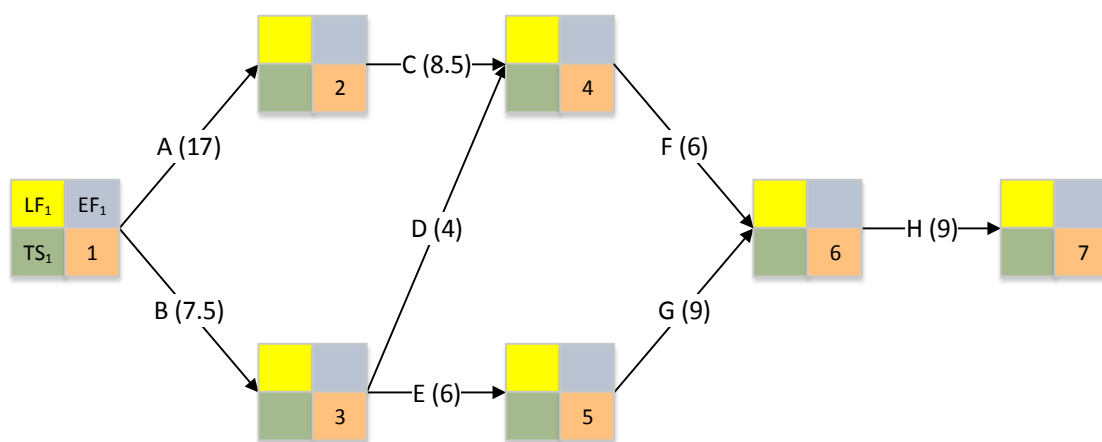
και την τυπική απόκλιση της δραστηριότητας i :

$$\sigma_i = \frac{(b_i - a_i)}{6}$$

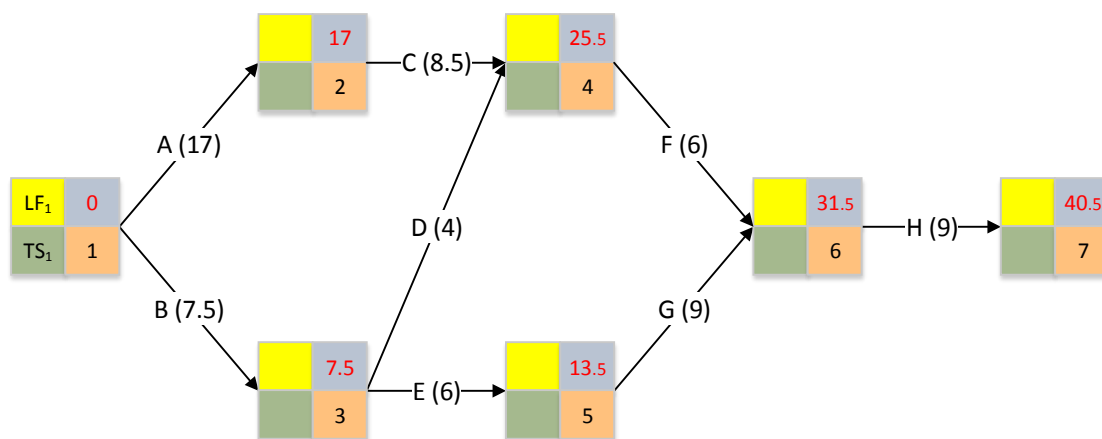
υπολογίζουμε τα στοιχεία του παρακάτω πίνακα:

Δραστηριότητα	a_i	m_i	b_i	$t_{m,i}$	σ_i	σ_i^2
A	10	18	20	17	1.67	2.78
B	5	8	8	7.5	0.50	0.25
C	4	8	15	8.5	1.83	3.36
D	2	4	6	4	0.67	0.44
E	4	4	16	6	2.00	4.00
F	6	6	6	6	0.00	0.00
G	4	9	14	9	1.67	2.78
H	7	9	11	9	0.67	0.44

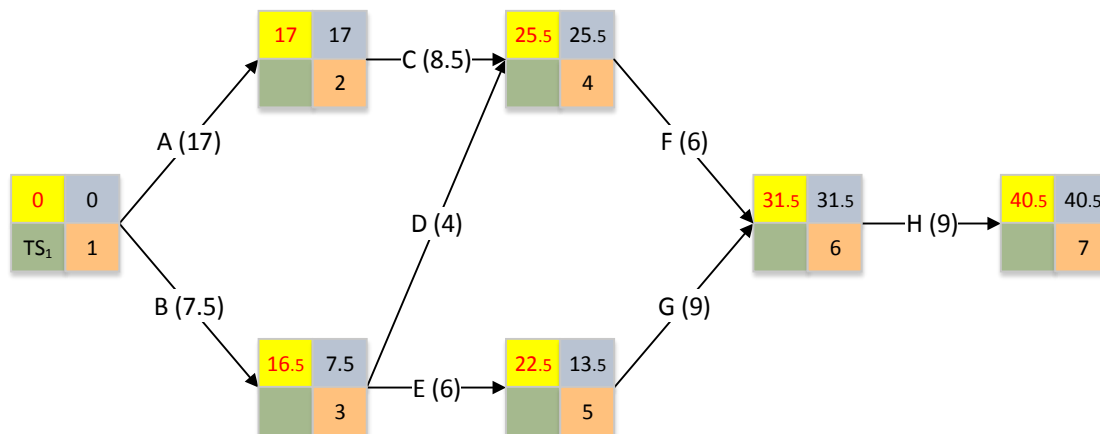
Θεωρούμε ότι η χρονική διάρκεια κάθε δραστηριότητας i είναι ίση με την αναμενόμενη διάρκειά της δραστηριότητας t_{mi} . Οπότε το δικτυακό γράφημα γίνεται:



Επιλύουμε το δικτυωτό γράφημα με τη μέθοδο CPM, κάνοντας αρχικά τον ομόρροπο υπολογισμό.

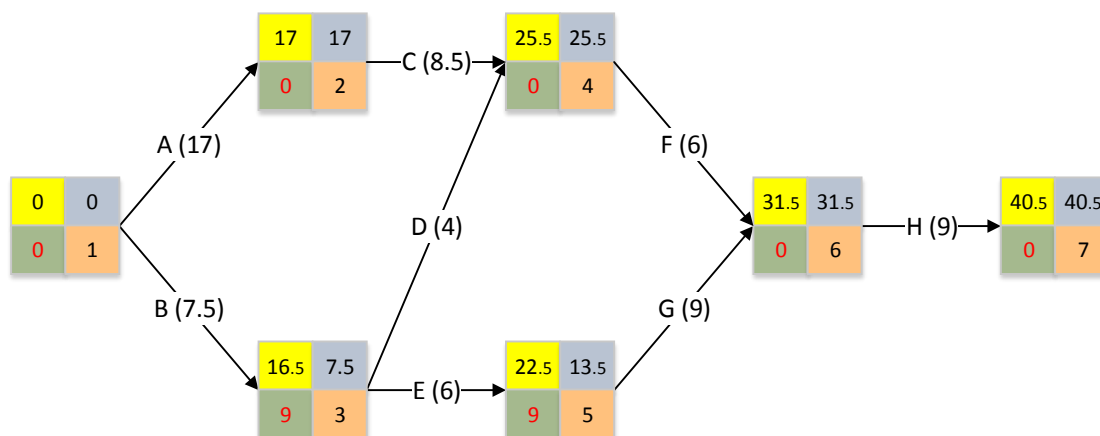


Στη συνέχεια εκτελούμε τον αντίρροπο υπολογισμό.



