

Κεφάλαιο 10. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΡΓΩΝ

Περιεχόμενα

10.1. Εισαγωγή 2

10.2. Διαχείριση Έργων: Ορισμοί και ανάλυση έργου 4

10.3. Διάγραμμα GANTT 6

10.4. Οργανωτικές δομές 8

10.4.1 Οργανωτική δομή «Pure Project» 8

10.4.2 Οργανωτική δομή «Functional Project» 9

10.4.3 Οργανωτική δομή «Matrix Project» 10

10.5. Προγραμματισμός έργου με τις μεθόδους CPM και PERT 12

10.5.1 Μέθοδος CPM – Critical Path Method 13

10.5.1.1 Καθορισμός των επιμέρους δράσεων, προσδιορισμός της αλληλουχίας εκτέλεσής τους και εκτίμηση των χρόνων ολοκλήρωσή τους. 14

10.5.1.2 Σχεδίαση του δικτύου δράσεων. 15

10.5.1.3 Προσδιορισμός «Κρίσιμων Χρόνων» Δράσεων. Νωρίτερος χρόνος έναρξης (Early Start Time, ES) – Νωρίτερος χρόνος περάτωσης (Early Finish Time, EF) 16

10.5.1.4 Προσδιορισμός «Κρίσιμων Χρόνων» Δράσεων. Βραδύτερος χρόνος έναρξης (Late Start Time, LS) – Βραδύτερος χρόνος περάτωσης (Late Finish Time, LF) 17

10.5.1.5 Χρονικό Περιθώριο Δράσης (Slack time) και Κρίσιμη Διαδρομή (Critical path) 18

10.5.1.6 Συμπεράσματα και σχόλια πάνω στην μέθοδο CPM 20

10.5.2 Μέθοδος PERT – Programme Evaluation and Review Technique 23

10.5.2.1 Εκτίμηση χρόνου περάτωσης εργασιών 24

10.5.2.2 Αναμενόμενος χρόνος εκτέλεσης – Υπολογισμός της κρίσιμης διαδρομής 25

10.5.2.3 Στατιστική προσέγγιση της μεθόδου PERT 27

10.5.2.4 Υπολογισμός της πιθανότητας ολοκλήρωσης του συνολικού έργου σε χρόνο μικρότερο από τον αναμενόμενο TE 28

10.5.2.5 Υπολογισμός της πιθανότητας ολοκλήρωσης του συνολικού έργου σε χρόνο μεγαλύτερο από τον αναμενόμενο TE 30

10.6. Παραδοχές και σχολιασμός για τις μεθόδους CPM και PERT ... 32

10.7. Ερωτήσεις 34

10.8. Παραδείγματα 35

10.1. Εισαγωγή

Στην ιστορική πορεία που έχει διανύσει το ανθρώπινο είδος πάνω στον πλανήτη, στόχος ήταν πάντα η βελτίωση των συνθηκών της ζωής του και οι προσπάθειές του προς αυτή τη κατεύθυνση είχαν πάντοτε σαν άξονα την μέγιστη αξιοποίηση των φυσικών πόρων που διέθετε, κάτω βέβαια από τους περιορισμούς των τεχνολογικών και επιστημονικών δυνατοτήτων της εκάστοτε εποχής. Ιστορικά λοιπόν καταγράφονται προσπάθειες προόδου μέσα από την σύλληψη και εκτέλεση μιας σειράς από μικρά ή μεγάλα έργα. Τα αποτελέσματα ωστόσο δεν ήταν πάντοτε τα αναμενόμενα καθώς πολλές φορές είτε τα έργα αυτά δεν είχαν την ζητούμενη απόδοση, είτε καμιά φορά κατέληγαν και σε πλήρη αποτυχία. Συνήθως οι άνθρωποι προσέγγιζαν τα έργα αυτά με βάση την εμπειρία τους, λειτουργώντας περισσότερο με το ένστικτο όταν καλούνταν να δώσουν λύσεις και μόνο σε ελάχιστα από αυτά υπήρχαν έστω και δείγματα από τεχνικές ή μεθοδολογίες ορθολογικής διαχείρισης, βασισμένα όχι μόνο στην εμπειρία αλλά και σε ανταλλαγή απόψεων και σε επιστημονική σκέψη.

Με το πέρασμα όμως του χρόνου οι ανάγκες και οι απαιτήσεις γιγαντώνονταν με αποτέλεσμα να οδηγηθούμε σιγά-σιγά και κυρίως μετά τον 2ο παγκόσμιο πόλεμο στην ανάγκη για διαχείριση πολύ μεγάλων και πολύπλοκων εγχειρημάτων. Αυτή η τάση ανέδειξε ένα νέο πολύ σημαντικό επιστημονικό κλάδο την **Διαχείριση Έργου (Project Management)**. Γενικά τα μεγάλα έργα αποτελούν σήμερα ένα πεδίο γεμάτο προκλήσεις για τους ανθρώπους που τα διοικούν, προκλήσεις όπως τα απαραίτητα κεφάλαια που διακινούνται, οι αυξημένες απαιτήσεις σε ασφάλεια, η απαιτούμενη προστασία του περιβάλλοντος, η έλλειψη πόρων, ο περιορισμένος διαθέσιμος χρόνος, η ενοποίηση των αγορών, οι νομοθετικές διατάξεις, ο ανταγωνισμός και άλλα. Η σπουδαιότητα των παραπάνω αλλά και οι διαστάσεις που έχουν πάρει είναι τέτοια, ώστε μόνο ο τεκμηριωμένος επιστημονικός χειρισμός μπορεί να τα αντιμετωπίσει αλλά και να οδηγήσει στην απόκτηση ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος και στην επιχειρηματική ευημερία. Καταλήγουμε λοιπόν ότι η συστηματική και ορθολογική χρήση της επιστήμης της διαχείρισης έργου αποτελεί βασική προϋπόθεση για την επιτυχία.

Εύκολα μπορεί να αντιληφθεί κανείς ότι όλα τα ανωτέρω αφορούν παραγωγικά συστήματα κατασκευής έργων, όπως τεχνικές εταιρείες που κατασκευάζουν δομικά έργα (κτίρια, λιμάνια, γέφυρες, φράγματα, δρόμους) ή κατασκευαστικές εταιρείες που παράγουν μεγάλες κατασκευές (αεροπλάνα, πλοία, διαστημόπλοια κλπ.). Ωστόσο στην κατηγορία των έργων (projects) μπορούν να ενταχθούν προϊόντα συστημάτων που δεν έχουν όλα τα απτά χαρακτηριστικά των τεχνικών έργων, όπως αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω, παρουσιάζουν όμως σημαντικές ομοιότητες ως προς την διαδικασία προγραμματισμού και εκτέλεσης της παραγωγής τους. Τέτοια μπορεί να είναι υπηρεσίες όπως ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη και η εισαγωγή στην αγορά ενός νέου προϊόντος ή η γενική συντήρηση μιας πολύπλοκης κατασκευής όπως ένα αεροσκάφος για παράδειγμα. Εδώ αυτό που παράγεται δεν είναι ένα μεγάλο προϊόν, όπως στα παραγωγικά συστήματα παραγωγής έργων, ούτε παίζει πάντοτε ρόλο η χωροταξική διάταξη του

εξοπλισμού γύρω από το έργο. Ωστόσο οι υπηρεσίες αυτές μπορούν να θεωρηθούν σαν έργα και το θέμα της διοίκησής τους να προσεγγισθεί με τις μεθόδους και τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί για την διοίκηση έργων.

Τα προβλήματα που συναντάει κανείς συνήθως στην εκτέλεση ενός σύνθετου έργου (με την ευρύτερη έννοια που δώσαμε στον όρο παραπάνω) έχουν να κάνουν με το μεγάλο πλήθος των επιμέρους δραστηριοτήτων που απαιτούνται για την ολοκλήρωσή του, καθώς και από την διαπλοκή μεταξύ αυτών των επιμέρους δραστηριοτήτων. Οι δραστηριότητες αυτές διασυνδέονται πάντοτε μεταξύ τους με τεχνολογικές, φυσικές, οικονομικές ή άλλες σχέσεις προτεραιότητας, ενώ υπόκεινται σε διάφορους περιορισμούς. Έχουν λοιπόν αναπτυχθεί μέθοδοι και εργαλεία για την επίλυση των προβλημάτων που ανακύπτουν από τις διασυνδέσεις των επιμέρους δραστηριοτήτων σε ένα σύνθετο έργο, όπως η **Μέθοδος της Κρίσιμης Διαδρομής (Critical Path method – CPM)** ή η **Τεχνική Αξιολόγησης και Αναθεώρησης Προγράμματος (Programme Evaluation and Review Technique – PERT)**. Μέσα από αυτές τις μεθόδους ωστόσο το ζητούμενο πάντοτε ήταν οι απαντήσεις σε προβλήματα κατά την εκτέλεση σύνθετων έργων (projects), όπως:

- ❑ Ελαχιστοποίηση του συνολικού χρόνου εκτέλεσης του έργου.
- ❑ Ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους.
- ❑ Ελαχιστοποίηση του κόστους για ένα δεδομένο ολικό χρόνο.
- ❑ Ελαχιστοποίηση του χρόνου εκτέλεσης για ένα δεδομένο κόστος.
- ❑ Ελαχιστοποίηση των πόρων που αδρανούν.

10.2. Διαχείριση Έργων: Ορισμοί και ανάλυση έργου

Έργο (Project) είναι μια σειρά από συσχετιζόμενες εργασίες, προς επίτευξη συγκεκριμένων στόχων, που εκτελούνται εντός προκαθορισμένης χρονικής περιόδου, κάτω από περιορισμούς σε κόστος και σε πόρους.

Οπότε με βάση αυτόν τον ορισμό μπορεί κανείς να προχωρήσει στον ορισμό για την *Διαχείριση Έργου*:

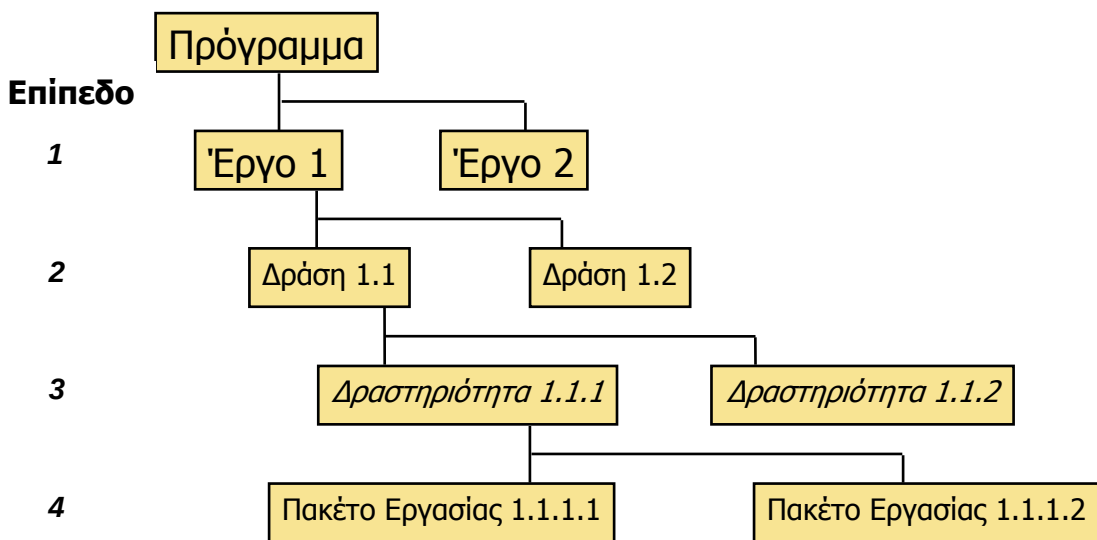
Διαχείριση Έργου (Project Management) είναι η σχεδίαση, ο συντονισμός και ο έλεγχος των πόρων του έργου (άνθρωποι, εξοπλισμός, υλικά) με στόχο την τήρηση των τεχνικών προδιαγραφών καθώς και των περιορισμών κόστους, χρόνου και ποιότητας.

Πολλές φορές είναι σωστό να δοθεί στον όρο έργο η διάσταση του προγράμματος, με την έννοια ότι είναι κάτι που πρέπει να σχεδιαστεί, να προγραμματιστεί και να εκτελεστεί με τους περιορισμούς που αναφέραμε παραπάνω, ώστε να επιτύχουμε τον επιθυμητό στόχο. Συνήθως κυριαρχεί αίσθηση ότι τέτοια έργα – προγράμματα εκτελούνται μια και μόνο φορά. Αυτό μπορεί να συμβαίνει σε κάποια έργα, άλλα όμως επαναλαμβάνονται, ή ως ολοκληρωμένα προϊόντα μεταφέρονται σαν είσοδοι σε άλλα έργα. Εταιρείες που παράγουν μικρό αριθμό προϊόντων αλλά συνήθως μεγάλης αξίας, όπως υπερυπολογιστές, αμαξοστοιχίες, ή γραμμικούς επιταχυντές σωματιδίων, μπορούν να θεωρήσουν τα προϊόντα τους σαν *projects*.

Μπορεί κανείς να θεωρήσει ότι ένα έργο έχει ήδη αρχίσει όταν έχει ήδη υπάρξει μια γραπτή περιγραφή των στόχων που πρέπει να επιτευχθούν, μαζί με μια σύντομη έκθεση για τις εργασίες που πρέπει να γίνουν και ένα προτεινόμενο σχέδιο που θα καθορίζει τις ημερομηνίες έναρξης και ολοκλήρωσης των εργασιών. Μπορεί ακόμα να καθορίζονται οι προδιαγραφές, οι περιορισμοί που αφορούν τον προϋπολογισμό, αλλά και τα σημαντικά διακριτά βήματα που πρέπει να γίνουν μέχρι την ολοκλήρωση του έργου. Τα παραπάνω μπορεί βέβαια να μην είναι ένας αυστηρός κανόνας, ωστόσο είναι αυτά που συναντάμε στην αγγλική βιβλιογραφία με τον όρο *statement of work (SOW)*.

Ένα έργο μπορεί να διαιρεθεί σε επιμέρους **δράσεις (tasks)**. Συνήθως μια τέτοια δράση δεν διαρκεί περισσότερο από μερικούς μήνες και εκτελείται από μια ομάδα ή και από έναν ολόκληρο οργανισμό, μέσα ωστόσο στο ευρύτερο παραγωγικό σύστημα. Αν το έργο είναι τόσο πολυσύνθετο, πολλές φορές υπάρχει η ανάγκη για ακόμα μεγαλύτερη υποδιαίρεση, ώστε να υπάρξει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και έτσι οι δράσεις διαιρούνται σε **επιμέρους δραστηριότητες (subtasks)**. Τώρα κάθε μία από αυτές τις δραστηριότητες συνδέονται με ένα ή περισσότερα **πακέτα εργασίας (work packages)** που είναι ένα σύνολο από συσχετιζόμενες εργασίες που μπορεί να ανατεθούν σε μια λειτουργική μονάδα του ευρύτερου συστήματος. Ένα πακέτο εργασίας είναι εκείνο που περιγράφει τι πρέπει να γίνει στο συγκεκριμένο τμήμα του ευρύτερου έργου, πότε να αρχίσει και πότε να τελειώσει, τον προϋπολογισμό, τις

προδιαγραφές, αλλά και τα συγκεκριμένα βήματα στην διάρκεια του χρόνου. Τέτοια βήματα (milestones στην αγγλική βιβλιογραφία) μπορεί να είναι η ολοκλήρωση του σχεδιασμού, η παραγωγή ενός πρωτοτύπου, η ολοκλήρωση των ελέγχων του πρωτοτύπου κλπ. Στο σχήμα 10.1 μπορούμε να δούμε αυτή ακριβώς την δομή που περιγράψαμε παραπάνω για τα σύνθετα projects.