Υπολογίζουμε τα ολικά χρονικά περιθώρια των γεγονότων αφαιρώντας για κάθε κόμβο από τον βραδύτερο χρόνο πέρατός του τον ενωρίτερο χρόνο πέρατός του, σύμφωνα με τον τύπο:

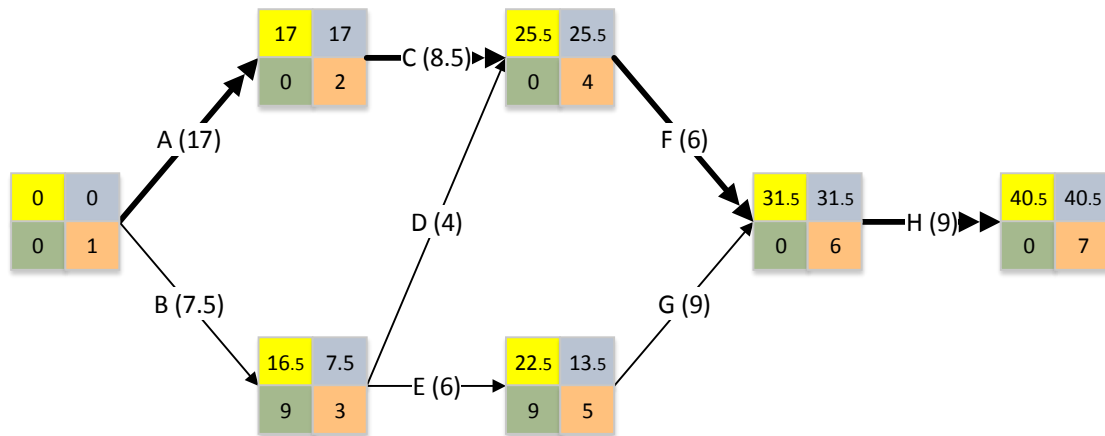
$$TS_i = LF_i - EF_i$$



Οι κόμβοι $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 7$ που συνδέονται με τις δραστηριότητες $A \rightarrow C \rightarrow F \rightarrow H$ αποτελούν την κρίσιμη διαδρομή με ολικό μήκος:

$$T_{total} = 17 + 8.5 + 6 + 9 = 40.5 \text{ χρονικές μονάδες}$$

όπως φαίνεται στο γράφημα που ακολουθεί:



Επομένως σύμφωνα με τη θεώρηση της PERT η συνολική διάρκεια του έργου είναι μια συνεχής τυχαία μεταβλητή T που ακολουθεί κατά προσέγγιση την κανονική κατανομή με μέση τιμή το άθροισμα της αναμενόμενης διάρκειας μόνο των κρίσιμων δραστηριοτήτων:

$$T_{\text{μέγιστου}} = \sum_{i=1}^k t_{mi} = 40.5 \text{ χρονικές μονάδες}$$

Ακόμη για τη διακύμανση της χρονικής διάρκειας του έργου, έχουμε $Var(T) = \sum_{i=1}^k \sigma_i^2$ για τις κρίσιμες δραστηριότητες, και όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί όπου έχουμε απομονώσει μόνο τις κρίσιμες δραστηριότητες ισχύει $Var(T) = 6.58$.

Δραστηριότητα	a_i	m_i	b_i	$t_{m,i}$	σ_i	σ_i^2
A	10	18	20	17	1.67	2.78
C	4	8	15	8.5	1.83	3.36
F	6	6	6	6	0.00	0.00
H	7	9	11	9	0.67	0.44
				40.5		6.58

Κατά προσέγγιση η τυπική απόκλιση της τυχαίας μεταβλητής T της διάρκειας του έργου είναι $\sigma_{\text{έργου}} = \sqrt{Var(T)} = \sqrt{6.58} = 2.57$ χρονικές μονάδες.

A) Θα εξετάσουμε την πιθανότητα το έργο να τελειώσει 10% ενωρίτερα, δηλαδή $10\% \cdot 40.5 = 4.05$ χρονικές μονάδες νωρίτερα. Επομένως θα εξετάσουμε πόσο πιθανό είναι το έργο να ολοκληρωθεί στις $40.5 - 4.05 = 36.45$ χρονικές μονάδες.

Για την τυχαία μεταβλητή T της χρονικής διάρκειας του έργου έχουμε $T \sim N(40.5, 2.57^2)$ και συνεπώς έχουμε $z = \frac{T - T_{\text{μέγιστου}}}{\sigma_{\text{έργου}}} \sim N(0, 1)$

$$P(T < 36.45) = P\left(\frac{T - T_{\text{μέγιστου}}}{\sigma_{\text{έργου}}} < \frac{36.45 - 40.5}{2.57}\right) = P(z < -1.58)$$

Λόγω συμμετρίας έχουμε:

$$P(T < 36.45) = P(z > 1.58) = 1 - P(z < 1.58) = 1 - 0.9492 = 0.0508 \approx 5\%$$

Δηλαδή υπάρχει 5% πιθανότητα το έργο να εκτελεστεί 10% ενωρίτερα από το χρόνο που αρχικά έχει υπολογιστεί και μάλιστα χωρίς να αυξηθούν οι διαθέσιμοι πόροι.

B) Θα εξετάσουμε πόσο πιθανό είναι το έργο να ολοκληρωθεί το πολύ σε 45 χρονικές μονάδες.

$$P(T < 45) = P\left(\frac{T - T_{\text{μέγιστου}}}{\sigma_{\text{έργου}}} < \frac{45 - 40.5}{2.57}\right) = P(z < 1.751) \approx 0.96 \approx 96\%$$

Δηλαδή υπάρχει 96% πιθανότητα το έργο να ολοκληρωθεί σε λιγότερο από 45 χρονικές μονάδες.

Γ) Αναζητούμε την χρονική διάρκεια για την οποία μπορούμε να είμαστε 90% σίγουροι ότι θα έχει ολοκληρωθεί το έργο.

$$P(T < t_0) = 0.90 \Rightarrow P\left(\frac{T - T_{\text{μέγιστου}}}{\sigma_{\text{έργου}}} < \frac{t_0 - T_{\text{μέγιστου}}}{\sigma_{\text{έργου}}}\right) = 0.90 \Rightarrow P(z < z_\alpha) = 0.90$$

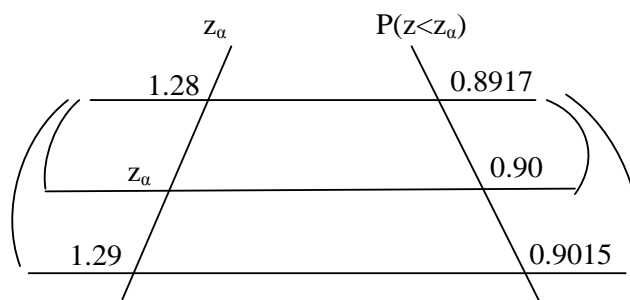
Από τον πίνακα της τυποποιημένης κανονικής κατανομής έχουμε ότι:

$$P(z < 1,28) = 0.8917$$

$$P(z < z_\alpha) = 0.90$$

$$P(z < 1.29) = 0.9015$$

και με παρεμβολή:



$$\frac{z_\alpha - 1.28}{1.29 - 1.28} = \frac{0.90 - 0.8997}{0.9015 - 0.8997}$$

$$z_\alpha = 1.28 + \frac{0.90 - 0.8997}{0.9015 - 0.8997} \cdot (1.29 - 1.28)$$

$$z_\alpha = 1.2816$$

συμπεραίνουμε ότι:

$$\frac{t_0 - 40.5}{2.57} = 1.2816$$

$$t_0 = 40.5 + 1.2816 \cdot 2.57 = 43.8$$

Άρα είμαστε 90% σίγουροι ότι το έργο θα έχει ολοκληρωθεί σε 43.8 χρονικές μονάδες.