Σχήμα 10.1

Η **Ανάλυση του έργου σε επιμέρους εργασίες** που παρουσιάζεται στο σχεδιάγραμμα, γνωστή και σαν **work breakdown structure (WBDS)**, καθορίζει την ιεραρχία των *δράσεων*, των δραστηριοτήτων και των πακέτων εργασίας του συνολικού έργου. Η ολοκλήρωση ενός ή περισσότερων πακέτων εργασίας οδηγεί στην ολοκλήρωση μιας δραστηριότητας. Η ολοκλήρωση μιας ή περισσότερων δραστηριοτήτων οδηγεί στην ολοκλήρωση μιας δράσης και τέλος η ολοκλήρωση όλων των δράσεων οδηγεί στο συνολικό έργο. Επιγραμματικά αναφέρεται ότι η ανάλυση του έργου σε επιμέρους εργασίες, όπως περιγράφηκε παραπάνω:

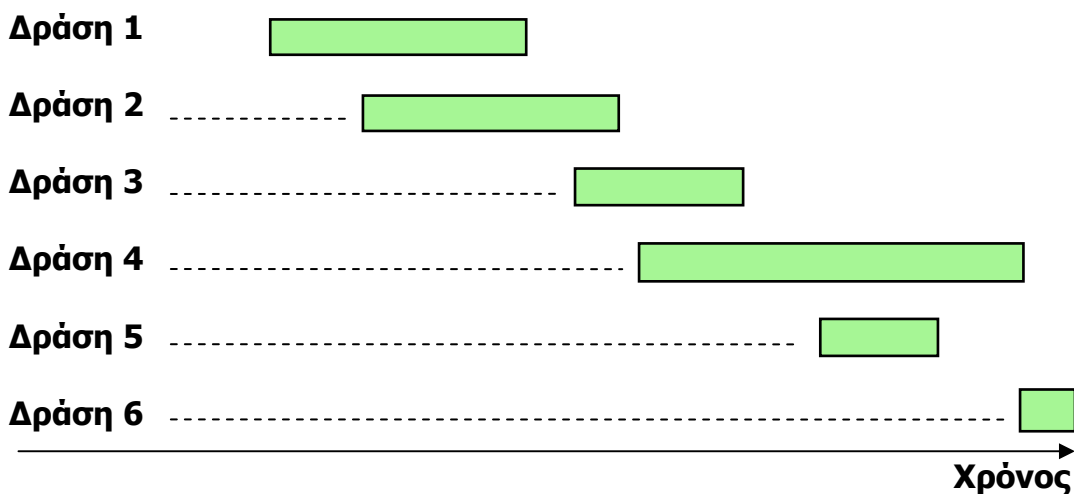
- ❑ Επιτρέπει την ανεξάρτητη εκτέλεση των εργασιών.
- ❑ Διευκολύνει τη διαχείριση των επιμέρους πακέτων εργασίας.
- ❑ Αποδίδει την απαραίτητη εξουσία για διαχείριση.
- ❑ Διευκολύνει την παρακολούθηση και αποτίμηση του έργου.
- ❑ Παρέχει τους απαραίτητους πόρους.

10.3. Διάγραμμα GANTT

Η επιστήμη της διαχείρισης έργου, για να υποστηρίξει την διαδικασία προγραμματισμού των έργων, έχει αναπτύξει μερικές πολύ χρήσιμες τεχνικές και εργαλεία όπως τις μεθόδους CPM και PERT που έχουν ήδη αναφερθεί στην εισαγωγή. Μια ωστόσο από τις δημοφιλέστερες τεχνικές προγραμματισμού έργου, δημοφιλής μέσα στην απλότητά της, είναι το **διάγραμμα Gantt**. Ονομάστηκε έτσι από τον Αμερικανό μηχανολόγο μηχανικό Henry Gantt (1869 – 1919), ο οποίος είναι ο πρώτος που το επινόησε και το χρησιμοποίησε.

Το διάγραμμα Gantt είναι ένα οριζόντιο ραβδόγραμμα που απεικονίζει στην ουσία την σχέση των διαφορετικών δράσεων του έργου, μέσα στον χρόνο. Στον οριζόντιο άξονα του διαγράμματος τοποθετείται ο χρόνος σε κατάλληλες υποδιαιρέσεις που ταιριάζουν με τις ανάγκες και την χρονική διάρκεια του έργου, ενώ στον κατακόρυφο άξονα τοποθετούνται οι τίτλοι των δράσεων του έργου. Η σειρά τοποθέτησής τους συνήθως είναι προς τα πάνω αυτές που αρχίζουν νωρίτερα και προς τα κάτω αυτές που αρχίζουν αργότερα, χωρίς αυτό να αποτελεί και απαραίτητο κανόνα. Η τοποθέτηση μπορεί να είναι και τυχαία ή να ακολουθεί άλλα κριτήρια χωρίς αυτό να επηρεάζει την ορθότητα του διαγράμματος. Οι δράσεις περιγράφονται είτε με τους τίτλους τους είτε με χρήση κωδικών αριθμών που παραπέμπουν σε συγκεκριμένες εργασίες. Στο κύριο τώρα τμήμα του διαγράμματος τοποθετούνται για κάθε δράση και σε οριζόντια διάταξη οι ράβδοι αποτύπωσης του χρόνου, με μήκος ανάλογο με την χρονική διάρκεια που απαιτείται για την ολοκλήρωσή της. Κάθε ράβδος αρχίζει από το σημείο που στον οριζόντιο άξονα αντιστοιχεί με το χρονικό σημείο έναρξης της συγκεκριμένης δράσης.

Στο σχήμα 10.2 παρουσιάζεται ένα τυπικό διάγραμμα Gantt.

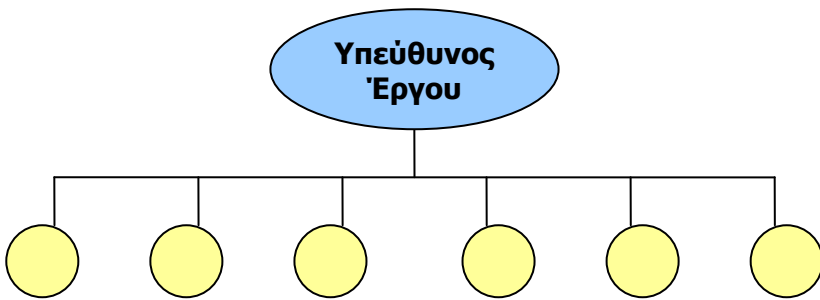


Σχήμα 10.2

Εύκολα μπορεί να αντιληφθεί κανείς την απλότητα του σχηματικού μοντέλου όσον αφορά τα διαγράμματα Gantt. Τα *πλεονεκτήματα* από την χρήση της συγκεκριμένης τεχνικής είναι η σαφής απεικόνιση της χρονικής διάρκειας και της αλληλουχίας των δράσεων, η εύκολη και γρήγορη κατασκευή του, αλλά και η ευκολία με την οποία μπορεί να κατανοήσει ακόμα και κάποιο μη εξειδικευμένο άτομο τις πληροφορίες που το διάγραμμα Gantt παρέχει στον χρήστη του. Βέβαια τα διαγράμματα Gantt δεν έχουν μεγάλες δυνατότητες πληροφόρησης και έτσι συνήθως χρησιμοποιούνται σε λιγότερο πολυσύνθετα έργα. Κάποια από τα *μειονεκτήματά* τους είναι η δυσκολία στην αναπροσαρμογή τους όταν παρουσιάζονται μεταβολές στην χρονική διάρκεια εκτέλεσης κάποιων δράσεων ή δραστηριοτήτων, καθώς επίσης και η δυσκολία της εφαρμογής τους σε έργα με μεγάλο αριθμό δράσεων, λόγω του σημαντικού χώρου που απαιτεί η απεικόνισή τους. Ακόμα υπάρχει αδυναμία στην απεικόνιση των αλληλεξαρτήσεων μεταξύ των δράσεων του έργου και τέλος αδυναμία για την παρουσίαση των κρίσιμων δράσεων ή δραστηριοτήτων για την επιτυχή ολοκλήρωση του συνολικού έργου.

10.4. Οργανωτικές δομές

Κατά την εκτέλεση των έργων (projects) συναντάει κανείς τρεις κύριες οργανωτικές δομές σύμφωνα με τις οποίες οι εταιρείες διεκπεραιώνουν το έργο. Βασική απόφαση της διοίκησης πριν αρχίσει το project είναι να αποφασίσει για την δομή που θα διαμορφωθεί για την εκτέλεσή του. Αυτές είναι οι οργανωτικές δομές "Pure project", "Functional project" και "Matrix project". Πάντως όποια δομή και αν επιλεγεί, η σημασία του project manager (υπεύθυνος έργου αλλά με την σημασία και του υπεύθυνου για τις επιμέρους δράσεις) είναι μεγάλη για την επαφή με τον «πελάτη». Η επικοινωνία και η ευελιξία είναι σε υψηλό επίπεδο από την στιγμή που ένα άτομο είναι υπεύθυνο για την επιτυχή ολοκλήρωση του έργου.



Σχήμα 10.3

10.4.1 Οργανωτική δομή «Pure Project»

Είναι μια κλασσική ιεραρχική δομή με έναν κύριο υπεύθυνο όλου του έργου στον οποίο αναφέρονται άμεσα όλοι όσοι εμπλέκονται στο έργο και που συνήθως αποτελούν μια αυτοτελή ομάδα πλήρως απασχολούμενη σ' αυτό. Στο σχεδιάγραμμα 3 βλέπουμε σχηματικά μια τέτοια δομή.

Αναλυτικότερα τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της συγκεκριμένης οργανωτικής δομής δίνονται στην συνέχεια.

Πλεονεκτήματα

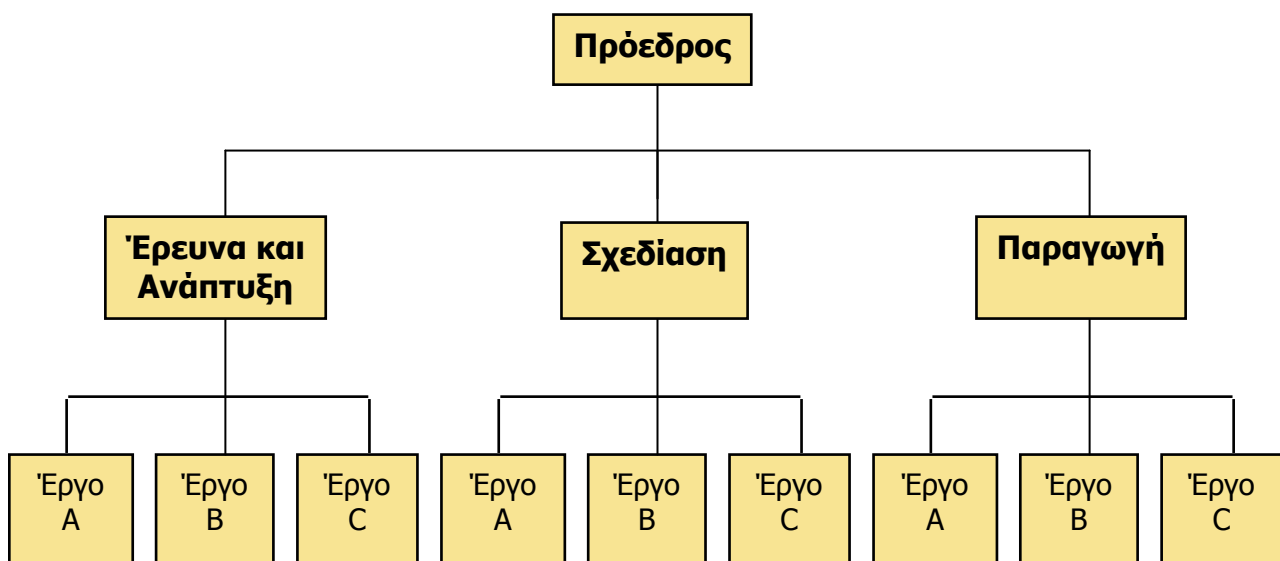
- ❑ Υπάρχει **ένας** υπεύθυνος με πλήρη έλεγχο όλου του έργου
- ❑ Τα μέλη της ομάδας έργου αναφέρονται σε ένα υπεύθυνο
- ❑ Σύντομες «γραμμές» επικοινωνίας
- ❑ Η δέσμευση και η κινητοποίηση των μελών είναι μεγάλη

Μειονεκτήματα

- ❑ Πολλαπλή χρήση πόρων
- ❑ Οι ευρύτεροι οργανωτικοί στόχοι και πολιτικές αγνοούνται
- ❑ Περιορισμένη «μεταφορά εμπειρίας»
- ❑ Τα μέλη της ομάδας ανησυχούν για την αντιμετώπισή τους μετά το πέρας του έργου

10.4.2 Οργανωτική δομή «Functional Project»

Στην περίπτωση της δομής αυτής (που θα μπορούσε να ονομαστεί και λειτουργική οργάνωση) υπάρχει η προσαρμογή του έργου σε μια περισσότερο λειτουργική διαίρεση. Δηλαδή διαχωρίζονται οι κύριες λειτουργίες του έργου και με κάθε μία από αυτές συνδέονται συγκεκριμένα τμήματα του έργου. Στο σχήμα 10.4 δίνεται σχηματικά μια τέτοια δομή.



Σχήμα 10.4

Πλεονεκτήματα

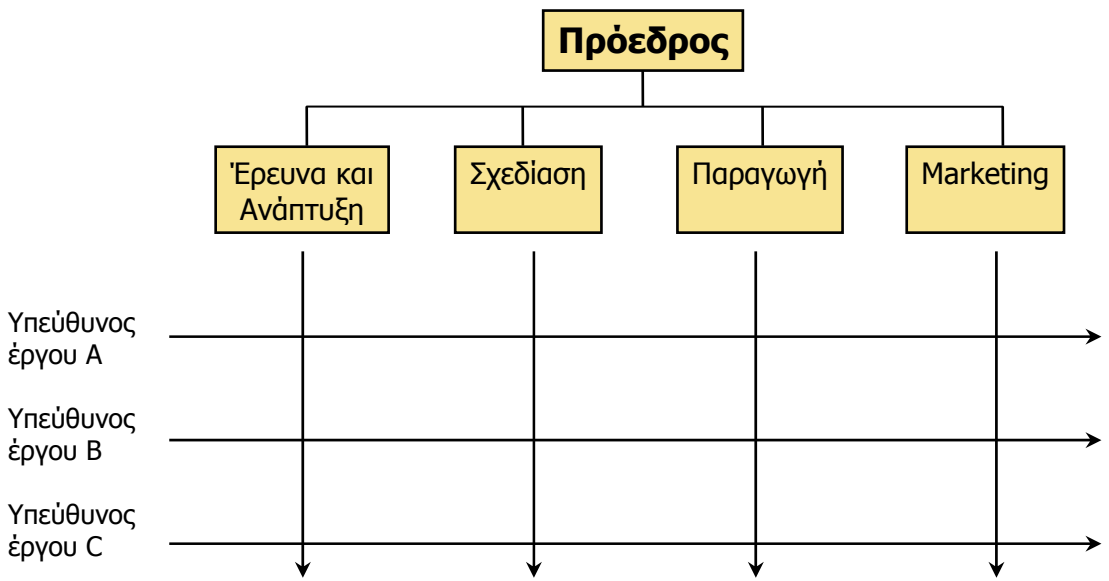
- ❑ Ένα μέλος μπορεί να απασχοληθεί σε πολλά έργα
- ❑ Η τεχνική γνώση και εμπειρία «μένει» στην ομάδα ακόμη και μετά την αποχώρηση κάποιων μελών
- ❑ Οι συμμετέχοντες παραμένουν στη «φυσική» τους θέση μετά την περάτωση του έργου
- ❑ Δημιουργείται «κρίσιμη μάζα» ειδικών για διάφορα πεδία εφαρμογών
- ❑ Υπάρχει κάθετη επικοινωνία

Μειονεκτήματα

- ❑ Περιορισμένος ενθουσιασμός και δέσμευση των μελών
- ❑ Πτυχές του έργου, μη σχετικές με τη λειτουργία του τμήματος, δεν αντιμετωπίζονται με ιδιαίτερη προσοχή
- ❑ Οι ανάγκες του πελάτη θεωρούνται δευτερεύουσες ή ικανοποιούνται με σημαντική καθυστέρηση

10.4.3 Οργανωτική δομή «Matrix Project»

Στην δομή αυτή διαφορετικά έργα ή δράσεις του ίδιου έργου (οι οριζόντιοι είσοδοι στον πίνακα), χρησιμοποιούν πόρους του συστήματος από ξεχωριστές λειτουργικές περιοχές μεταξύ τους (οι κάθετοι είσοδοι στον πίνακα). Έτσι εδώ υπάρχει μια ώσμωση από ιδιότητες των δομών «Pure project» και «Functional project».

**Σχήμα 10.5**

Σε κάθε έργο λοιπόν είναι φανερό ότι χρησιμοποιούνται άνθρωποι από διαφορετικές λειτουργικές περιοχές του συστήματος. Ο εκάστοτε υπεύθυνος έργου (Project manager) αποφασίζει ποιες δράσεις ή επιμέρους δραστηριότητες πρέπει να γίνουν στα πλαίσια του έργου και πότε, ενώ ο υπεύθυνος για κάθε μια από τις λειτουργικές περιοχές (Functional manager) παρέχει το προσωπικό και τον εξοπλισμό που θα χρησιμοποιηθούν στο έργο.

Πλεονεκτήματα

- ❑ Αυξημένη επικοινωνία μεταξύ τμημάτων
- ❑ Ένας υπεύθυνος αποφασίζει για την πορεία του έργου
- ❑ Η πολλαπλή χρήση πόρων ελαχιστοποιείται
- ❑ Οι συμμετέχοντες παραμένουν στη «φυσική» τους θέση μετά την περάτωση του έργου
- ❑ Οι πολιτικές του οργανισμού τηρούνται εντός του έργου.

Μειονεκτήματα

- ❑ Ύπαρξη δύο αφεντικών (Υπεύθυνος Έργου / Υπεύθυνος Τμήματος)
- ❑ Η επιτυχία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα επικοινωνιακά χαρίσματα του υπεύθυνου έργου
- ❑ Υπάρχει κίνδυνος μειωμένης απόδοσης της ομάδας καθώς κάθε υπεύθυνος έργου επιδιώκει για λογαριασμό του μεγαλύτερη απασχόληση πόρων

10.5. Προγραμματισμός έργου με τις μεθόδους CPM και PERT

Την δεκαετία του 1950 αναπτύχθηκαν οι μέθοδοι CPM και PERT που πολύ γρήγορα αποτέλεσαν δημοφιλέστατα εργαλεία στον σχεδιασμό και στον έλεγχο των projects. Οι μέθοδοι αυτές είναι γραφικές τεχνικές που τις συναντούμε και με τον γενικότερο όρο *Προγραμματισμός έργου με την μέθοδο των δικτύων (network modeling)* ή ακόμα στην διεθνή βιβλιογραφία κάτω από τον όρο *Critical path scheduling*. Σε κάθε έργο, τρεις είναι οι παράγοντες οι οποίοι απασχολούν τους διοικούντες ιδιαίτερα: ο χρόνος, το κόστος και η διαθεσιμότητα των πόρων. Οι παραπάνω τεχνικές αναπτύχθηκαν για να ασχοληθούν ακριβώς με τους τρεις αυτούς παράγοντες, ανεξάρτητα αλλά και σε συνδυασμό μεταξύ τους.

Οι δύο μέθοδοι CPM και PERT, αν και αναπτύχθηκαν ανεξάρτητα και για διαφορετικά έργα στο τέλος της δεκαετίας του 1950, παρουσιάζουν μεταξύ τους εξαιρετικές ομοιότητες.

Η **Μέθοδος της κρίσιμης διαδρομής (μέθοδος CPM – Critical Path Method)** αναπτύχθηκε το 1958 από τους J. E. Kelly της Remington Rand και M. R. Walker της Du Pont για την υποστήριξη του προγραμματισμού των εργασιών κατασκευής και συντήρησης βιομηχανικών συγκροτημάτων παραγωγής χημικών προϊόντων.

Η **μέθοδος PERT (Programme Evaluation and Review Technique)**, που θα μπορούσε να αποδώθει στα ελληνικά με την έκφραση Τεχνική θεωρημένης αξιολόγησης έργου, αναπτύχθηκε το 1958 από το Γραφείο ειδικών έργων του πολεμικού ναυτικού των ΗΠΑ, για την ανάπτυξη και διαχείριση του προγράμματος «Πύραυλοι Polaris».

Οι δύο αυτές μέθοδοι εμφανίζουν το έργο με μια γραφική φόρμα και διασυνδέουν τις συνιστώσες δράσεις του έργου με τρόπο που εστιάζει σ' αυτές που είναι κρίσιμες για την ολοκλήρωσή του. Έτσι υπάρχει η δυνατότητα προγραμματισμού έργων με πολλές διαφορετικές δράσεις που εκτελούνται από διαφορετικά τμήματα και άτομα, προσφέροντας την δυνατότητα άντλησης πληροφοριών τόσο για τον χρόνο εκτέλεσης των δράσεων, όσο και για τη διαδοχή με βάση την οποία πρέπει να εκτελεστούν. Μια σειρά από κρίσιμα ερωτήματα μπορούν να απαντηθούν με την χρήση των μεθόδων CPM και PERT, ερωτήματα που σχετίζονται με την αποτελεσματική παρακολούθηση της πορείας εκτέλεσης των έργων, όπως:

1. Πότε θα ολοκληρωθεί το έργο στο σύνολό του;
2. Πότε έχει προγραμματιστεί να αρχίσουν και να τελειώσουν τα κύρια τμήματα και οι σχετικές δράσεις του έργου;
3. Ποιες είναι οι κρίσιμες δράσεις, δηλαδή εκείνες που δεν πρέπει να καθυστερήσουν για να ολοκληρωθεί το έργο στον καθορισμένο χρονικό ορίζοντα;

4. Ποιες είναι οι μη κρίσιμες δράσεις που μπορούν να καθυστερήσουν χωρίς να καθυστερήσει το συνολικό έργο και πόσο μπορούν να καθυστερήσουν;
5. Ποια είναι η πιθανότητα να ολοκληρωθεί το έργο σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή;
6. Σε ποιες δραστηριότητες πρέπει ο υπεύθυνος του έργου να δώσει ιδιαίτερη προσοχή σε κάθε χρονική στιγμή του έργου;
7. Πως μπορεί να επιταχυνθεί η διαδικασία εκτέλεσης του έργου και ποιες δράσεις θα επηρεαστούν;
8. Είναι δυνατή η μεταφορά πόρων από μη κρίσιμες σε κρίσιμες δράσεις;

Οι απαντήσεις στα παραπάνω ερωτήματα αλλά και σε άλλα είναι βασικό ζητούμενο για τον ορθολογικό προγραμματισμό ενός έργου και δίνονται πραγματικά εύκολα και συστηματικά με την χρήση των μεθόδων CPM και PERT.

10.5.1 Μέθοδος CPM – Critical Path Method

Από τις πολύ πρώιμες ακόμα εφαρμογές της μεθόδου γνώρισε τέτοια απήχηση, που από τότε εφαρμόζεται σε σημαντικό αριθμό έργων διαφόρων τύπων σε παγκόσμια κλίμακα. Για μια απόλυτα επιτυχημένη εφαρμογή της μεθόδου θα πρέπει οι επιμέρους εργασίες (δράσεις ή δραστηριότητες) που σχετίζονται με το έργο, να έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Να είναι καλώς ορισμένες στη διάσταση του χρόνου και η περάτωσή τους να συμπίπτει με το πέρας του συνόλου του έργου,
- Να είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους,
- Να ακολουθούν συγκεκριμένη σειρά εκτέλεσης

Χαρακτηριστικές περιπτώσεις που πληρούν τα παραπάνω χαρακτηριστικά είναι η κατασκευή δομικών έργων, η κατασκευή αεροπλάνων και οι ναυπηγικές βιομηχανίες και έτσι η μέθοδος CPM βρίσκει ευρεία εφαρμογή σ' αυτές. Για την πρακτική εφαρμογή της μεθόδου έχει αναπτυχθεί μια συγκεκριμένη μεθοδολογία που συνίσταται σε γενικές γραμμές από τα παρακάτω βήματα:

1. Καθορισμός των εργασιών ή δράσεων που συνιστούν το σύνολο του έργου.
2. Προσδιορισμός της σειράς (αλληλουχίας) με την οποία πρέπει να εκτελεστούν αυτές.
3. Εκτίμηση του χρόνου ολοκλήρωσης της κάθε επιμέρους εργασίας ή δράσεως.
4. Σχεδιασμός του δικτύου των δράσεων τηρώντας την απαιτούμενη για το έργο αλληλουχία εκτέλεσης.
5. Προσδιορισμός πάνω στο δίκτυο, με διαδρομή από την αρχή προς το τέλος του έργου, της ταχύτερης δυνατής έναρξης και ολοκλήρωσης κάθε δράσης με βάση το δίκτυο και τους χρόνους ολοκλήρωσης.

6. Προσδιορισμός πάνω στο δίκτυο, με διαδρομή από το τέλος προς την αρχή του έργου, του αργότερου χρόνου έναρξης και ολοκλήρωσης κάθε δράσης, με βάση τον ταχύτερο χρόνο ολοκλήρωσης του έργου που προσδιορίστηκε στο προηγούμενο βήμα.
7. Προσδιορισμός του χρόνου που μπορεί να καθυστερήσει κάθε δράση (χρονικό περιθώριο χρόνου) με βάση την διαφορά των χρόνων που βρέθηκαν στα δύο προηγούμενα βήματα.
8. Αναγνώριση και καταγραφή των κρίσιμων δράσεων που είναι εκείνες των οποίων η διαφορά των χρόνων είναι μηδενική και δεν μπορούν κατά συνέπεια να καθυστερήσουν. Αυτές αποτελούν την κρίσιμη διαδρομή.
9. Χρήση των πληροφοριών από τα βήματα 5 και 6 για τον βασικό προγραμματισμό του έργου.

Είναι εύκολα κατανοητό ότι τα σημαντικότερα βήματα θεωρούνται αυτά της εκτίμησης των χρόνων ολοκλήρωσης των επιμέρους δράσεων και του προσδιορισμού της κρίσιμης διαδρομής, του συνόλου δηλαδή των δράσεων που δεν γίνεται να καθυστερήσουν. Έτσι αντιλαμβάνεται κανείς ότι η μέθοδος CPM μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά στις περιπτώσεις που ο χρόνος ολοκλήρωσης κάθε επιμέρους δράσεως του έργου, μπορεί να εκτιμηθεί με σχετική ακρίβεια, είναι δηλαδή μια ντετερμινιστική μεταβλητή. Αυτό συμβαίνει όταν υπάρχουν ικανοποιητικά στοιχεία για την προσέγγιση των προαναφερόμενων χρόνων, δηλαδή είτε στατιστικά στοιχεία από παρόμοια έργα, είτε σε έργα όπου τα υπεύθυνα για την εκτέλεση στελέχη μπορούν με βάση τις τεχνικές γνώσεις τους και την εμπειρία τους να προβλέψουν σωστά τους χρόνους ολοκλήρωσης των δράσεων. Με δεδομένους τους χρόνους ολοκλήρωσης των επιμέρους δράσεων, τα αμέσως σημαντικότερα βήματα είναι η σχεδίαση του δικτύου και ο εντοπισμός της κρίσιμης διαδρομής.

Στην συνέχεια θα αναδειχτεί η μέθοδος με ένα **παράδειγμα** στο οποίο θα ακολουθήθούν διαδοχικά τα απαραίτητα βήματα. Έστω λοιπόν ότι υπάρχει **ένα project που αναλαμβάνει μια εταιρεία συμβούλων**. Σημειώνεται επίσης ότι το παράδειγμά είναι με σταθερό χρόνο εκτέλεσης των επιμέρους εργασιών.

10.5.1.1 Καθορισμός των επιμέρους δράσεων, προσδιορισμός της αλληλουχίας εκτέλεσής τους και εκτίμηση των χρόνων ολοκλήρωσής τους.

Η ομάδα έργου αποφασίζει ποιες είναι οι επιμέρους δράσεις που αποτελούν τις κύριες συνιστώσες του συνολικού έργου. Αυτές μπορεί να είναι *η διερεύνηση των απαιτήσεων του πελάτη, η προετοιμασία της προσφοράς* κλπ. Οι δράσεις αυτές φαίνονται στην πρώτη στήλη του παρακάτω πίνακα 10.1. Αφού καθοριστούν επακριβώς οι δράσεις κωδικοποιείται με κάποιο γράμμα καθεμία απ' αυτές, για την διευκόλυνση στην σχεδίαση του δικτύου (2η στήλη του πίνακα). Κατόπιν προσδιορίζεται η αλληλουχία, η σειρά δηλαδή εκτέλεσής τους που φαίνεται στην 3η στήλη του πίνακα, όπου δίπλα σε κάθε δράση αναγράφεται ποια ή ποιες δράσεις πρέπει να προηγηθούν από αυτή. Τέλος στην 4η στήλη του πίνακα υπάρχει ο εκτιμώμενος από την ομάδα έργου χρόνος που απαιτείται για την

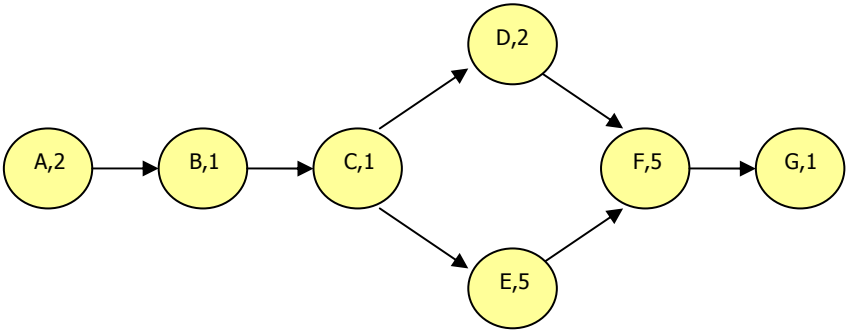
ολοκλήρωση κάθε δράσης. Έτσι λοιπόν φαίνεται ότι το πρώτο πράγμα που θα πρέπει να παράξει η ομάδα έργου ή ο υπεύθυνος για τον προγραμματισμό του έργου είναι ένας πίνακας της μορφής που ακολουθεί:

Δράση	Κωδικός	Συνδεόμενη Δράση	Χρόνος
Διερεύνηση Απαιτήσεων Πελάτη	A	-	2
Προετοιμασία Προσφοράς	B	A	1
Αποδοχή Προσφοράς	C	B	1
Εκτίμηση – Ανάλυση Στόχων	D	C	2
Εκπαίδευση Εργαζομένων	E	C	5
Δημιουργία Πολιτικών Group	F	D,E	5
Συγγραφή Απολογιστικής Έκθεσης	G	F	1

Πίνακας 10.1

10.5.1.2 Σχεδίαση του δικτύου δράσεων.

Αφού λοιπόν έχουν καθοριστεί τα παραπάνω, ο υπεύθυνος του έργου μπορεί να προχωρήσει στην σχεδίαση του δικτύου δράσεων. Οι δράσεις παριστάνονται σαν κόμβοι (κύκλοι όπου στο εσωτερικό τους αναγράφουμε τον κωδικό της δράσης αλλά και τον απαιτούμενο χρόνο για την ολοκλήρωσή της), ενώ με βέλη από κόμβο σε κόμβο δείχνουμε την ακολουθία των δράσεων. Με βάση λοιπόν τον παραπάνω πίνακα, καταλήγουμε στο παρακάτω δίκτυο δράσεων για την εταιρεία συμβούλων.