Αν θέλαμε να είμαστε 95% σίγουροι ότι θα έχει ολοκληρωθεί το έργο θα έπρεπε να θέσουμε το χρονικό όριο των 44.7 χρονικών μονάδων αφού:

$$t_0 = 40.5 + 1.645 \cdot 2.57 = 44.7$$

11 Τα σύγχρονα πρότυπα του Project Management

11.1. Γιατί η παραδοσιακή διαχείριση έργου δεν λειτουργεί πια;

Γιατί πολλές εταιρείες έχουν πτωτική πορεία;

Γιατί οι άλλοτε ικανοποιημένοι εργαζόμενοι έχουν γίνει δυσαρεστημένοι με τη δουλειά τους ;

Γιατί οι πελάτες αλλάζουν εταιρείες από τσαντίλα;

Είναι εύκολο να κατηγορήσει μια επιχείρηση τον ανταγωνισμό, τα συνδικάτα, ή τους Κινέζους. Η αλήθεια είναι απείρως πιο πεζή. Ο τρόπος που οι περισσότερες οργανώσεις/επιχειρήσεις διαχειρίζονται το προσωπικό, τους πόρους, αλλά και την ίδια την οργάνωση είναι η παραδοσιακή διαχείριση. Η οποία δεν μπορεί να αντιμετωπίσει την πραγματικότητα. Το σύστημα δεν μπορεί να ανταποκριθεί όπως πριν, διότι οι παραδοχές κάτω από τις οποίες ήταν αποτελεσματικό, έχουν αμφισβητηθεί.

«Η Διαχείριση Έργου αρχικά επινοήθηκε για να λύσει δύο προβλήματα:

- i) να εκπαιδεύσει ανειδίκευτους εργαζόμενους να εκτελούν επαναλαμβανόμενες δραστηριότητες υπεύθυνα, επιμελώς, και αποτελεσματικά
- ii) να συντονίσει αυτές τις προσπάθειες με τρόπους που κάνουν δυνατή τη παραγωγή πολυσύνθετων αγαθών και υπηρεσιών σε μεγάλες ποσότητες. Εν ολίγοις, τα προβλήματα ήταν αποτελεσματικότητας και κλίμακας, και η λύση ήταν η γραφειοκρατία, με την ιεραρχική δομή, τους κλιμακωτούς στόχους, τους ακριβείς ορισμούς ρόλων, και τους πολύπλοκους κανόνες και διαδικασίες¹».

Οι κανόνες του παιχνιδιού έχουν αλλάξει.

Εστίαση στους πελάτες, όχι στους μετόχους. Οι πελάτες δεν χρειάζονται τίποτα λιγότερο από πολλά προϊόντα/υπηρεσίες και προμηθευτές/επιλογές, καθώς και πλήρη περιγραφή και ευκολία σύγκρισης των προϊόντων/υπηρεσιών, για να αναπτυχθεί μια υγιής σχέση επιχείρησης πελάτη. Αυτό απαιτεί χρόνο και αφοσίωση. Σε αντίθεση, οι μέτοχοι επιθυμούν το βραχυπρόθεσμο κέρδος. Αυτοί οι δύο στόχοι βρίσκονται σε σύγκρουση. Για να χαρακτηριστεί βιώσιμη η αξία των μετόχων πρέπει να παραμείνει ο πελάτης άμεσα ικανοποιημένος, όχι το αντίστροφο δηλαδή να μείνει ο μέτοχος άμεσα ευχαριστημένος. Όπως είπε ο Peter Drucker, «οι άνθρωποι κάνουν τα παπούτσια, δεν κάνουν τα χρήματα». Τα παπούτσια είναι το πραγματικό έργο. Τα χρήματα είναι ένα τελικό αποτέλεσμα.

Οι παραπάνω λόγοι οδήγησαν τα δύο πιο κοινά αποδεκτά πρότυπα παγκοσμίως, το PRINCE2 από την OGC (HB) και το PMBoK από την PMI (ΗΠΑ) να εξελίσσονται συνεχώς με νέες εκδόσεις μέχρι και σήμερα.

¹ Drucker, Peter F., The Practice of Management, p. 12, (1954)

11.2. Το πρότυπο PRINCE2

11.2.1. Ιστορικά στοιχεία

Η PRINCE είναι βασισμένη στην PROMPT, μία μέθοδο διαχείρισης έργου που δημιουργήθηκε από την Simpact Systems Ltd το 1975, και εγκρίθηκε από την CCTA (the Central Computer and Telecommunications Agency). το 1979 ως πρότυπο για όλα τα κυβερνητικά έργα του συστήματος πληροφοριών.

Η εξέλιξη της, η μέθοδος PRINCE2 (PRojects IN Controlled Environments), είναι μια μέθοδος για την αποτελεσματική διαχείριση ενός έργου εξ' ορισμού βασισμένη στην επεξεργασία των διαδικασιών.

Η PRINCE2 είναι διεθνώς αναγνωρισμένη και χρησιμοποιείται εκτενώς από την Κυβέρνηση της Μεγάλης Βρετανίας καθώς και στον ιδιωτικό τομέα παγκοσμίως (πάνω από 20 χιλιάδες οργανώσεις παγκοσμίως). Η μέθοδος PRINCE2 είναι ελεύθερα προσβάσιμη σε όλους και προσφέρει μη εμπορική καθοδήγηση βέλτιστων πρακτικών για τη διαχείριση του έργου.

Τα κύρια χαρακτηριστικά της μεθόδου PRINCE2 είναι:

1. Εστιάζει στην τεκμηρίωση ανά επιχείρηση ή οργανισμό.
2. Η ομάδα διαχείρισης έργου έχει καθορισμένη δομή οργάνωσης.
3. Ο σχεδιασμός γίνεται με βάση το προϊόν.
4. Δίνεται έμφαση στην διαίρεση του έργου σε διαχειρίσιμα και ελέγξιμα στάδια.
5. Εφαρμόζεται ευελιξία κάθε φορά σε ένα επίπεδο κατάλληλο για το έργο.

11.2.2. Διαδικασίες της μεθοδολογίας PRINCE2

Η μεθοδολογία διαχείρισης έργου PRINCE2 είναι μια μέθοδος που καθοδηγείται από τις διαδικασίες, με αποτέλεσμα να διαφοροποιείται από τις άλλες προσαρμοζόμενες μεθόδους του Office of Government Commerce (OGC). Το PRINCE2 ορίζει 45 επιμέρους υπο-διαδικασίες και τις οργανώνει σε 8 κύριες διαδικασίες όπως περιγράφονται ακολούθως:

1. Ξεκινώντας το έργο (Starting up a project, SU)

Σε αυτή τη φάση αρχικά καθορίζεται η ομάδα διαχείρισης του έργου και έπειτα συντάσσεται η περιγραφή των στόχων και της επιχειρηματικής τεκμηρίωσης του έργου. Επιπροσθέτως, καθορίζεται η συνολική προσέγγιση του έργου και σχεδιάζεται η επόμενη διαδικασία (Initiating a Project, IP). Με την ολοκλήρωση αυτής της διαδικασίας, ζητείται από την επιτροπή του έργου (project board, upper management) να εγκρίνει την έναρξη της επόμενης φάσης (IP).