Παρατηρούμε ότι η δράση C είναι η προγενέστερη δράση και για την D και για την E, ενώ η F λαμβάνει χώρα αφού ολοκληρωθούν και η D και η E. Όταν σχεδιάζουμε ένα δίκτυο δράσεων πρέπει να είμαστε σίγουροι ότι οι δράσεις απεικονίζονται με την σωστή ακολουθία τους και ότι διατηρούμε την λογική που διέπει τις σχέσεις μεταξύ τους. Στην περίπτωση της εταιρείας συμβούλων παρατηρούμε δύο διαδρομές, την ABCDFG και την ABCEFG.

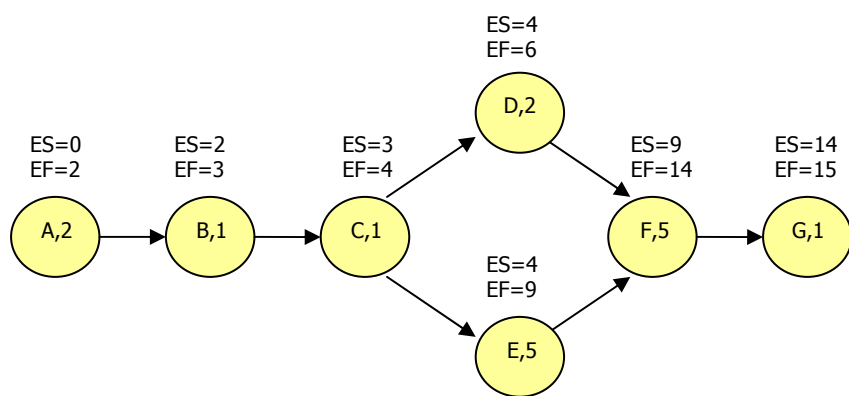
10.5.1.3 Προσδιορισμός «Κρίσιμων Χρόνων» Δράσεων. Νωρίτερος χρόνος έναρξης (Early Start Time, ES) – Νωρίτερος χρόνος περάτωσης (Early Finish Time, EF)

Στην πορεία προς τον εντοπισμό της κρίσιμης διαδρομής πρέπει να υπολογιστούν οι κρίσιμοι χρόνοι των δράσεων του έργου.

Νωρίτερος χρόνος έναρξης (Early Start Time, ES) της δράσης είναι η νωρίτερη χρονική στιγμή κατά την οποία μπορεί να ξεκινήσει η δράση. Αυτό εξαρτάται από το πότε ολοκληρώνεται η προηγούμενη ή οι προηγούμενες δράσεις.

Νωρίτερος χρόνος περάτωσης (Early Finish Time, EF) της δράσης είναι η νωρίτερη χρονική στιγμή κατά την οποία μπορεί να έχει ολοκληρωθεί η δράση και προφανώς ισούται με το ES συν την διάρκεια της δράσης.

Η τεχνική για να προσδιοριστούν αυτοί οι χρόνοι είναι ότι θεωρείται ότι το έργο αρχίζει την χρονική στιγμή 0, οπότε είναι $ES=0$ για την δράση A που είναι η πρώτη στην ακολουθία των δράσεων. Ο συντομότερος χρόνος περάτωσης EF για την δράση A θα είναι προφανώς $ES+2$, αφού 2 εβδομάδες είναι η διάρκεια της, οπότε $EF=2$. Η επόμενη δράση είναι η B η οποία βέβαια δεν μπορεί να αρχίσει πριν ολοκληρωθεί η δράση A. Άρα το ES για την δράση B θα ταυτιστεί με το EF της προηγούμενης δράσης και $ES=2$ για την δράση B. Εφ' όσον τώρα είναι γνωστό ότι η διάρκεια της δράσης B είναι 1 είναι προφανές ότι $EF=ES+1=2+1=3$ για αυτήν. Ακολουθώντας αυτήν την διαδικασία και χρησιμοποιώντας τους χρόνους διάρκειας των δράσεων από τον πίνακα 10.1, παράγεται το παρακάτω σχήμα του δικτύου δράσεων με σημειωμένα τα ES και EF για όλες τις δράσεις.



Σχήμα 10.6

Οι δράσεις D και E έχουν το ίδιο $ES=4$, που σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν ταυτίζεται με το EF της αμέσως προηγούμενης δράσης που είναι η C και για τις δύο. Με διαφορετική διάρκεια ωστόσο των δύο δράσεων, το EF της D είναι 6, ενώ το EF της E είναι 9. Η επόμενη ωστόσο δράση F έχει σαν συνδεόμενες προηγούμενες και τις δύο D και E.

Πότε λοιπόν μπορεί να αρχίσει η F; (διαφορετικά ποιο είναι το ES για την F;). Αφού η F δεν μπορεί να αρχίσει πριν ολοκληρωθούν όλες οι προηγούμενες

συνδεόμενες, είναι προφανές ότι το ES για την F θα ταυτιστεί με το μεγαλύτερο από τα EF των δύο προηγούμενων συνδεόμενων δράσεων. Άρα $ES=9$ για την F δράση. Έτσι λοιπόν ισχύει **ότι ο χρόνος έναρξης μιας δράσης εξαρτάται από το χρόνο περάτωσης των προηγούμενων συνδεόμενων δράσεων.**

Ήδη μπορεί να δοθεί απάντηση σε ένα από τα βασικά μας ερωτήματα, δηλαδή το πόσο χρόνο θα χρειασθεί το συνολικό έργο. Είναι λογικό να ισχύει ότι **ο συντομότερος χρόνος περάτωσης του συνολικού έργου ταυτίζεται με το EF της τελευταίας δράσης.** Αυτός είναι και ο αναμενόμενος χρόνος ολοκλήρωσης του έργου. Στην περίπτωση του project της εταιρείας συμβούλων έχουμε συνολική διάρκεια έργου 15 εβδομάδες.

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

Το επόμενο βήμα στη μέθοδο είναι να υπολογιστούν οι βραδύτεροι χρόνοι έναρξης και περάτωσης των δράσεων.

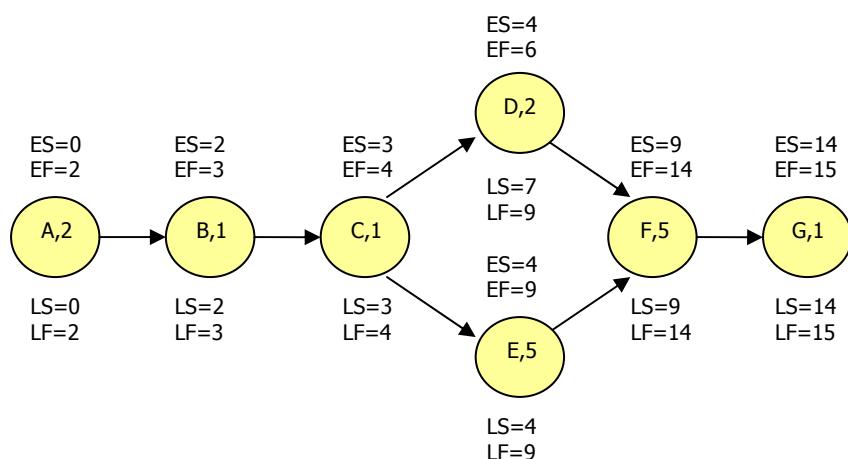
Βραδύτερος χρόνος περάτωσης (Late Finish Time, LF) της δράσης είναι η βραδύτερη χρονική στιγμή κατά την οποία μπορεί να τελειώσει μια δράση χωρίς να παραταθεί ο χρόνος ολοκλήρωσης όλου του έργου.

Βραδύτερος χρόνος έναρξης (Late Start Time, LS) της δράσης είναι η βραδύτερη χρονική στιγμή που μπορεί να αρχίσει μια δράση χωρίς να παραταθεί ο χρόνος ολοκλήρωσης όλου του έργου και προφανώς ισούται με το LF μείον την διάρκεια της δράσης.

Με βάση το παράδειγμά με το project εταιρείας συμβούλων για να εντοπίσει κανείς τους βραδύτερους χρόνους πρέπει να ξεκινήσει από το τέλος του δικτύου προς την αρχή του εξετάζοντας μία - μία δράση κάθε φορά. Όπως ήδη αποδείχτηκε, ο συντομότερος χρόνος περάτωσης του έργου, άρα και ο επιθυμητός, ταυτίζεται με το EF της τελευταίας δράσης που είναι 15 (βλέπε σχήμα 10.6). Οπότε, εφ' όσον ενδιαφέρει η συνολική διάρκεια του έργου να μην ξεπεράσει αυτόν τον εφικτό χρόνο, είναι κατανοητό ότι ο βραδύτερος χρόνος περάτωσης LF της δράσης G δεν μπορεί παρά να είναι 15. Δηλαδή η δράση G δεν μπορεί να τελειώσει μετά την 15η εβδομάδα γιατί θα υπάρχει συνολική χρονική επιμήκυνση του έργου. Άρα $LF=15$ για την δράση G, και προφανώς το LS για την G θα είναι $LS=LF-1=15-1=14$, δηλαδή ο βραδύτερος δυνατός χρόνος έναρξης της δράσης G, είναι το LF της δράσης, μείον την διάρκειά της που στην περίπτωσή μας είναι 1.

Σχετικά με την δράση F είναι φανερό ότι εφ' όσον η βραδύτερη χρονική στιγμή που μπορεί να ξεκινήσει η επόμενη της συνδεόμενη δράση η G, είναι η 14η εβδομάδα ($LS=14$ για την G), δεν μπορεί να τελειώσει αργότερα από την 14η εβδομάδα χωρίς να επιμηκυνθεί χρονικά ολόκληρο το έργο. Άρα ο βραδύτερος χρόνος περάτωσης για την δράση F είναι $LF=14$ και προφανώς ο βραδύτερος χρόνος έναρξης θα είναι το LF της δράσης μείον την διάρκειά της. Άρα $LS=LF-5=14-5=9$ για τη δράση F. Ακολουθώντας αυτήν την διαδικασία και

χρησιμοποιώντας τους χρόνους διάρκειας των δράσεων από τον πίνακα 10.1, παράγεται το παρακάτω σχήμα του δικτύου δράσεων.



Σχήμα 10.7

Με το σκεπτικό που αναπτύχθηκε παραπάνω είναι φανερό ότι οι δράσεις D και E, που είναι και οι δύο προηγούμενες συνδεόμενες της ίδιας δράσης F, έχουν το ίδιο $LF=9$, που δεν μπορεί παρά να ταυτίζεται με το $LS=9$ της κοινής επόμενης τους της F. Τα LS βέβαια για αυτές τις δράσεις είναι διαφορετικά αφού έχει διαφορετική διάρκεια η κάθε μια τους. Ας δούμε τι γίνεται όμως με την δράση C που είναι κοινή προηγούμενη συνδεόμενη και για την D και για την E. Εδώ βλέπουμε ότι η μεν δράση D δεν μπορεί να αρχίσει αργότερα από την 7η εβδομάδα ($LS=7$), ενώ η δράση E δεν μπορεί να αρχίσει αργότερα από την 4η εβδομάδα ($LS=4$), διαφορετικά θα έχουμε χρονική επιμήκυνση του συνολικού έργου. Άρα η αμέσως προηγούμενη κοινή τους δράση C δεν γίνεται να καθυστερήσει να τελειώσει πέρα από την 4η εβδομάδα για να μπορέσει να ξεκινήσει η E που έχει $LS=4$. Άρα ο βραδύτερος χρόνος περάτωσης για την C είναι 4 και $LF=4$.

Αν ζητείται ένας κανόνας για αυτές τις περιπτώσεις, θα μπορούσε κανείς να πει **ότι ο βραδύτερος χρόνος περάτωσης μιας δράσης (LF) θα ταυτιστεί με τον μικρότερο βραδύτερο χρόνο έναρξης (LS) όλων των επόμενων συνδεόμενων δράσεων**. Με βάση λοιπόν όλη την μεθοδολογία που αναπτύχθηκε με την χρήση του παραδείγματος, έχει επιλυθεί πλήρως το δίκτυο δράσεων και έχουν σημειωθεί τα ES, EF, LS και LF για όλες τις δράσεις.

10.5.1.5 Χρονικό Περιθώριο Δράσης (Slack time) και Κρίσιμη Διαδρομή (Critical path)

Στην συνέχεια είναι δυνατόν πλέον να βρεθούν τα χρονικά περιθώρια των δράσεων και να φτάσουμε έτσι στην κρίσιμη διαδρομή, έχοντας τα ES, EF, LS και LF.

Χρονικό Περιθώριο Δράσης (Slack time) είναι το χρονικό διάστημα κατά το οποίο μπορεί να καθυστερήσει μια δράση, χωρίς να επηρεαστεί η ολοκλήρωση του συνολικού έργου. Προφανώς το χρονικό περιθώριο δράσης προκύπτει σαν την διαφορά των LS και ES ή των LF και EF της δράσης.

Χρονικό Περιθώριο Δράσης (Slack time) = $LS - ES = LF - EF$

Εάν από το σχήμα 10.7 υπολογιστούν τα χρονικά περιθώρια όλων των δράσεων παρατηρείται ότι είναι 0 για όλες τις δράσεις εκτός από την δράση D για την οποία ισχύει:

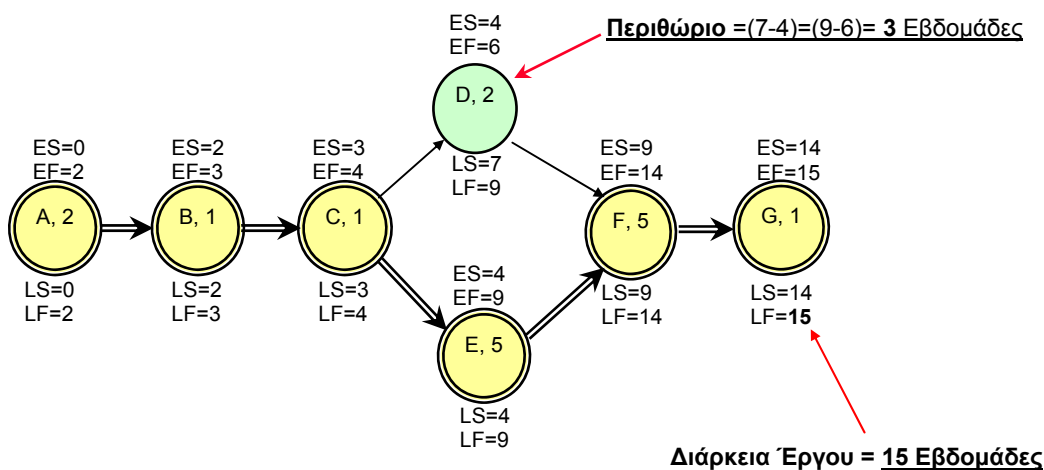
Χρονικό περιθώριο δράσης $D = 7 - 4 = 9 - 6 = 3$ εβδομάδες

Είναι λοιπόν φανερό ότι η δράση D μπορεί να αρχίσει οποτεδήποτε μέσα στο διάστημα των 3 εβδομάδων που μεσολαβεί από το $ES = 4$, μέχρι το $LS = 7$ που είναι το βραδύτερο χρονικό σημείο που μπορεί να ξεκινήσει, σύμφωνα με το δίκτυο δράσεων, χωρίς να επηρεάσει αρνητικά την συνολική διάρκεια του έργου. Όλες οι άλλες δράσεις στο δίκτυο, με μηδενικό περιθώριο δράσης, σημαίνει ότι δεν έχουν περιθώριο να καθυστερήσουν γιατί θα επηρεαστεί αρνητικά η συνολική διάρκεια του έργου.

Έτσι λοιπόν ορίζεται ότι:

Κρίσιμη διαδρομή (Critical path) σε ένα δίκτυο δράσεων είναι η μεγαλύτερη χρονικά διαδρομή από συνδεδεμένες μεταξύ τους δράσεις του δικτύου από την έναρξη μέχρι το πέρας του έργου, που οποιαδήποτε καθυστέρηση στις δράσεις αυτές θα επιφέρει χρονική επιμήκυνση στην ολοκλήρωση του συνολικού έργου. Η κρίσιμη διαδρομή μπορεί επίσης να οριστεί και σαν την διαδρομή στο δίκτυο δράσεων όπου όλες οι δράσεις της παρουσιάζουν μηδενικό slack time ή ακόμα η διαδρομή για την οποία ταυτίζονται τα ζεύγη (ES, EF) (LS, LF).

Οι δράσεις που ανήκουν στην κρίσιμη διαδρομή ονομάζονται και κρίσιμες δράσεις. Αν λοιπόν για κάποια δράση καταλήγει κανείς σε μηδενικό χρονικό περιθώριο, συμπεραίνεται ότι αυτή η δράση ευρίσκεται πάνω στην κρίσιμη διαδρομή. Πολλές φορές σε κάποια περισσότερο πολύπλοκα δίκτυα, προκύπτουν περισσότερες από μία κρίσιμες διαδρομές. Εννοείται ότι ο συνολικός χρόνος των κρίσιμων διαδρομών είναι ο ίδιος και φυσικά μεγαλύτερος από τον συνολικό χρόνο οποιαδήποτε άλλης διαδρομής του δικτύου. Αν επιστρέψει κανείς στο παράδειγμά βλέπει ότι με βάση τα παραπάνω, μόνο η δράση D δεν είναι κρίσιμη δράση και δεν ανήκει στην κρίσιμη διαδρομή (αφού παρουσιάζει $slack\ time = 3 \neq 0$). Όλες οι άλλες δράσεις παρουσιάζουν μηδενικό slack time, ή διαφορετικά ισχύει για αυτές $(ES, EF) > (LS, LF)$ και ευρίσκονται στην κρίσιμη διαδρομή που είναι η ABCFG. Στο παρακάτω σχήμα 10.8 φαίνεται σημειωμένη η κρίσιμη διαδρομή, το slack time για την δράση D και την συνολική διάρκεια του έργου.



Σχήμα 10.8

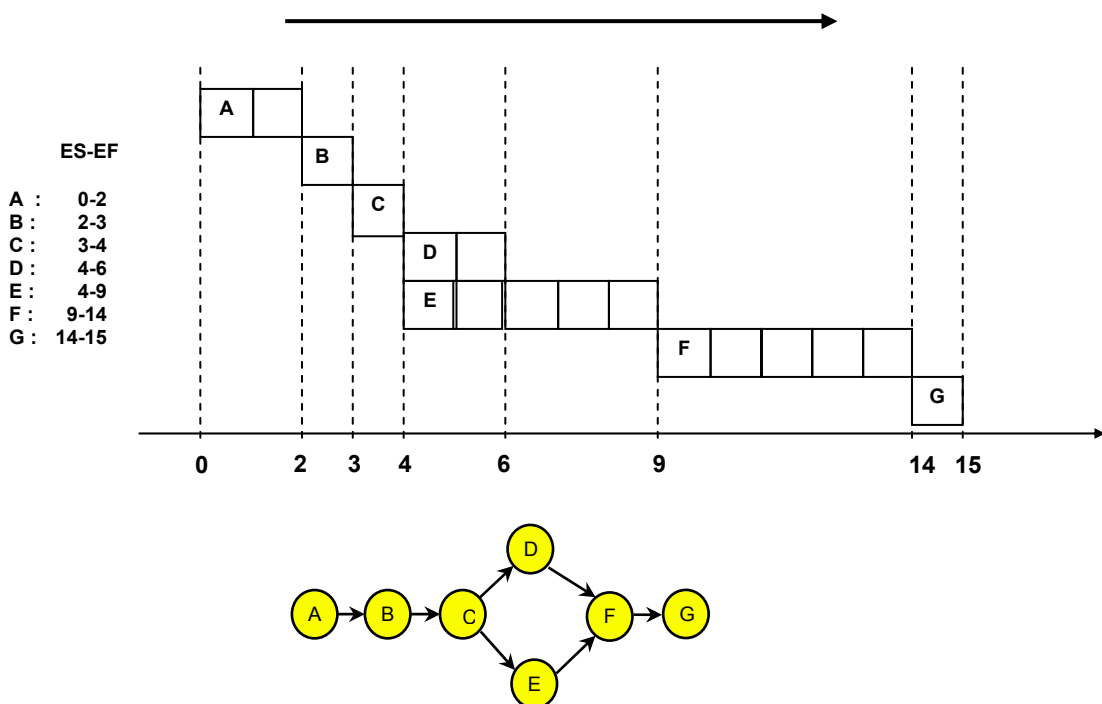
Στο παράδειγμά για το project της εταιρείας συμβούλων, με βάση τον ορισμό ότι **κρίσιμη διαδρομή (Critical path)** σε ένα δίκτυο δράσεων είναι η μεγαλύτερη χρονικά διαδρομή από συνδεδεμένες μεταξύ τους δράσεις του δικτύου από την έναρξη μέχρι το πέρας του έργου, φαίνεται ότι με μια απλή επισκόπηση του δικτύου δράσεων, όπως αυτό παρουσιάζεται στο σχήμα 10.5, χωρίς τα ES, EF, LS και LF και μόνο από τις διάρκειες των δράσεων μπορεί κανείς να εντοπίσει την ABCIEFG σαν την κρίσιμη διαδρομή. Όταν όμως το δίκτυο δράσεων είναι περισσότερο πολύπλοκο (δηλαδή έχουμε ένα πολυσύνθετο έργο), με πολλούς κόμβους και περισσότερα βέλη, είναι δύσκολος ο άμεσος εντοπισμός της. Τότε η παραπάνω μεθοδολογία, καθίσταται απαραίτητη για να οδηγηθεί κανείς στις κρίσιμες δράσεις, στα χρονικά περιθώρια των υπολοίπων δράσεων και τελικά στην κρίσιμη διαδρομή.

10.5.1.6 Συμπεράσματα και σχόλια πάνω στην μέθοδο CPM

Μέσα από την ανάπτυξη της μεθόδου CPM μπορεί εύκολα κάποιος να αντιληφθεί την χρησιμότητά της στον προγραμματισμό των έργων. Ήδη πολλά από τα ερωτήματα που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 10.5, αν όχι όλα, μπορούν να απαντηθούν. Για παράδειγμα μπορεί να προσεγγισθεί ο **συνολικός χρόνος του έργου**, το πόσο μπορούν να καθυστερήσουν ή όχι οι επιμέρους δράσεις του έργου, ποιες από αυτές είναι κρίσιμες δράσεις που ανήκουν στην **κρίσιμη διαδρομή** οπότε δεν υπάρχει περιθώριο καθυστέρησής τους, πόσες είναι οι κρίσιμες διαδρομές για το έργο (αν υπάρχουν περισσότερες από μία), σε ποιες από τις δράσεις πρέπει να δώσει ιδιαίτερη προσοχή (με μεταφορά επιπλέον πόρων) η διοίκηση του έργου και γενικά να προγραμματίσει έτσι το έργο ώστε να ολοκληρωθεί ομαλά μέσα στους επιθυμητούς χρόνους. Μπορεί ωστόσο, χρησιμοποιώντας τα στοιχεία που προκύπτουν από την μέθοδο και να αναθεωρήσει τον σχεδιασμό του έργου, αν οι χρόνοι που προκύπτουν είναι μεγαλύτεροι από τους επιθυμητούς, με το να αναθεωρήσει την κρίσιμη διαδρομή

ελέγχοντας και συμπιέζοντας χρονικά τις δράσεις της αν γίνεται (π.χ. με την χρήση επιπλέον πόρων).

Είναι λοιπόν δυνατόν σε ένα δίκτυο δράσεων να υπάρξουν περισσότερες κρίσιμες διαδρομές. Οποιαδήποτε άλλη διαδρομή στο δίκτυο που οδηγεί από την έναρξη του έργου στο τέλος του, περιλαμβάνει δραστηριότητες των οποίων η συνολική διάρκεια είναι μικρότερη από αυτήν της κρίσιμης διαδρομής. Φυσικά αν για κάποιο λόγο αυξηθεί πάνω από κάποιο όριο η διάρκεια μιας ή περισσότερων δράσεων μιας μη κρίσιμης διαδρομής, η διαδρομή αυτή καθίσταται κρίσιμη, αντικαθιστώντας την προηγούμενη κρίσιμη. Για να συμβεί αυτό θα πρέπει η αύξηση αυτή να είναι μεγαλύτερη της διαφοράς, μεταξύ της διάρκειας της κρίσιμης διαδρομής και της συνολικής διάρκειας των δράσεων της μη κρίσιμης διαδρομής.



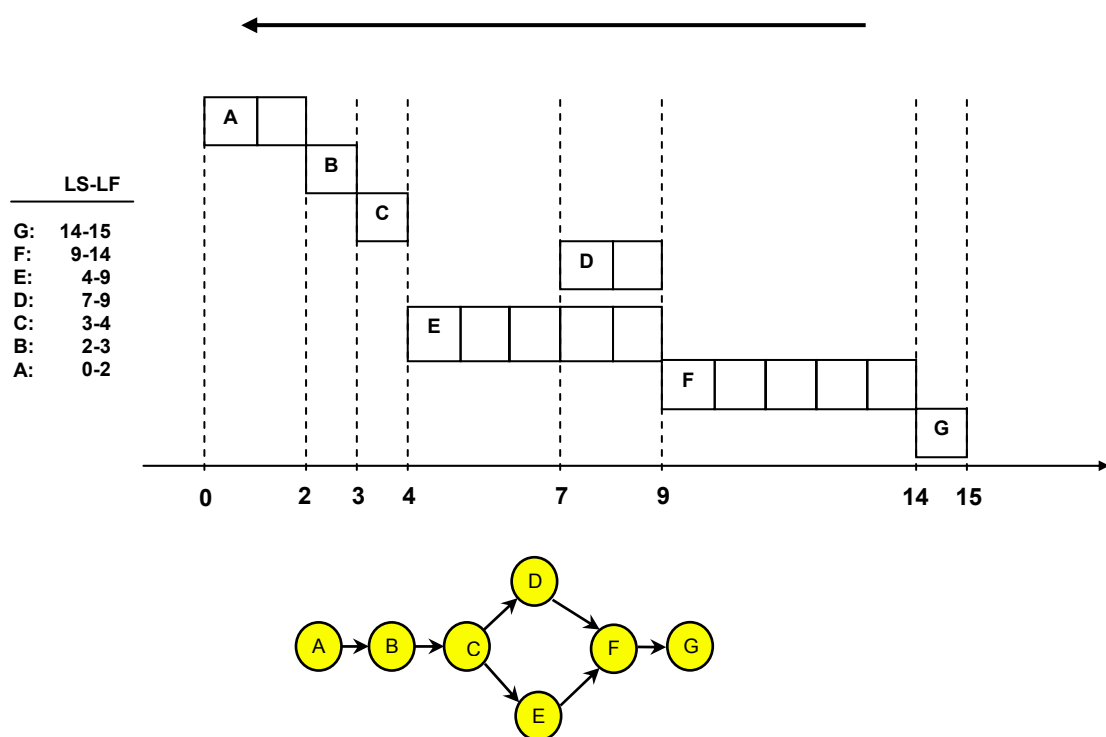
Σχήμα 10.9

Η ύπαρξη των **χρονικών περιθωρίων (slack time)** στις δράσεις που δεν ανήκουν στην κρίσιμη διαδρομή, επιτρέπει τον προγραμματισμό τους σύμφωνα με τις ανάγκες και τις προτεραιότητες του συνολικού έργου. Στο παράδειγμα που αναφέρθηκε η δράση D παρουσιάζει slack time 3 εβδομάδες. Αυτό επιτρέπει να προγραμματιστεί η έναρξη της δράσης D οποτεδήποτε μέσα στο χρονικό διάστημα από την εβδομάδα 4 (ES=4), μέχρι την εβδομάδα 7 (LS=7). Αυτή η ιδιότητα των μη κρίσιμων δράσεων φαίνεται καλύτερα αν χρησιμοποιηθεί το διάγραμμα Gantt, που στον οριζόντιο άξονά του απεικονίζεται η διάσταση του χρόνου. Στο σχήμα 10.9 φαίνεται ακριβώς αυτό με την μη κρίσιμη δράση D να ξεκινάει την χρονική στιγμή που ταυτίζεται με το ES της (ES=4).

Η προσέγγιση αυτή στον προγραμματισμό των μη κρίσιμων δράσεων ονομάζεται **Προγραμματισμός των νωρίτερων χρόνων έναρξης (Early Start schedule)**. Σ' αυτήν την περίπτωση προγραμματίζεται η έναρξη τους όσον το

δυνατόν ενωρίτερα, ακριβώς δηλαδή στο ES τους. Με αυτήν την προσέγγιση ολοκληρώνεται το project αλλά και όλες οι επιμέρους δράσεις, το συντομότερο δυνατόν.

Πολλές φορές όμως αυτό δεν είναι το επιθυμητό. Μπορεί κανείς λοιπόν να μιλήσει για την ακριβώς αντίθετη προσέγγιση στον προγραμματισμό των μη κρίσιμων δράσεων και να έχει **Προγραμματισμό των βραδύτερων χρόνων έναρξης (Late Start schedule)**. Η προσέγγιση αυτή μπορεί να προσφέρει στην καλύτερη αξιοποίηση των πόρων του συστήματος. Στο σχήμα 10.11 που ακολουθεί παρουσιάζεται αυτός ακριβώς τον προγραμματισμό για την δράση του παραδείγματός μας. Έτσι λοιπόν γίνεται κατανοητό ότι σε ένα πολύπλοκο έργο με αρκετές μη κρίσιμες δράσεις ο προγραμματισμός αυτού του είδους είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας.



Σχήμα 10.10

Αν συγκρίνει κανείς τα δύο σχήματα 10.9 και 10.10 από τα διαγράμματα Gantt φαίνεται άμεσα μέσα σε ποια χρονικά περιθώρια μπορεί να μετακινηθεί η μη κρίσιμη δράση D. Η ύπαρξη των χρονικών περιθωρίων (slack time) των μη κρίσιμων δράσεων διευκολύνει τον προγραμματισμό τους, με τρόπο που να εξομαλύνεται χρονικά κατά το δυνατόν η χρήση των μέσων εκτέλεσής τους (των πόρων του συστήματος). Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή και με τον όρο εξομάλυνση φορτίου. Πράγματι, η έναρξη των μη κρίσιμων δράσεων αυτών κατά τους νωρίτερους χρόνους έναρξής τους (ES), συνήθως συνεπάγεται τη συσσώρευση μεγάλων απαιτήσεων σε συντελεστές παραγωγής σε ορισμένες χρονικές περιόδους. Με την αξιοποίηση όμως των διαθέσιμων περιθωρίων για κάθε μη κρίσιμη δράση, μεταφέροντας δηλαδή σε κατάλληλο χρόνο την έναρξη

(και αντίστοιχα πέρας) κάθε τέτοιας δράσης, πάντα όμως μέσα στα διαθέσιμα περιθώρια, επιτυγχάνεται η κατά το δυνατόν πιο σταθερή και ομοιόμορφη χρήση των πόρων εκτέλεσης του έργου. Έτσι λοιπόν επιτυγχάνονται συχνά θετικές οικονομικές συνέπειες για το έργο, αφού μειώνεται ο άεργος χρόνος του μόνιμου προσωπικού και των μηχανημάτων και αποφεύγεται κατά την αιχμή των απαιτήσεων η απασχόληση εποχικού προσωπικού, η ενοικίαση πρόσθετου εξοπλισμού, η ανάθεση τμημάτων του έργου σε υπεργολάβους κλπ.