2. Σχεδιασμός (Planning, PL)

Η μέθοδος διαχείρισης έργου PRINCE2 συνηγορεί σε ένα σχεδιασμό με επίκεντρο το προϊόν. Εν ολίγοις, η πρώτη εργασία κατά το σχεδιασμό αφορά τον προσδιορισμό, την ταυτοποίηση και την ανάλυση των προϊόντων. Μετά τον προσδιορισμό αυτών των δραστηριοτήτων, απαραίτητων για την δημιουργία του προϊόντος, εκτιμάται η προσπάθεια που απαιτείται για κάθε προϊόν και προγραμματίζονται οι δραστηριότητες με βάση ένα σχέδιο. Δεδομένου ότι κάθε εργασία εμπεριέχει ρίσκο, κρίνεται απαραίτητη η ανάλυση του ρίσκου. Κλείνοντας, η διαδικασία αυτή προτείνει πώς μπορεί να επιτευχθεί συμφωνία στη μορφή των έργων/υπό-έργων και διασφαλίζει ότι τα έργα/υποέργα έχουν ολοκληρωθεί στην ίδια μορφή.

3. Έναρξη του έργου (Initiating a Project, IP)

Η διαδικασία της «Έναρξης του έργου» (IP) στηρίζεται στα στοιχεία της διαδικασίας «Ξεκινώντας το έργο» (SU) και παράγει την Έκθεση Επιχειρησιακής Σκοπιμότητας. Η προσέγγιση που έχει αποφασιστεί για την διαφύλαξη της ποιότητας του έργου βρίσκεται σε συμφωνία με τη συνολική αντιμετώπιση/προσέγγιση του ίδιου του έργου. Σε αυτή τη διαδικασία δημιουργούνται τα έγγραφα έργου που περιγράφουν στο σύνολο το σχέδιο του project. Διαμορφώνεται επίσης ένα σχέδιο για το επόμενο στάδιο του έργου. Το συνολικό αποτέλεσμα αυτών των εγγράφων παρουσιάζεται στην επιτροπή του έργου για να εγκρίνει το έργο.

4. Διευθύνοντας το έργο (Directing a Project, DP)

Η διαδικασία «Διευθύνοντας το έργο» εμπεριέχει επιμέρους διαδικασίες που υπαγορεύουν πώς η επιτροπή του έργου πρέπει να ελέγχει το συνολικό έργο. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η επιτροπή του έργου μπορεί να εγκρίνει ένα στάδιο έναρξης καθώς και το ίδιο το έργο. Στα πλαίσια της κατεύθυνσης του έργου, υπαγορεύεται επίσης πώς η επιτροπή του έργου πρέπει να εγκρίνει το σχεδιασμό ενός σταδίου, συμπεριλαμβανομένου οποιουδήποτε σταδίου που μπορεί να αντικαταστήσει ένα υπάρχον στάδιο λόγω ολίσθησης ή απρόβλεπτων συνθηκών. Επίσης, αναφέρεται ο τρόπος με τον οποίο μπορεί η επιτροπή του έργου να δώσει ad hoc κατεύθυνση σε ένα έργο, καθώς και ο τρόπος με τον οποίο ένα έργο μπορεί να κλείσει.

5. Ελέγχοντας ένα στάδιο (Controlling a stage, CS)

Η μέθοδος διαχείρισης έργου PRINCE2 προτείνει το έργο να διακρίνεται σε επιμέρους στάδια, όπου αυτές οι υπο-διαδικασίες υπαγορεύουν πώς κάθε μεμονωμένο στάδιο πρέπει να ελέγχεται. Πρωτίστως, αυτό περιλαμβάνει τον τρόπο με τον οποίο τα πακέτα εργασίας εγκρίνονται και παραλαμβάνονται. Επίσης, επισημαίνει τον τρόπο με τον οποίο ελέγχεται η πρόοδος και πώς τα σημαντικά σημεία της προόδου πρέπει να παρουσιάζονται στην επιτροπή του έργου. Ένας τρόπος αξιολόγησης των ζητημάτων του έργου προτείνεται συνδυαστικά με τον τρόπο, με τον οποίο λαμβάνονται διορθωτικές δράσεις. Επίσης, περιγράφεται η μέθοδος με την οποία τα διάφορα ζητήματα του έργου κλιμακώνονται μέχρι το επίπεδο της κρίσης από την επιτροπή του έργου.

6. Διαχείριση της αποστολής του προϊόντος (Managing product delivery, MP)

Αυτή η διαδικασία αποτελείται από τρεις υπο-διαδικασίες, οι οποίες καλύπτουν τον τρόπο με τον οποίο ένα πακέτο εργασίας πρέπει να λαμβάνεται, να εκτελείται και να αποστέλλεται.

7. Η διαχείριση των ορίων ενός σταδίου (Managing stage boundaries, SB)

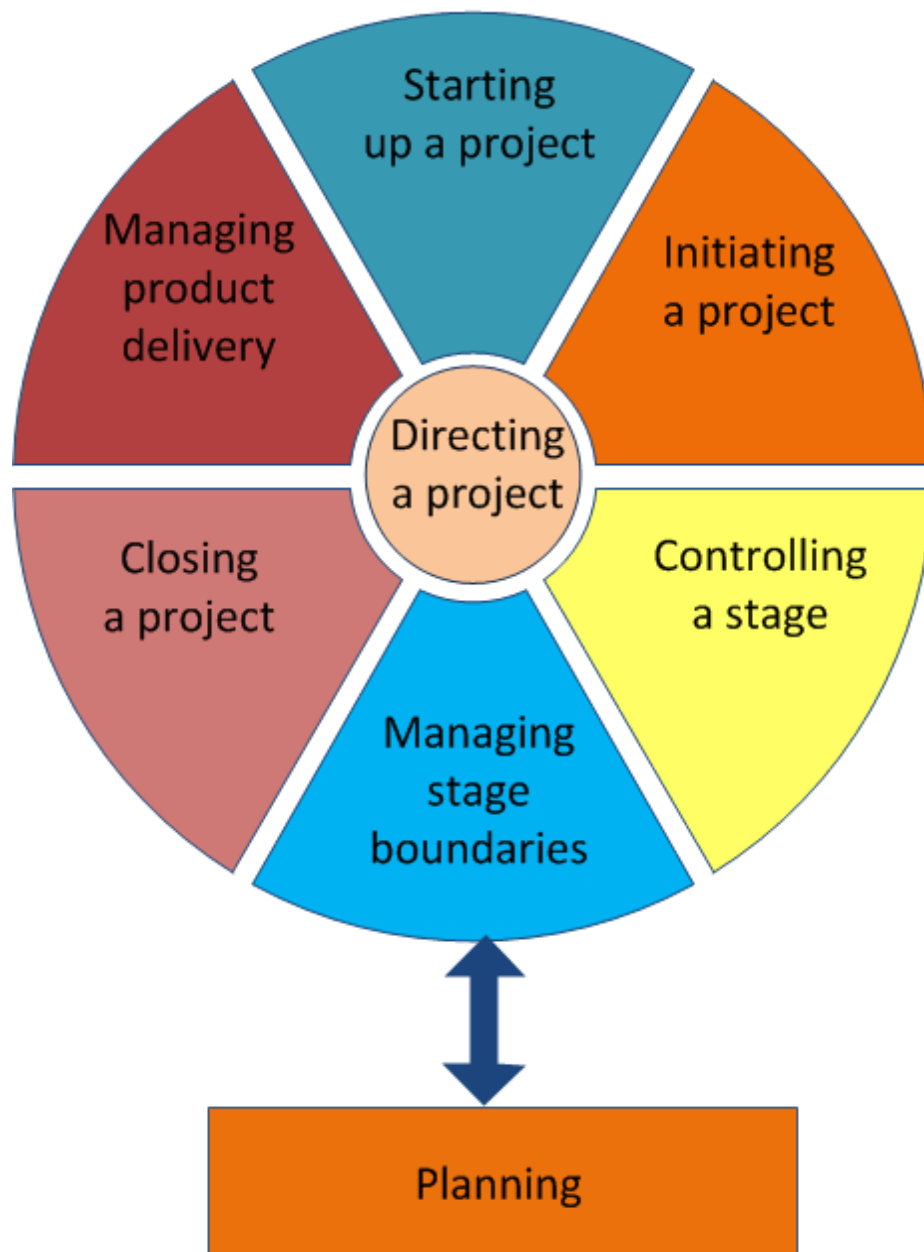
Η διαδικασία «Ελέγχοντας ένα στάδιο» υπαγορεύει τι πρέπει να γίνει στα πλαίσια ενός σταδίου. Η διαδικασία «Διαχείριση των ορίων ενός σταδίου» υπαγορεύει τι πρέπει να γίνει προς το τέλος του σταδίου. Πιο συγκεκριμένα, σχεδιάζεται το επόμενο στάδιο και τροποποιούνται κατάλληλα το συνολικό πλάνο του έργου, ο λογάριθμος του ρίσκου και η Έκθεση Επιχειρησιακής Σκοπιμότητας τροποποιούνται κατάλληλα. Η διεργασία επίσης καλύπτει τι πρέπει να γίνει σε ένα στάδιο, το οποίο έχει ξεπεράσει τα επίπεδα ανθεκτικότητας. Τέλος, η διαδικασία αυτή υπαγορεύει πώς πρέπει να δηλώνεται το τέλος ενός σταδίου.