10.5.2 Μέθοδος PERT – Programme Evaluation and Review Technique

Η μέθοδος PERT αναπτύχθηκε παράλληλα αλλά ανεξάρτητα από την μέθοδο CPM. Ωστόσο πολύ γρήγορα έγινε και αυτή το ίδιο δημοφιλής όσο και η CPM και αποτελεί ισχυρό εργαλείο στην διοίκηση και τον προγραμματισμό των έργων. Η ομοιότητα των δύο μεθόδων είναι εξόχως εντυπωσιακή αν σκεφτεί κανείς ότι αναπτύχθηκαν ανεξάρτητα μεταξύ τους. Αυτό κατά μια έννοια ίσως να οφείλεται στον κοινό τους πρόγονο κατά κάποιον τρόπο, το ευρέως χρησιμοποιούμενο διάγραμμα Gantt. Παρ' όλα αυτά ενώ το διάγραμμα Gantt μπορεί να οπτικοποιήσει τη σχέση των επιμέρους δράσεων με τον χρόνο, είναι δύσκολο να εκφράσει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους (αλληλουχία) και ειδικά αν έχουμε δράσεις σε αριθμό πάνω από 20 ή 30 καταντά δύσχρηστο εργαλείο. Επίσης δεν προσφέρει μια εύκολη διαδικασία για τον εντοπισμό της κρίσιμης διαδρομής που βέβαια είναι μεγάλης πρακτικής αξίας. Αντίθετα και η μέθοδος CPM και η μέθοδος PERT μπορούν να διαχειριστούν μεγάλο αριθμό δράσεων μέσα στο έργο αλλά και δίνουν την κρίσιμη διαδρομή.

Έτσι λοιπόν είναι προφανής η μεγάλη ομοιότητα μεταξύ των δύο μεθόδων CPM και PERT. Και οι δύο χρησιμοποιούν κόμβους και βέλη για να κτίσουν το δίκτυο δράσεων. Ωστόσο αρχικά ενώ η μέθοδος CPM χρησιμοποιούσε (και χρησιμοποιεί) τους κόμβους για να εκφράσει τις δράσεις και τα βέλη για να δείξει την ακολουθία τους, η μέθοδος PERT χρησιμοποιούσε τα βέλη για να συμβολίσει τις δράσεις και τους κόμβους για να σηματοδοτήσει την αρχή και το τέλος τους. Ωστόσο επειδή με τον καιρό και στην πράξη κρίθηκε σαν πιο αποτελεσματική στην απεικόνιση των δράσεων και των σχέσεων μεταξύ τους, η προσέγγιση της CPM, τείνει πλέον να επικρατήσει αυτός ο συμβολισμός και στην μέθοδο PERT. Στην παρούσα παράγραφο για την μέθοδο PERT ακολουθείται αυτός ο συμβολισμός (οι δράσεις στους κόμβους και η αλληλουχία τους στα βέλη).

Μια άλλη σημαντική διαφορά είναι ότι ενώ η μέθοδος CPM χρησιμοποιεί μία μόνο εκτίμηση για τον απαιτούμενο χρόνο για την ολοκλήρωση των δράσεων (την καλύτερη δυνατή εκτίμηση), η μέθοδος PERT χρησιμοποιεί τρεις εκτιμήσεις την αισιόδοξη, την απαισιόδοξη και την πιθανότερη ή συντηρητική. Αυτή η διαφοροποίηση στην μέθοδο PERT με τις τρεις εκτιμήσεις των χρόνων ολοκλήρωσης των δράσεων, επιτρέπει χρησιμοποιώντας τα εργαλεία της στατιστικής να βρεθεί η πιθανότητα να ολοκληρωθεί το έργο νωρίτερα από μια ημερομηνία ή αντίθετα την πιθανότητα να ξεφύγει η ολοκλήρωση του έργου πέρα από μια ημερομηνία.

10.5.2.1 Εκτίμηση χρόνου περάτωσης εργασιών

Στη μέθοδο CPM μια από τις βασικές παραδοχές είναι ότι η διάρκεια κάθε δράσης του έργου είναι σταθερή, δηλαδή δεν χαρακτηρίζεται από τυχαιότητα, η οποία μπορεί να μεταβάλλει το μέτρο της. Αυτό είναι εύλογο όταν υπάρχει απόλυτη βεβαιότητα για την διάρκεια των δράσεων, όταν δηλαδή κάθε μια από αυτές είναι τυποποιημένη και απολύτως ελεγχόμενη, μη εξαρτώμενη δηλαδή από εξωτερικούς παράγοντες. Συχνά όμως στην πράξη δεν συμβαίνει αυτό, ιδίως για εργασίες που εκτελούνται για πρώτη φορά, οπότε δεν υπάρχει εμπειρία ή στατιστικά στοιχεία, ή για εργασίες που υπόκεινται στην επίδραση μεταβλητών εξωτερικών παραγόντων (π.χ. καιρικών ή οικονομικών). Στην περίπτωση αυτή μπορεί να εφαρμοστούν μέθοδοι βασισμένες στην υπόθεση ότι η αβεβαιότητα όσον αφορά τη διάρκεια κάθε δράσης μπορεί να παρασταθεί με την βοήθεια στατιστικών κατανομών ή με κάποιο άλλο τρόπο.

Η μέθοδος PERT στηρίζεται στην υπόθεση ότι ο χρόνος περάτωσης κάθε δράσης του έργου είναι μια στοχαστική μεταβλητή που ακολουθεί την κατανομή βήτα (beta distribution). Αντί μιας σταθερής τιμής για την διάρκεια αυτού του χρόνου δίνονται τρεις εκτιμήσεις για αυτή την τιμή:

Ελάχιστη ή αισιόδοξη εκτίμηση a , που αντιστοιχεί στην πιο αισιόδοξη εκτίμηση της διάρκειας της δράσης, που θα προκύψει υπό τις ευνοϊκότερες συνθήκες εκτέλεσης της. (Υπάρχει μόνο μια πολύ μικρή πιθανότητα, όχι περισσότερο από 1% η δράση να ολοκληρωθεί σε ακόμα μικρότερο χρόνο).

Συντηρητική ή η πλέον πιθανή εκτίμηση m , που είναι η τιμή που θα προέκυπτε συχνότερα, αν η δράση επαναλαμβανόταν πολλές φορές, ή που θα αποτελούσε την εκτίμηση της διάρκειας, αν επρόκειτο να γίνει μια μοναδική τέτοια εκτίμηση.

Μέγιστη ή απαισιόδοξη εκτίμηση b , που θα προκύψει κάτω από τις δυσμενέστερες συνθήκες. (Υπάρχει μόνο μια πολύ μικρή πιθανότητα, όχι περισσότερο από 1% η δράση να ολοκληρωθεί σε ακόμα μεγαλύτερο χρόνο).

Οι παραπάνω εκτιμήσεις στην πράξη γίνονται από έμπειρα και αρμόδια πρόσωπα, που συνήθως είναι και οι υπεύθυνοι για την εκτέλεση κάθε δράσης, παίρνοντας υπ' όψιν τους παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την διάρκειά της.

Το επόμενο βήμα στην μέθοδο PERT είναι η κατάστρωση από τους ειδικούς του πίνακα των δράσεων με την κωδικοποίηση τους, την αλληλουχία τους (τις συνδεόμενες δράσεις) και τους χρόνους διάρκειας για κάθε μια. Ισχύουν ακριβώς τα ίδια με το αντίστοιχο βήμα της μεθόδου CPM, όπως αναπτύχθηκε στην παράγραφο 5.1.1, με την διαφορά ότι τώρα υπάρχουν τρεις εκτιμήσεις για την χρονική διάρκεια κάθε δράσης αντί για μία. Έστω ότι υπάρχει ένα project του οποίου οι δράσεις, η αλληλουχία τους και οι τρεις εκτιμήσεις για τις διάρκειες τους δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Εκτίμηση χρόνου περάτωσης (ημέρες)

Κωδικός	Συνδεόμενη Δράση	(a)	(m)	(b)
		Αισιόδοξη	Συντηρητική	Απαισιόδοξη
A	-	3	6	15
B	-	2	4	14
C	A	6	12	30
D	A	2	5	8
E	C	5	11	17
F	D	3	6	15
G	B	3	9	27
H	E,F	1	4	7
I	G,H	4	19	28

Πίνακας10.2

10.5.2.2 Αναμενόμενος χρόνος εκτέλεσης – Υπολογισμός της κρίσιμης διαδρομής

Λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι η διάρκεια κάθε δράσης είναι μια στοχαστική μεταβλητή που ακολουθεί την κατανομή βήτα και έχοντας τις τρεις εκτιμήσεις για την διάρκεια των δράσεων, μπορεί κανείς να υπολογίσει τον **αναμενόμενο χρόνο περάτωσης t** κάθε δράσης με την παρακάτω σχέση:

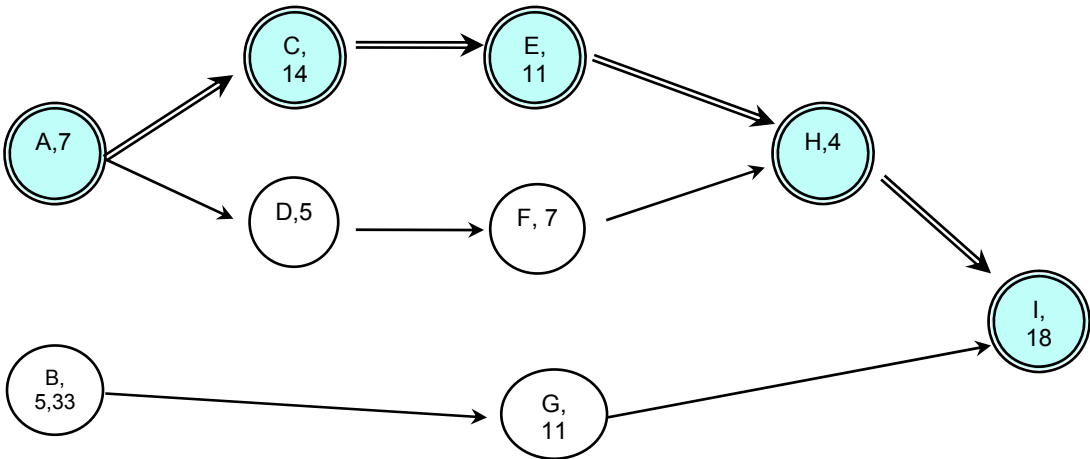
$$\text{Αναμενόμενος Χρόνος Περάτωσης μιας Δράσης} = \frac{a + 4m + b}{6}$$

Η σχέση αυτή προκύπτει από την κατανομή βήτα και δίδει βαρύτητα στην συντηρητική εκτίμηση m τέσσερις φορές σε σχέση με τις άλλες δύο εκτιμήσεις. Με βάση την σχέση αυτή και χρησιμοποιώντας τις τρεις εκτιμήσεις, υπολογίζεται ο αναμενόμενος χρόνο περάτωσης t για κάθε μία από τις δράσεις και έτσι δημιουργείται ο πίνακας 10.3.

Κωδικός	Συνδεόμενη Δράση	Αναμ. Χρόνος Περάτωσης
A	-	7
B	-	5.333
C	A	14
D	A	5
E	C	11
F	D	7
G	B	11
H	E,F	4
I	G,H	18

Πίνακας 10.3

Χρησιμοποιώντας τα στοιχεία του πίνακα 10.3 για τις δράσεις, την αλληλουχία τους και τους αναμενόμενους χρόνους τους και ακολουθώντας ακριβώς την ίδια μεθοδολογία που αναπτύξαμε διεξοδικά στην μέθοδο CPM, μπορεί κανείς να καταστρώσει το δίκτυο δράσεων του έργου και να το επιλύσει έτσι ώστε να καταλήξει στην **κρίσιμη διαδρομή** και επομένως στην **αναμενόμενη διάρκεια του έργου** TE (το άθροισμα των αναμενόμενων χρόνων διάρκειας των δράσεων της κρίσιμης διαδρομής). Ακολουθώντας τα παραπάνω βήματα καταλήγει κανείς στο δίκτυο δράσεων που φαίνεται στο σχήμα 10.11.



Σχήμα 10.11

Αναμενόμενη Διάρκεια = 54 ημέρες
 (= 7 + 14 + 11 + 4 + 18)

Στο επιλυμένο δίκτυο δράσεων του σχήματος 10.11 είναι σημειωμένη η κρίσιμη διαδρομή που περιλαμβάνει τις δράσεις ACEHI. Από το άθροισμα των αναμενόμενων χρόνων περάτωσης t κάθε μιας από τις δράσεις της κρίσιμης διαδρομής προκύπτει ότι η **αναμενόμενη διάρκεια του έργου** T_E είναι 54 ημέρες.

10.5.2.3 Στατιστική προσέγγιση της μεθόδου PERT

Ένα έργο απαρτίζεται από μια σειρά δράσεων με στοχαστική διάρκεια. Η συνολική διάρκεια ενός έργου, ισούται με την διάρκεια εκτέλεσης της κρίσιμης διαδρομής και προφανώς έχει μέση τιμή και τυπική απόκλιση που εξαρτώνται από την μέση τιμή και τυπική απόκλιση του χρόνου εκτέλεσης των επιμέρους δράσεων. Με βάση την στατιστική θεωρία, το άθροισμα των τιμών ενός μεγάλου αριθμού στοχαστικών μεταβλητών που ακολουθούν την ίδια κατανομή, είναι και αυτό μια στοχαστική μεταβλητή. Η μεταβλητή αυτή ακολουθεί την κανονική κατανομή (Normal Distribution), με μέση τιμή ίση με το άθροισμα των μέσων τιμών των επιμέρους στοχαστικών κατανομών και διακύμανση (Variance) ίση με το άθροισμα των διακυμάνσεών τους. Οι βασικές σχέσεις του Κεντρικού Οριακού Θεωρήματος της Στατιστικής είναι οι ακόλουθες.

$$m_T = \sum t = T$$

$$\sigma_T = \sqrt{\sum \sigma_t^2}$$

Οι επί μέρους στοχαστικές μεταβλητές στην περίπτωση αυτή είναι οι αναμενόμενοι χρόνοι περάτωσης των επιμέρους δράσεων και ακολουθούν την κατανομή βήτα. Παρακάτω δίνονται όλα τα μεγέθη με τους συμβολισμούς τους που θα χρειασθούν στην παραπέρα ανάλυσή.

m_T = Μέση Τιμή Διάρκειας Έργου

σ_T = Τυπική Απόκλιση Διάρκειας Έργου

t = Αναμενόμενος Χρόνος Περάτωσης Μίας Δράσης

σ_t = Τυπική Απόκλιση Διάρκειας Μίας Δράσης, που υπολογίζεται ως : $\sigma_t = \left(\frac{b-a}{6} \right)$

T_E = Αναμενόμενη διάρκεια έργου = 54 ημέρες

Η σχέση που δίνει την τυπική απόκλιση διάρκειας μιας δράσης (και συνακόλουθα την διακύμανσή της σ_t^2), αγνοεί την συντηρητική εκτίμηση και πιο πιθανή, για τον χρόνο περάτωσης των δράσεων και προκύπτει σαν το 1/6 της διαφοράς των δύο ακραίων εκτιμήσεων. Η συντηρητική εκτίμηση m για τους χρόνους περάτωσης την χρειάζεται στην σχέση για τον υπολογισμό των αναμενόμενων χρόνων περάτωσης των δράσεων και συνακόλουθα μέσω της κρίσιμης διαδρομής και στον υπολογισμό της αναμενόμενης διάρκειας του έργου T_E που είναι 54 ημέρες. Με βάση αυτή την ανάλυση μπορούν να απαντηθούν ερωτήματα του τύπου:

Ποια είναι η πιθανότητα να ολοκληρωθεί το έργο σε λιγότερο από 53 ημέρες; (Αναμενόμενη διάρκεια έργου $T_E = 54$ ημέρες).

10.5.2.4 Υπολογισμός της πιθανότητας ολοκλήρωσης του συνολικού έργου σε χρόνο μικρότερο από τον αναμενόμενο ΤΕ

Για να απαντηθεί αυτό το ερώτημα θα χρησιμοποιηθούν τις ιδιότητες της Κανονικής Κατανομής (Normal Distribution). Θα χρειαστεί ακόμα να υπολογιστούν οι τυπικές αποκλίσεις διάρκειας των επιμέρους δράσεων σ_t και συνακόλουθα τις διακυμάνσεις τους σ_t^2 , την διακύμανση της συνολικής διάρκειας του έργου $\Sigma \sigma_t^2$ και τέλος την τυπική απόκλιση του έργου σ_T . Προκύπτει λοιπόν ο παρακάτω πίνακας 10.4.

(α)			(β)		
Κωδικός	Αισιόδοξη	Συντηρητική	Απαισιόδοξη	Τυπ. Αποκλ.	$\sigma_t = \left(\frac{b-a}{6}\right)$
A	3	6	15	2	
B	2	4	14		
C	6	12	30	4	
D	2	5	8		
E	5	11	17	2	
F	3	6	15		
G	3	9	27		
H	1	4	7		
I	4	19	28	4	

$$\sum \sigma_t^2 = 41 \Rightarrow$$

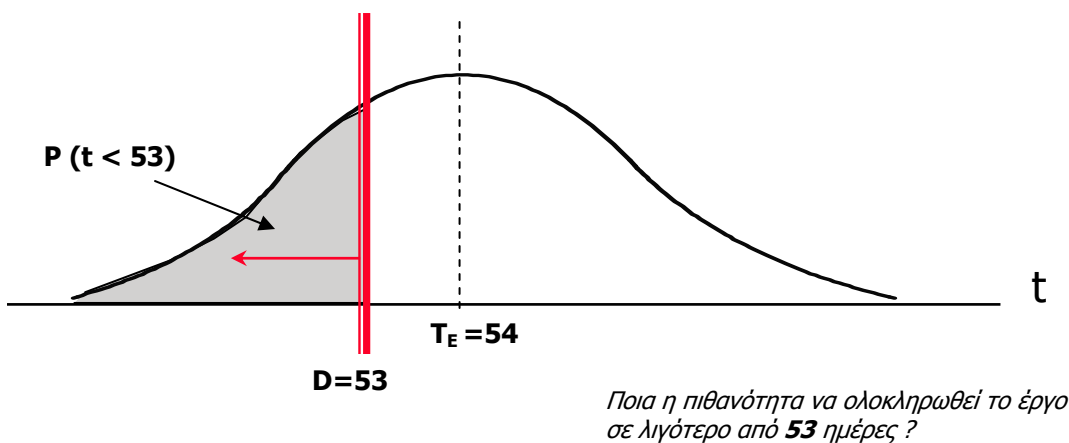
$$\sigma_T = \sqrt{41} \approx 6,4$$

Πίνακας 10.4

Στον πίνακα 10.4 φαίνεται ότι σύμφωνα με την σχέση για την τυπική απόκλιση διάρκειας δράσης, χρησιμοποιούνται μόνο οι ακραίες εκτιμήσεις για τον χρόνο περάτωσης των δράσεων. Επίσης για να φτάσει κανείς στην τυπική απόκλιση διάρκειας του έργου στ χρησιμοποιεί μόνο τις δράσεις που ευρίσκονται στην κρίσιμη διαδρομή, αφού αυτή είναι ως γνωστόν που καθορίζει την διάρκεια του συνολικού έργου. Στον πίνακα 10.4 είναι επίσης σημειωμένες οι τυπικές αποκλίσεις μόνο των κρίσιμων δράσεων, ενώ κάτω από αυτόν με βάση τις γνωστές σχέσεις από το κεντρικό οριακό θεώρημα της στατιστικής έχει υπολογιστεί η στην τυπική απόκλιση διάρκειας του έργου στ που προκύπτει $\sqrt{41}$.

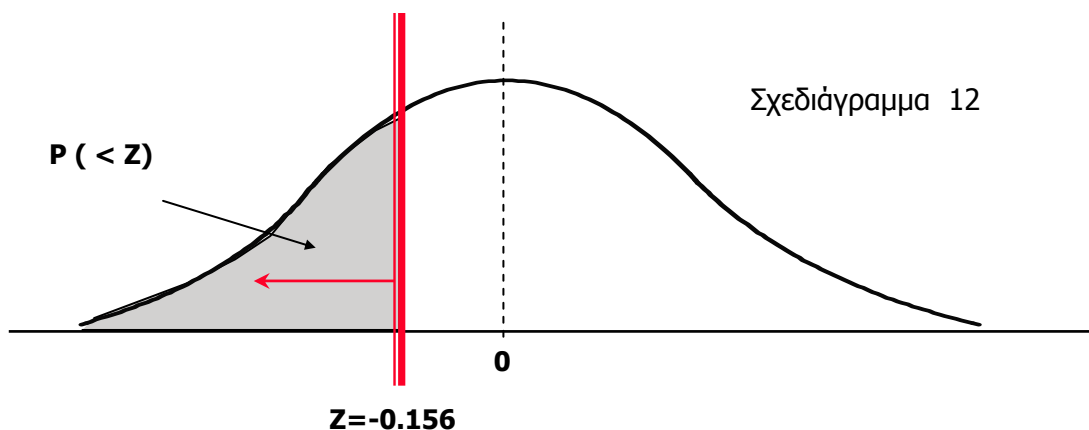
Δεδομένου ότι η συνολική διάρκεια του έργου είναι μια στοχαστική μεταβλητή που ακολουθεί κανονική κατανομή με δεδομένη μέση τιμή και τυπική απόκλιση,

μπορεί να προσδιοριστεί η πιθανότητα η διάρκεια αυτή να έχει μια συγκεκριμένη τιμή. Στην περίπτωση του ερωτήματός που τέθηκε πιθανότητα να ολοκληρωθεί το έργο νωρίτερα από 53 ημέρες. Στο σχήμα 10.12 που ακολουθεί φαίνεται η κανονική κατανομή και το τμήμα κάτω από την καμπύλη που αναζητούμε για να βρούμε την πιθανότητα που μας ενδιαφέρει.



Σχήμα 10.12

Έχοντας τον επιθυμητό D , την αναμενόμενη διάρκεια του έργου T_E και υπολογισμένη την τυπική απόκλιση αυτής της διάρκειας σ_T , μπορεί κανείς να αντικαταστήσει στην σχέση για την βοηθητική μεταβλητή Z που μας δίνει η στατιστική θεωρία και να έχουμε:

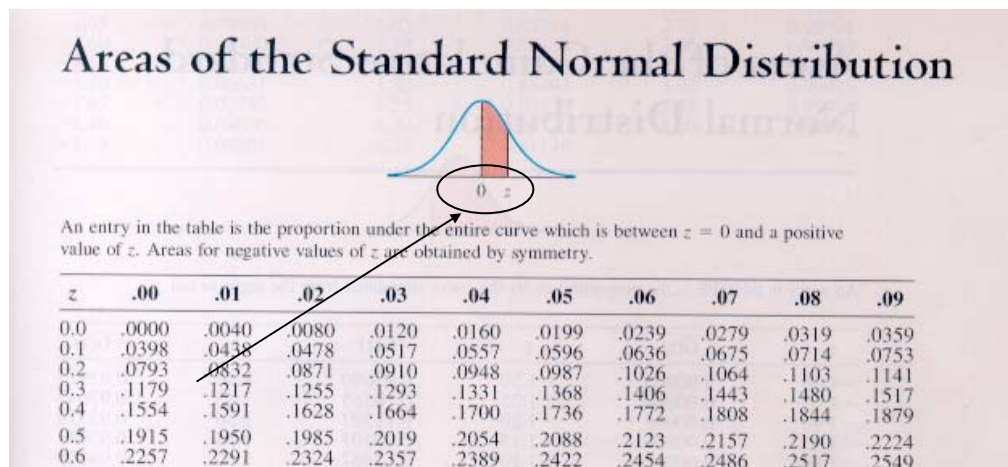


Σχήμα 10.13

Η αντικατάσταση αυτή δείχνεται σχηματικά και στο παρακάτω σχεδιάγραμμα 10.13

$$Z = \frac{D - T_E}{\sqrt{\sum \sigma_t^2}} = \frac{53 - 54}{\sqrt{41}} = -0.156$$

Έχοντας την τιμή της μεταβλητής Z και χρησιμοποιώντας τους σχετικούς πίνακες για την Κανονική κατανομή, να εντοπίσουμε την ζητούμενη πιθανότητα.



Σχήμα 10.14

Από το σχήμα 10.14 είναι $p(z < -0.156) = 0.5 - 0.0636 = 0.436$, ή 43.6 % πιθανότητα να ολοκληρωθεί το έργο σε λιγότερο από 53 εβδομάδες

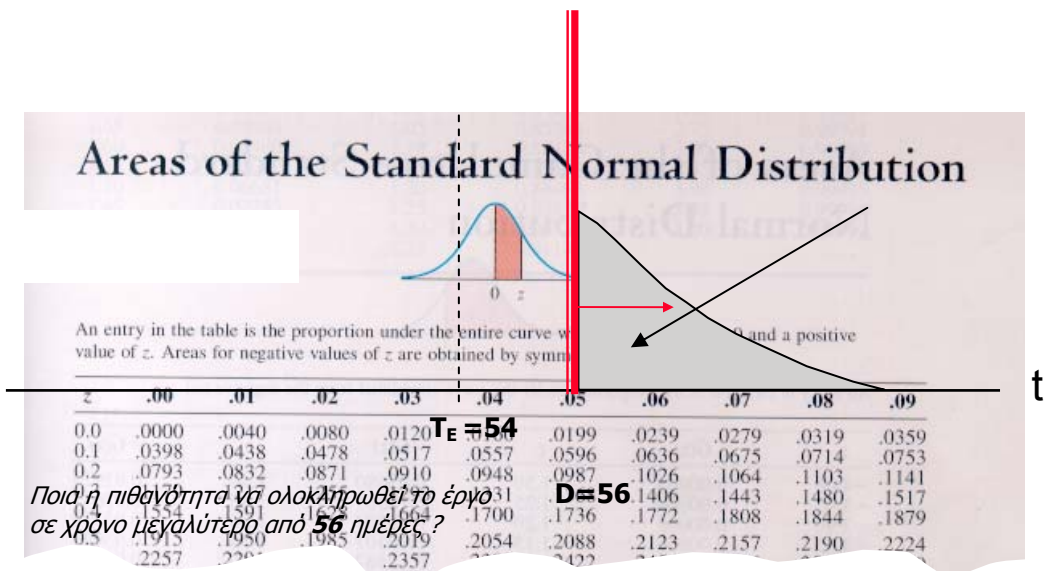
Η μέθοδος PERT λοιπόν, εκμεταλλευόμενη την αβεβαιότητα στην εκτίμηση των χρόνων διάρκειας των επιμέρους δράσεων και προσεγγίζοντας με βασικά εργαλεία της Στατιστικής το θέμα, μπορεί να δώσει εύκολα και γρήγορα την πιθανότητα να ολοκληρωθεί το έργο νωρίτερα από μια ορισμένη χρονική στιγμή. Με τον ίδιο τρόπο μπορούν να υπολογιστούν και οι αντίστροφες πιθανότητες, δηλαδή αν ξαναγυρίσουμε στο παράδειγμά, να απαντηθούν ερωτήματα του τύπου:

Ποια είναι η πιθανότητα να ολοκληρωθεί το έργο σε χρόνο μεγαλύτερο από 56 ημέρες; (Αναμενόμενη διάρκεια έργου $T_E = 54$ ημέρες).

10.5.2.5 Υπολογισμός της πιθανότητας ολοκλήρωσης του συνολικού έργου σε χρόνο μεγαλύτερο από τον αναμενόμενο TE

Το ζητούμενο φαίνεται στο σχήμα 10.15 με την κανονική κατανομή. Επίσης με την χρήση της βοηθητικής μεταβλητής Z είναι:

$$Z = \frac{D - T_E}{\sqrt{\sum \sigma_t^2}} = \frac{56 - 54}{\sqrt{41}} = 0.312$$



$P(t > 56)$

t

Με την χρήση της παραπάνω σχέσης και του σχήματος 10.15 και τους σχετικούς πίνακες για την Κανονική κατανομή, η ζητούμενη πιθανότητα είναι

$p(z > 0.312) = 0.5 - 0.1217 = 0.378$, ή 37.8 % πιθανότητα να ολοκληρωθεί το έργο σε χρόνο μεγαλύτερο από 56 εβδομάδες.

Έτσι λοιπόν είναι φανερό ότι με την χρήση της μεθόδου PERT, μπορεί κανείς να υπολογίσει τις πιθανότητες ολοκλήρωσης του συνολικού έργου σε μικρότερο χρόνο από τον αναμενόμενο ή σε μεγαλύτερο χρόνο από αυτόν. Εάν υπάρξει περίπτωση να υπάρχουν δύο κρίσιμες διαδρομές, για την μέθοδο PERT θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί η διαδρομή με την μεγαλύτερη συνολική διακύμανση, αφού σ' αυτήν παρουσιάζεται η μεγαλύτερη αβεβαιότητα.

Επίσης επιγραμματικά αναφέρεται ότι η μέθοδος PERT μπορεί να εφαρμοστεί και σε μοντέλα που συσχετίζουν τους χρόνους ολοκλήρωσης με το κόστος και δίνει απαντήσεις για τις καλύτερες δυνατές επιλογές όχι μόνο από άποψη χρόνου αλλά και κόστους.

10.6. Παραδοχές και σχολιασμός για τις μεθόδους CPM και PERT

Οι μέθοδοι CPM και PERT μπορούν να απαντήσουν σε κρίσιμης σημασίας ερωτήματα για την διοίκηση και τον προγραμματισμό των έργων, που έχουν να κάνουν με τις κρίσιμες δράσεις, τους χρόνους ολοκλήρωσης και τις πιθανότητες εκπλήρωσης αυτών των χρόνων, τα κόστη και άλλα μεγέθη των προς εξέταση έργων. Ωστόσο ο κόσμος των έργων δεν είναι ένας κόσμος όπου τα πάντα λειτουργούν με ακρίβεια και σαφήνεια και ιδιαίτερα όταν τα έργα είναι πολυσύνθετα. Ήδη η μέθοδος PERT κινείται προς μια τέτοια κατεύθυνση, λαμβάνοντας υπ' όψιν της την αβεβαιότητα στην εκτίμηση των χρόνων περάτωσης των επιμέρους δράσεων. Ωστόσο αρκετές παραδοχές πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν προκειμένου να εφαρμοστούν οι δύο μέθοδοι και να προσεγγισθούν τα έργα με την φιλοσοφία των δικτύων. Παραδοχές ωστόσο που για κανένα λόγο δεν ακυρώνουν την εμβέλεια και την χρησιμότητα των δύο μεθόδων στην διοίκηση των έργων.

Ένα συνήθως δύσκολο σημείο για το προσωπικό που καλείται να εργαστεί με αυτές τις μεθόδους είναι η εξοικείωση ή μη με τα στοιχεία εκείνα της στατιστικής που απαιτούνται, όταν εργαζόμαστε με τις τρεις εκτιμήσεις του χρόνου ολοκλήρωσης των δράσεων (PERT). Η κατανομή βήτα των χρόνων ολοκλήρωσης των δράσεων, οι τρεις εκτιμήσεις των χρόνων, η διακύμανση των δράσεων και η χρήση των ιδιοτήτων της κανονικής κατανομής για να βρει κανείς τις πιθανότητες ολοκλήρωσης του έργου μέσα σε ζητούμενες ημερομηνίες, είναι πάντα πιθανά σημεία δυσκολιών για το προσωπικό, τα οποία μπορούν να οδηγήσουν με μη προσεκτική εφαρμογή, σε λάθος εκτιμήσεις και ως εκ τούτου σε δυσπιστία και σε καθυστερήσεις. Γι' αυτό η διοίκηση πρέπει να εξασφαλίζει ότι το προσωπικό που θα ασχοληθεί με τις εφαρμογές των μεθόδων είναι εξοικειωμένο με την στοιχειώδη αυτή περιοχή της στατιστικής που είναι απαραίτητη.