8. Κλείνοντας το έργο (Closing a project, CP)

Με το στάδιο αυτό καλύπτονται όσα πρέπει να γίνουν στο τέλος ενός έργου. Το έργο πρέπει τυπικά να απαλλαγεί από τις αρμοδιότητες που είχαν ληφθεί και πρέπει να αποδεσμευτούν οι πόροι για να κατανεμηθούν σε άλλες δραστηριότητες. Ακόμα πρέπει να αναγνωριστούν οι ενέργειες που θα ακολουθήσουν και το έργο πρέπει πλέον να αξιολογηθεί επίσημα.

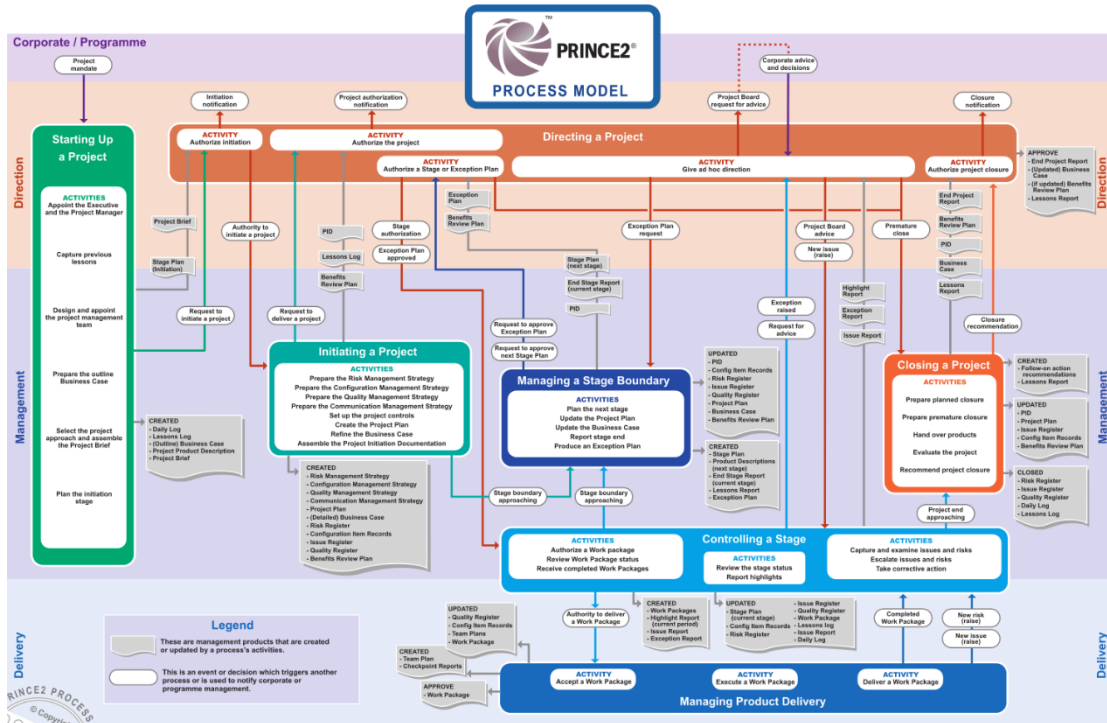
11.2.3. Σχέσεις σύνδεσης κύριων διαδικασιών PRINCE2

Στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνεται η σύνδεση των 8 κύριων διαδικασιών που μόλις περιγράψαμε.



11.2.4. Διάγραμμα σύνδεσης υπο-διαδικασιών PRINCE2

Στο διάγραμμα και στον πίνακα που ακολουθούν γίνεται μια αναπαράσταση όπου εμφανίζεται η σύνδεση των διαδικασιών σύμφωνα με το πρότυπο PRINCE2¹.



PRINCE2 TM PROCESS MODEL		2009 EDITION		REFERENCE MATRIX - PRINCE2 PRODUCTS	
Activity	Product	Product	Product	Product	Product
Appoint the Executive and the Project Manager	Project Charter	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Capture previous lessons	Lessons Log	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Design and appoint the project management team	Project Management Team	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Prepare the outline Business Case	Business Case	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Select the project approach and assemble the Project Brief	Project Brief	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Plan the initiation stage	Project Brief	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Authorize initiation	Project Brief	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Authorize the project	Project Brief	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Authorize a Stage or Exception Plan	Project Brief	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Give ad hoc direction	Project Brief	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Authorize project closure	Project Brief	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Prepare the Risk Management Strategy	Risk Register	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Prepare the Configuration Management Strategy	Configuration Management Strategy	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Prepare the Quality Management Strategy	Quality Register	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Prepare the Communication Management Strategy	Communication Management Strategy	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Set up the project controls	Project Plan	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Create the Project Plan	Project Plan	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Refine the Business Case	Business Case	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Assemble the Project Initiation Documentation	Project Initiation Documentation	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Authorize a Work Package	Work Package	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Review Work Package status	Work Package	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Receive completed Work Packages	Work Package	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Review the stage status	Stage Plan	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Report highlights	Stage Report	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Capture and examine issues and risks	Issue Register	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Escalate issues and risks	Issue Register	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Take corrective action	Issue Register	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Accept a Work Package	Work Package	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Execute a Work Package	Work Package	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Deliver a Work Package	Work Package	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Plan the next stage	Stage Plan	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Update the Business Case	Business Case	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Report stage end	Stage Report	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Produce an Exception Plan	Exception Plan	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Prepare planned closure	Project Plan	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Prepare premature closure	Project Plan	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Hand over products	Project Plan	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Evaluate the project	Project Plan	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages
Recommend project closure	Project Plan	Project Brief	Project Initiation Documentation	Project Plan	Work Packages

¹ ILX Group plc Copyright 2009

11.3. Το πρότυπο PMBoK

11.3.1. Ιστορικά στοιχεία

Το Project Management Institute περιέγραψε με αναλυτικό τρόπο το σύνολο των γνώσεων που απαιτούνται για μια επιτυχημένη διαχείριση έργου (PMI, 2004). Το PMBoK έχει τύχει παγκόσμιας αναγνώρισης ως ένα απ' τα κυριότερα πρότυπα για την διαχείριση έργων, από τις μεγαλύτερες εταιρείες, αλλά και από τους διεθνείς οργανισμούς Institute of Electrical and Electronics Engineers (2004), American National Standards Institute (2000) κλπ. Αυτή τη στιγμή βρισκόμαστε ήδη στην 5^η έκδοση του PMBoK, το οποίο πλέον είναι δομημένο σε 10 γνωστικές περιοχές που προσδιορίζουν τις διαδικασίες που πρέπει να εκτελεστούν για την πλήρη και επιτυχή ολοκλήρωση του έργου.

11.3.2. Γνωστικές περιοχές του PMBoK (5^η έκδοση)

Περιγράφουμε στην συνέχεια τις **10 γνωστικές περιοχές του PMBoK**:

1. Διαχείριση ενοποίησης του έργου (Project Integration Management)

Ενοποιεί τις διαδικασίες του έργου που αφορούν την ανάπτυξη του γραφήματος του έργου, το σχεδιασμό της διαχείρισης του έργου και τη διεύθυνση και τη διαχείριση των εργασιών του έργου. Ακόμα ενοποιεί τις διαδικασίες για τον έλεγχο των εργασιών του έργου και των αλλαγών του έργου. Τέλος ενοποιεί όλες τις απαραίτητες ενέργειες για το κλείσιμο του έργου όπως αποδοχή και έλεγχο των παραδοτέων.

2. Διαχείριση σκοπού-αντικειμένου του έργου (Project Scope Management)

Η διαχείριση του αντικειμένου του έργου στοχεύει στον αναλυτικό προσδιορισμό όλων των διαδικασιών του έργου, στη συγκέντρωση των απαιτήσεων που έχουν αυτές οι διαδικασίες, στην λεπτομερή αποτύπωση του αντικειμένου των διαδικασιών, στη δημιουργία μιας δομής ανάλυσης τους, στην τεκμηρίωση του αντικειμένου τους και τέλος στον έλεγχο όλων των δραστηριοτήτων.

3. Διαχείριση χρόνου του έργου (Project Time Management)

Εδώ γίνεται η διαχείριση της σχεδίασης του χρονοδιαγράμματος, όπου ορίζουμε τις δραστηριότητες μαζί με τη σχέση αλληλουχίας τους, γίνεται εκτίμηση των πόρων που χρειάζονται οι δραστηριότητες και εκτίμηση της διάρκειας για την ολοκλήρωσή τους. Στη συνέχεια σχεδιάζεται το χρονοδιάγραμμα του έργου και γίνεται ο έλεγχός του.

4. Διαχείριση κόστους έργου (Project Cost Management)

Η γνωστική περιοχή της διαχείρισης του κόστους έργου είναι απαραίτητη σε οποιοδήποτε έργο δεδομένου ότι κάθε έργο υπόκειται σε οικονομικούς περιορισμούς. Απαιτείται η κοστολόγηση των δραστηριοτήτων, ο καθορισμός του προϋπολογισμού του έργου και ο έλεγχος του κόστους κάθε δραστηριότητας ξεχωριστά.

5. Διαχείριση ποιότητας έργου (Project Quality Management)

Σημαντική γνωστική περιοχή που περιλαμβάνει το σχεδιασμό της διαχείρισης ποιότητας έργου, διασφάλιση της ποιότητας έργου και το έλεγχο της ποιότητας έργου

6. Διαχείριση ανθρώπινων πόρων έργου (Project Human Resources Management)

Η διαχείριση ανθρώπινων πόρων περιλαμβάνει το σχεδιασμό, τη συγκρότηση της ομάδας, την ανάπτυξη και εκπαίδευση των μελών της ομάδας και τέλος τη διαχείριση της ομάδας των ανθρώπων που θα εργαστούν για την ολοκλήρωση του έργου.

7. Διαχείριση επικοινωνιών έργου (Project Communications Management)

Είναι η διαδικασία στην οποία θα αναλυθούν και θα σχεδιαστούν οι διάλογοι επικοινωνίας μεταξύ των μελών που συμμετέχουν σε ένα έργο, θα γίνει η διαχείριση του είδους των επικοινωνιών και των προτύπων που θα χρησιμοποιηθούν στις επικοινωνίες του έργου, θα ορισθούν παράμετροι όπως η συχνότητα και η έκταση των επικοινωνιών και τέλος θα ελεγχθούν οι αναφορές από τις διάφορες επικοινωνίες.

8. Διαχείριση ρίσκου έργου (Project Risk Management)

Περιλαμβάνει το σχεδιασμό της διαχείρισης κινδύνων που σημαίνει να αναγνωρίζονται οι περιοχές του ρίσκου, να γίνονται ποιοτικές και ποσοτικές αναλύσεις του ρίσκου σε κάθε δραστηριότητα του έργου και αντίστοιχα να προετοιμάζονται οι ενέργειες εκείνες που θα έρχονται σαν απάντηση κάθε φορά που θα παρουσιάζεται ένα συμβάν που έχει προβλεφθεί από την ανάλυση κινδύνου. Η ανάλυση κινδύνου δεν είναι μέθοδος για την αποφυγή κάποιου μη επιθυμητού γεγονότος, αλλά προετοιμασία ώστε να γίνεται έγκαιρη προειδοποίηση όταν επέλθει ο κίνδυνος και να είναι έτοιμες οι διαδικασίες που θα αποτελούν την απάντηση στο γεγονός που συνέβη.

9. Διαχείριση προμηθειών έργου (Project Procurement Management)

Περιλαμβάνει το σχεδιασμό της διαχείρισης των προμηθειών. Αποφασίζουμε ποια παραδοτέα θα προμηθευτούμε και ποια θα παράγουμε μόνοι μας. Γίνεται διεξαγωγή διαγωνισμών αν απαιτούνται και εκτελούνται οι παραγγελίες, αφού εξασφαλιστούν οι καλύτεροι δυνατοί όροι για τις προμήθειες. Τέλος σχεδιάζεται η διαχείριση των προμηθευτών.

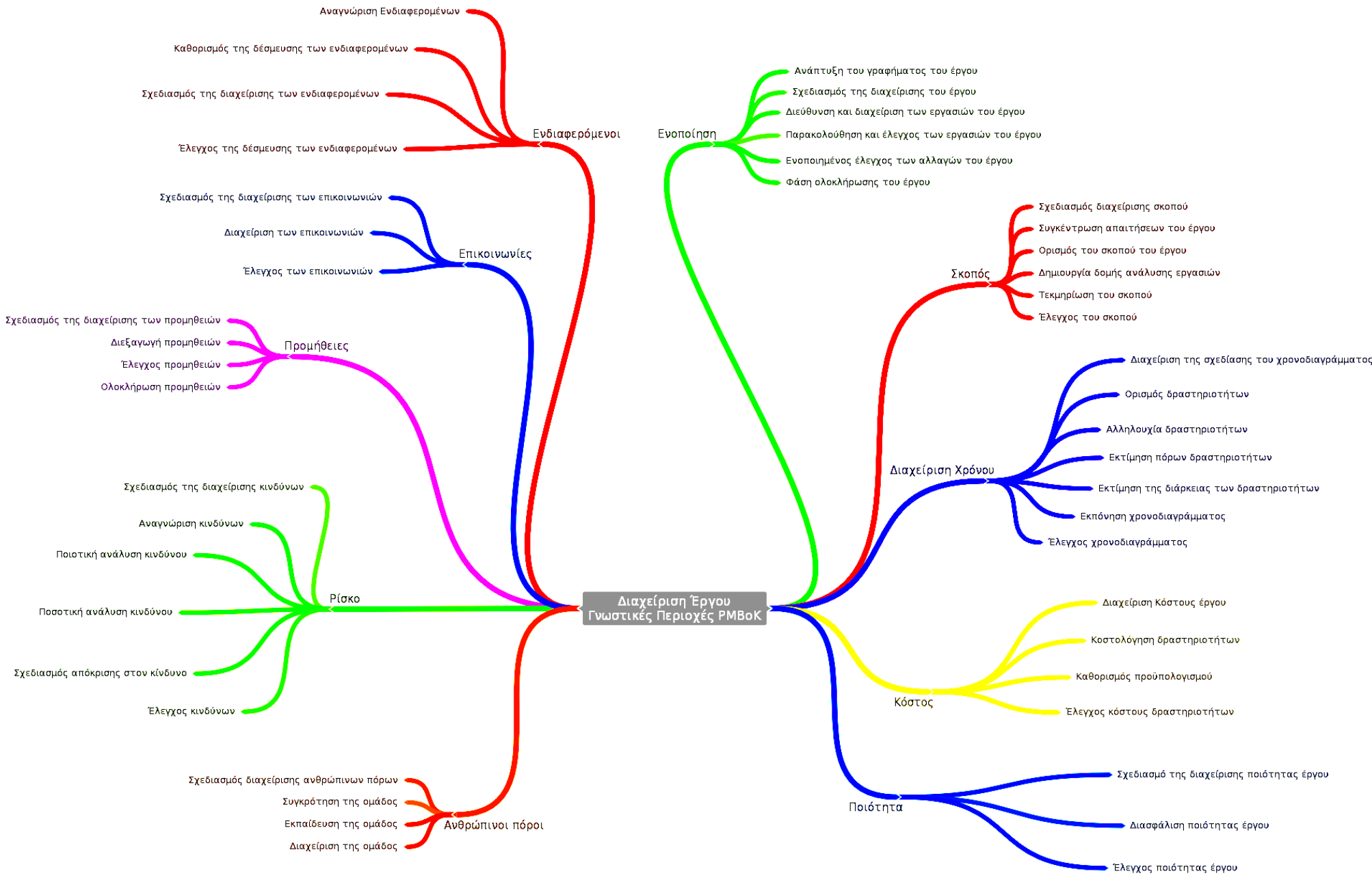
10. Διαχείριση ενδιαφερομένων του έργου (Project Stakeholders Management)

Η διαχείριση των ενδιαφερομένων μερών ενός έργου περιλαμβάνει την αναγνώριση των μερών που δυνητικά θα μπορούσαν να ενδιαφέρονται για το έργο, ο προσδιορισμός και ο έλεγχος της δέσμευσης που έχουν τα ενδιαφερόμενα μέρη σε σχέση με τους σκοπούς του έργου και τέλος γίνεται ο σχεδιασμός της διαχείρισης των ενδιαφερομένων.

11.3.3. Γραφική αναπαράσταση γνωστικών περιοχών του PMBoK

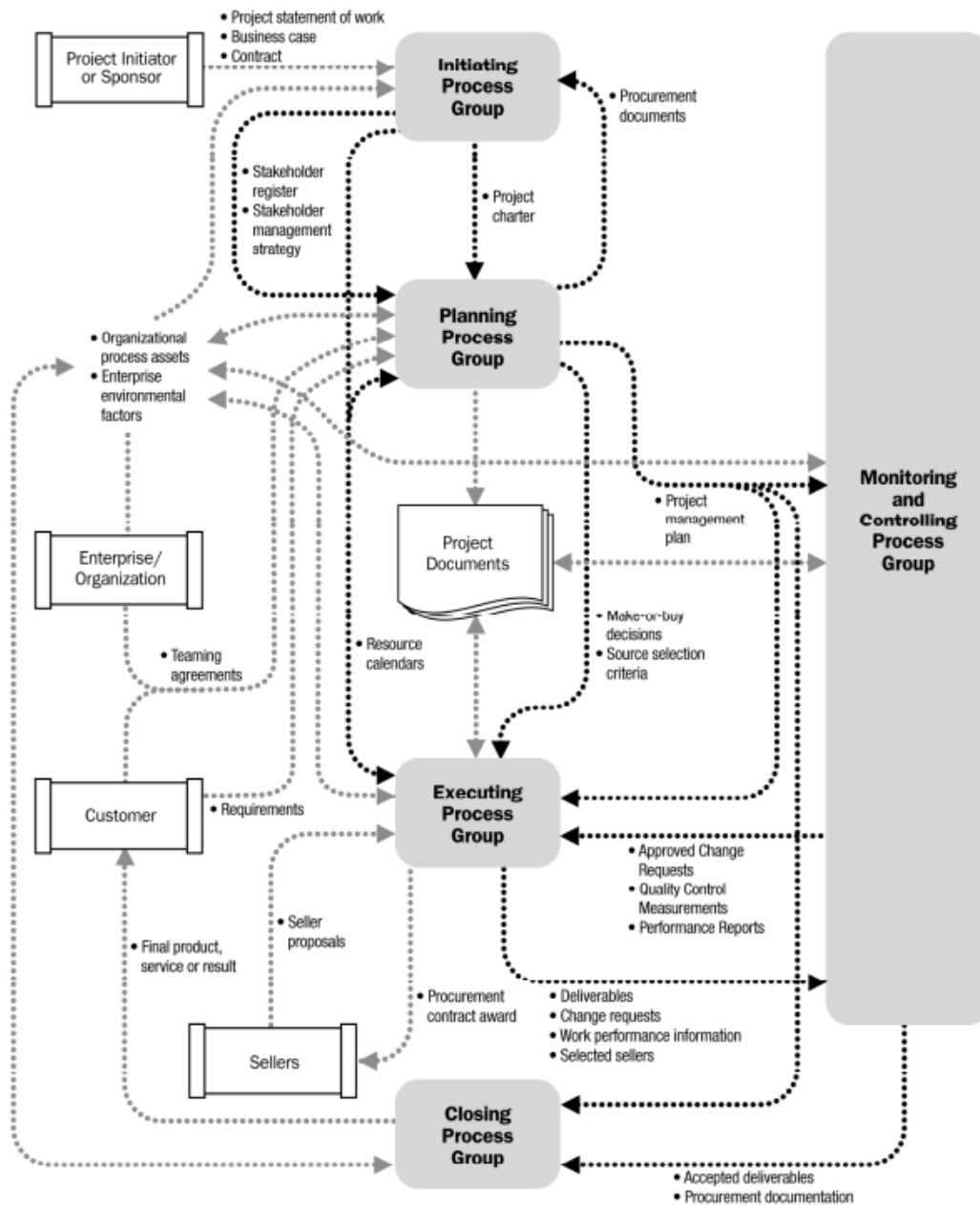
Στο διάγραμμα που ακολουθεί γίνεται μια αναπαράσταση όπου εμφανίζονται οι 10 γνωστικές περιοχές του προτύπου PMBoK.

Διαχείριση Έργου
Γνωστικές Περιοχές PMBoK



11.3.4. Γράφημα της σύνδεσης των διαδικασιών του PMBoK

Στο διάγραμμα που ακολουθεί γίνεται μια αναπαράσταση όπου εμφανίζεται η σύνδεση των διαδικασιών σύμφωνα με το πρότυπο PMBoK.



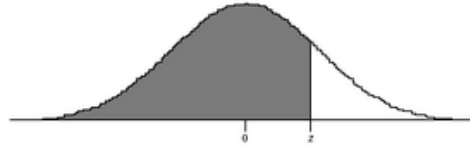
11.4. Σύγκριση των προτύπων PRINCE2 και PMBoK

- Η PRINCE2 αποτελεί ένα πλαίσιο μεθοδολογίας (methodology framework), ενώ το PMBoK είναι ένα σώμα γνώσης βέλτιστων τεχνικών διαχείρισης έργου.
- Η PRINCE2 είναι πιο περιοριστική σε σχέση με το PMBoK, όσον αφορά τα έργα στα οποία μπορεί να εφαρμοστεί.
- Η PRINCE2 είναι προσανατολισμένη στη διαδικασία (ποιος κάνει τι και πότε), ενώ το PMBoK είναι γνωσιολογικό (ότι χρειάζεται να ξέρει ο Διαχειριστής του έργου).
- Η PRINCE2 είναι ευκολότερο να εφαρμοστεί, χωρίς προηγούμενη εμπειρία διαχείρισης του έργου, δεδομένου ότι επιβάλλει διαδικασίες. Το PMBoK είναι πιο εύκολο για την εκμάθηση δεξιοτήτων διαχείρισης έργων, επειδή είναι οργανωμένο ως περιοχές γνώσης.
- Με την PRINCE2 ο διαχειριστής έργου έχει λιγότερο ηγετικό ρόλο και περισσότερο συντονιστικό ρόλο αφήνοντας την πραγματική εξουσία στα στελέχη. Με το PMBoK ο διαχειριστής του έργου είναι στο κέντρο του έργου (έχει σημαντικό ρόλο) και οι αποφάσεις του έχουν απόλυτη ισχύ.
- Στην περίπτωση της PRINCE2 το επιχειρηματικό πλάνο καθοδηγεί το έργο, ενώ στο PMBoK το πλάνο διαχείρισης έργου οδηγεί το έργο.
- Ενισχύοντας την προηγούμενη επισήμανση, η PRINCE2 θεωρεί μόνο τον σκοπό του έργου (προϊόντα) σαν παραδοτέα, ενώ το PMBoK θεωρεί όλα τα αντικείμενα του έργου (δραστηριότητες, χρονικές στιγμές κλειδιά κλπ.) ως παραδοτέα.
- Ως εκ τούτου, η PRINCE2 και το PMBoK είναι συμπληρωματικά πρότυπα/μεθοδολογίες.

Πίνακες Κατανομών

Τυποποιημένη Κανονική Κατανομή (Standardized Normal Distribution Function)

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



z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5190	.5239	.5279	.5319	.5359
.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
.8	.7881	.7910	.7939	.7969	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8513	.8554	.8577	.8529	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9215	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857
2.2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9875	.9878	.9881	.9884	.9887	.9890
2.3	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916
2.4	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936
2.5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952
2.6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964
2.7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974
2.8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9980	.9981
2.9	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986
3.0	.9987	.9987	.9987	.9988	.9988	.9989	.9989	.9989	.9990	.9990

Ξένη Βιβλιογραφία

- Antill James M., Woodhead Ronald W., “Critical Path Methods in Construction Practice”, 4th Edition, John Wiley & Sons, pp: 1-24
- Berger, James; Bernardo, Jose and Sun, Dongchu (2009). "The formal definition of reference priors". *The Annals of Statistics* 37 (2): 905–938.
- Burke Rory, “Project Management: Planning and Control Techniques”, Fourth Edition, John Wiley & Sons, pp: 28-41, 115-168, 180-194
- Drucker, Peter F., *The Practice of Management*, p. 12, (1954)
- Duncan William R., «A Guide to the Project Management Body of Knowledge», Project Management Institute, 1996
- Hamel Gary P., *The Future of Management* (with Bill Breen) (Harvard Business School Press, September 10, 2007)
- Hamel Gary P., *The Core Competence of the Corporation* (Harvard Business Review) (1990)
- Healy Patrick, “Project Management: Getting the job done on time and in budget”, Butterworth – Heinemann (1997)
- Herrerías-Velasco, José Manuel and Herrerías-Pleguezuelo, Rafael and René van Dorp, Johan. (2011). Revisiting the PERT mean and Variance. *European Journal of Operational Research* (210), p. 448–451
- Kelley J.E., jr., Walker M.R., "Critical path planning and scheduling", *Proc. Eastern Joint Computer Conference, Boston, 1959*
- Kerzner H, PHD., “Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling”, Tenth Edition, Wiley, pp: 512-528, 557-569
- Keynes Milton, Faculty of Mathematics and Computing, Course “M865 – Project Management (Unit 3 – Planning)”, Open University, U.K. 1997
- Malcolm, D. G.; Roseboom, J. H.; Clark, C. E.; Fazar, W. (September–October 1958). "Application of a Technique for Research and Development Program Evaluation". *Operations Research* 7 (5): 646–669
- Moder J.J., Phillips C.R., "Project management with CPM and PERT", v. Nostrand-Reinhold, 1970
- Morris, P., & Hough. (1987). *The Anatomy of Major Projects: A Study of the Reality of Project Management*. Wiley.
- Pantouvakis J. P., Manoliadis O. C., “A Practical Approach to Resource Constrained Project Scheduling”, *Operation Research – An International Journal*, 2006, pp: 209-309
- Project Management Institute, “A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)”, 5th Edition, Project Management Institute, 2013
- Project Management Institute, “Project Management Institute Practice Standard for Work Breakdown Structures”, Project Management Institute, Pennsylvania 2001
- Shtub Avraham, Bard Jonathan F., Globerson Shlomo, «Διαχείριση Έργων: Διεργασίες, Μεθοδολογία και Τεχνοοικονομική», Δεύτερη Έκδοση, ΕΠΙΚΕΝΤΡΟ (2008), pp: 395-407, 555-589, 593-604

Snyder, J., & Kline, S. (1987). Modern Project Management: How Did We Get Here – Where Do We Go? Project Management Journal.

Turner I. R., “The Handbook of Project-Based Management”, 2nd Edition, McGraw – Hill, London 1999

Young Trevor L., “The Handbook of Project Management: A Practical Guide to Effective Policies and Procedures”, Kogan 1996, pp: 99-111

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Αθανασόπουλος Κ., Noe R., Hollenbeck J., Gerhart B., Wright P., Διαχείριση ανθρώπινων πόρων “Ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα”, Εκδόσεις Παπαζήση, 2007
- Δημητριάδης Α., Διοίκηση - διαχείριση πληροφοριακών έργων, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, 2009
- Δημητριάδης Α., Διοίκηση - Διαχείριση Έργου “Project Management”, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, 2004
- Κηρυττόπουλος Κ., Εγχειρίδιο διαχείρισης κινδύνων έργων “Η οπτική του μάνατζμεντ”, Κλειδάριθμος, 2006
- Κολέτσος Ιωάννης, Στογιάννης Δημήτρης, Εισαγωγή στην Επιχειρησιακή Έρευνα, Εκδόσεις Συμεών, 2012
- Ευδώνας Π., Μαυρωτάς Γ., Ψαρράς Ι., Ζοπουνίδης Κ., Διαχείριση χαρτοφυλακίων με πολλαπλά κριτήρια “Θεωρία και πράξη”, Κλειδάριθμος, 2011
- Παναγιώτου Ν., Ευαγγελόπουλος Ν., Κατημερτζόγλου Π., Γκαγιαλής Σ., Διαχείριση επιχειρησιακών διαδικασιών, Κλειδάριθμος, 2013
- Παντουβάκης Πάρις Μιχ., Επίκουρος Καθηγητής Ε. Μ. Π., Σημειώσεις Διαχείρισης Τεχνικών Έργων για το 7ο εξάμηνο πολιτικών μηχανικών, «Τεύχος Α’: Προγραμματισμός & Έλεγχος Έργων», Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα 2003, pp: 42-71, 80-127, 138-146, 156-179, 206-212
- Παντουβάκης Πάρις Μιχ., «Διοίκηση Έργων», Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών στη «Διοικητική Επιχειρήσεων και Οργανισμών», 2002
- Πολύζος Σεραφείμ., Διοίκηση και διαχείριση έργων “Μέθοδοι και τεχνικές”, Εκδόσεις Κριτική, 2011