Παραδοχή 1: Οι δράσεις (εργασίες) του έργου μπορούν να περιγραφούν ως ξεχωριστές οντότητες (entities) με σαφές χρονικό σημείο έναρξης και λήξης.

Στην πραγματικότητα τα έργα και κυρίως τα πολύπλοκα από αυτά, δεν είναι στατικά αλλά μπορεί να μεταβάλλονται σε περιεχόμενο, κατά την διάρκεια του χρόνου εκτέλεσής τους. Έτσι ένα δίκτυο δράσεων του έργου κατασκευασμένο αρχικά, μπορεί να αποδειχθεί εξαιρετικά ανακριβές αργότερα. Ένα άλλο πρόβλημα που προκύπτει είναι ότι από την στιγμή που καθορίζονται οι επιμέρους δράσεις και σχεδιάζεται το δίκτυο δράσεων του έργου και εφ' όσον υπάρχει ακαμψία κατά την εφαρμογή τους, τείνει να μειωθεί η ευελιξία που απαιτείται για να διαχειριστούμε μεταβολές που υπεισέρχονται κατά την εξέλιξη του έργου.

Παραδοχή 2: Η σειρά εκτέλεσης των εργασιών μπορεί να περιγραφεί υπό μορφή δικτύου δράσεων.

Κάποιες φορές η σειρά εκτέλεσης των εργασιών δεν μπορεί να καθοριστεί εκ των προτέρων. Σε κάποια έργα μπορεί να συμβεί κατά την εξέλιξή τους να χρειασθεί

να αλλάξει η σειρά εκτέλεσης κάποιων δράσεων του έργου σε σχέση με το προκαθορισμένο δίκτυο δράσεων. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε εξωγενείς παράγοντες που δεν είναι εύκολο να ελεγχθούν. Οι μέθοδοι CPM και PERT δεν προβλέπουν τον χειρισμό τέτοιων καταστάσεων, ενώ κάποιες άλλες τεχνικές που έχουν προταθεί, δίδουν την δυνατότητα εναλλακτικών διαδρομών στο δίκτυο δράσεων με διαφορετικά κάθε φορά αποτελέσματα.

Παραδοχή 3: Ο έλεγχος του έργου βασίζεται στον έλεγχο της κρίσιμης διαδρομής.

Μετά τον καθορισμό της κρίσιμης διαδρομής σε ένα δίκτυο δράσεων και κατά την εξέλιξη του έργου, είναι πολλές φορές πιθανόν μια δράση που δεν ανήκει στην κρίσιμη διαδρομή να καθυστερήσει τόσο (περισσότερο από το slack time της) ώστε να επιμηκυνθεί χρονικά ολόκληρο το έργο. Έχει λοιπόν προταθεί η ιδέα της *κρίσιμης δράσης* να αντικαταστήσει την ιδέα της κρίσιμης διαδρομής, στον έλεγχο των έργων. Η προσοχή πρέπει να δοθεί σε αυτές τις κρίσιμες δράσεις που ενώ δεν ανήκουν στην κρίσιμη διαδρομή, οπότε παρουσιάζουν slack time, έχουν δυνητικά υψηλή διακύμανση (Variance) και μπορεί να ισχυριστεί κάποιος ότι ανήκουν σε μια «*σχεδόν κρίσιμη διαδρομή*». Μια τέτοια διαδρομή μπορεί να γίνει αυτή η κρίσιμη, αντικαθιστώντας την παλαιά, αν μια από τις κρίσιμες δράσεις της καθυστερήσει αρκετά.

Παραδοχή 4: Οι χρόνοι εκτέλεσης των δράσεων (εργασιών) σε ένα διάγραμμα PERT ακολουθούν κατανομή β με την διακύμανση του συνολικού χρόνου εκτέλεσης να ισούται με το άθροισμα των διακυμάνσεων κατά μήκος της κρίσιμης διαδρομής.

Οι σχέσεις που χρησιμοποιούνται στην μέθοδο PERT στην πραγματικότητα είναι μια προσαρμογή των σχέσεων για τον μέσο και την διακύμανση της κατανομής β . Εφ' όσον χρησιμοποιούνται συγκεκριμένες κατανομές για να προσεγγιστούν στατιστικά τα μοντέλα, με βάση συγκεκριμένα χαρακτηριστικά αυτών των κατανομών, θα μπορούσε κάποιος να εισηγηθεί τη χρήση άλλων κατανομών με παρόμοια χαρακτηριστικά, που θα οδηγήσουν βέβαια σε διαφορετικό μέσο και διακύμανση για το έργο.

Πολλές φορές επίσης υπάρχει συζήτηση για την επιβάρυνση σε κόστος του συνολικού έργου από την εφαρμογή των μεθόδων CPM και PERT. Αλλά από στοιχεία που έχουν μελετηθεί προκύπτει ότι σπανίως η εφαρμογή των μεθόδων αυτών επιβαρύνει περισσότερο από 2% το κόστος του συνολικού έργου ή σπανίως το 5% σε ειδικές περιπτώσεις (όταν π.χ. υπάρχουν δομές του τύπου **work breakdown structure - WBDS**). Πάντως είναι σίγουρο ότι αυτό το επιπρόσθετο κόστος αποσβεννύεται με τον καλύτερο προγραμματισμό που επιτυγχάνεται και με την μείωση του χρόνου εκτέλεσης του έργου.

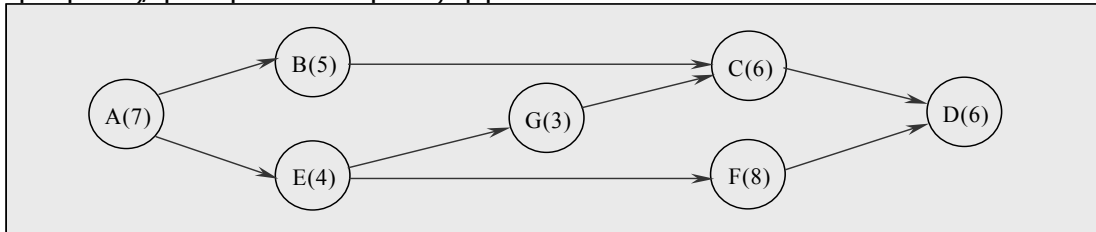
10.7. Ερωτήσεις

1. Ποιος είναι ο ορισμός του έργου; Τι είναι η Διαχείριση έργου (project management);
2. Τι είναι και σε τι εξυπηρετεί στην Διαχείριση έργου η ανάλυση του έργου σε επιμέρους εργασίες ή διαφορετικά η δομή work breakdown structure (WBDS);
3. Τι είναι το διάγραμμα GANTT; Ποια τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά του;
4. Ποιες είναι οι τρεις κύριες οργανωτικές δομές; Ποια τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της δομής Matrix Project;
5. Ποια από τρεις οργανωτικές δομές εφαρμόζεται στον οργανισμό ή επιχείρηση που απασχολείσθε και ποια νομίζετε ότι θα ταίριαζε περισσότερο; Γιατί;
6. Σε τι είδους ερωτήματα σχετικά με την διαχείριση των έργων μπορούν να δώσουν απαντήσεις οι μέθοδοι CPM και PERT;
7. Ποια χαρακτηριστικά πρέπει να έχουν οι επιμέρους δράσεις του έργου για μια επιτυχή εφαρμογή της μεθόδου CPM; Αναφέρετε κάποια Projects που διαθέτουν τέτοια χαρακτηριστικά.
8. Τι είναι το δίκτυο δράσεων του έργου; Σε τι αναφερόμαστε όταν μιλάμε για την «αλληλουχία» των δράσεων; Τι είναι τα ES, EF, LS και LF; Ποιος είναι τελικά ο συντομότερος χρόνος περάτωσης του συνολικού έργου;
9. Τι είναι το Χρονικό περιθώριο δράσης και τι είναι η Κρίσιμη διαδρομή; Πως εντοπίζεται; Πόσο είναι το slack time μιας δράσης της κρίσιμης διαδρομής;
10. Πως μπορούμε να επωφεληθούμε από την ύπαρξη των slack times; Τι είναι ο προγραμματισμός των βραδύτερων χρόνων έναρξης;
11. Μέθοδος PERT. Ποιες οι κυριότερες διαφορές της από την μέθοδο CPM;
12. Ποιοι λόγοι μας οδήγησαν να εισάγουμε την αβεβαιότητα στην μέθοδο PERT σε σχέση με την CPM; Ποιες είναι οι τρεις εκτιμήσεις των χρόνων διάρκειας των δράσεων;
13. Ποιες στατιστικές κατανομές χρησιμοποιούμε στην μέθοδο PERT; Ποιες από τις ιδιότητές τους εκμεταλλευόμαστε;
14. Ποιες είναι οι παραδοχές στις οποίες πρέπει να στηριχθούμε για την εφαρμογή των δύο μεθόδων; Αυτές οι παραδοχές ακυρώνουν την χρησιμότητα των μεθόδων;
15. Τι είναι μια «σχεδόν κρίσιμη διαδρομή»; Σε ποιες δράσεις που δεν ανήκουν στην κρίσιμη διαδρομή πρέπει να δίνουμε επίσης προσοχή και γιατί;

10.8. Παραδείγματα

Παράδειγμα 10.1

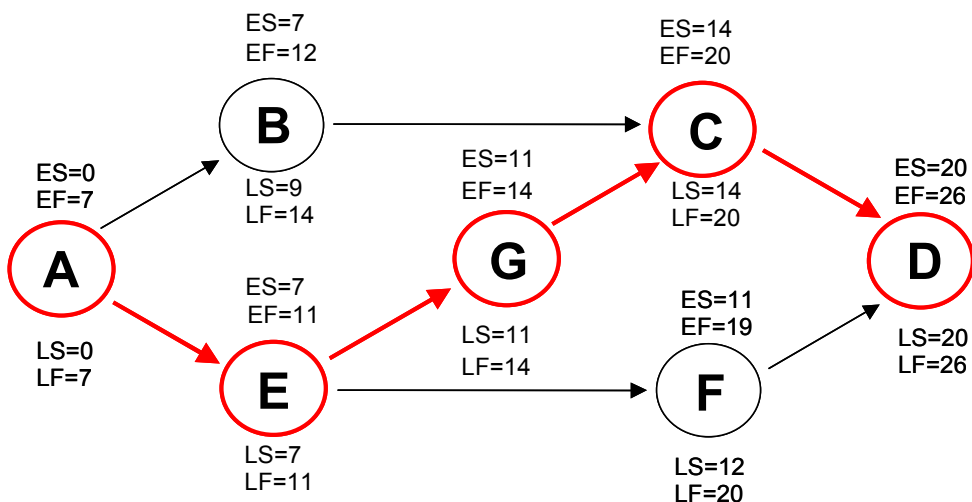
Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα CPM και οι χρόνοι εκτέλεσης των εργασιών σε εβδομάδες, για την εκτέλεση ενός έργου.



1. Να προσδιοριστεί το κρίσιμο μονοπάτι και οι χρόνοι ES, EF, LS, LF όλων των εργασιών.
2. Ποιος είναι ο χρόνος περάτωσης του έργου;
3. Αν ο χρόνος εκτέλεσης της εργασίας F μειωθεί κατά δύο (2) εβδομάδες και της εργασίας B κατά μία (1) πώς επηρεάζεται ο χρόνος περάτωσης του έργου;

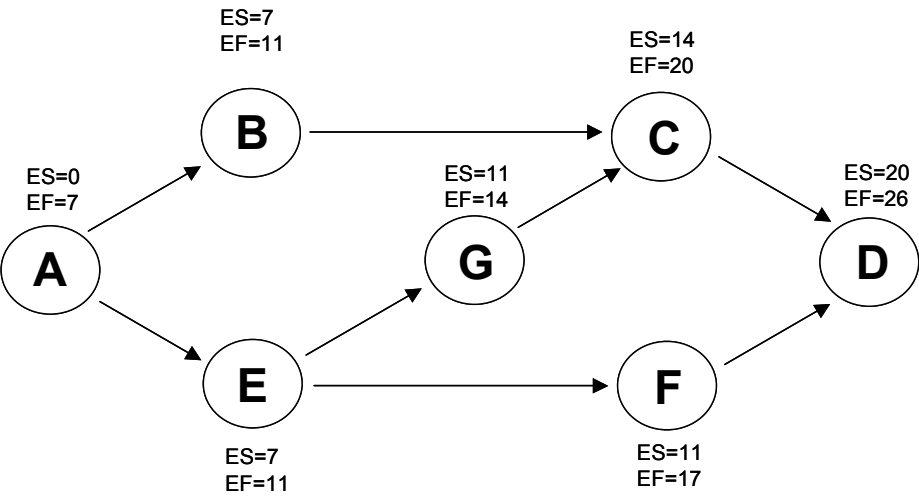
Λύση

1. Το κρίσιμο μονοπάτι φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, καθώς και τα μεγέθη ES, EF, LS, LF όλων των εργασιών. Κρίσιμο μονοπάτι είναι αυτό που σημειώνεται τονισμένο.



2. Χρόνος περάτωσης του έργου είναι το EF του D=26.

3.



Όπως φαίνεται και από το παραπάνω σχήμα, ο χρόνος περάτωσης του έργου είναι και πάλι 26, οπότε δεν επηρεάζεται με κανένα τρόπο από την αλλαγή του χρόνου εργασιών B και F.

Παράδειγμα 10.2

Για την ολοκλήρωση ενός έργου έχει υπολογιστεί ότι απαιτείται να εκτελεστούν οι δραστηριότητες που δίνονται στον παρακάτω πίνακα, με την κατάλληλη αλληλουχία.

A. Να σχεδιαστεί το διάγραμμα δραστηριοτήτων και το διάγραμμα GANTT. Να υπολογιστούν οι νωρίτεροι χρόνοι έναρξης και περάτωσης των δραστηριοτήτων και η κρίσιμη διαδρομή.

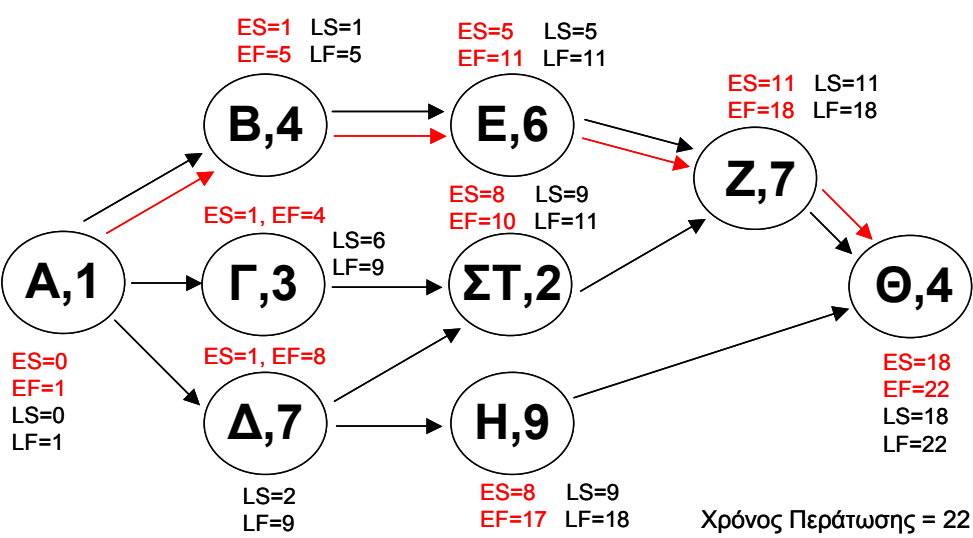
B. Τι θα συμβεί αν η διάρκεια της δραστηριότητας ΣΤ αναθεωρηθεί και από 2 γίνει 4 ημέρες;

Γ. Γιατί για τον έλεγχο της υλοποίησης ενός έργου πρέπει πάντα να προσέχουμε την κρίσιμη διαδρομή;

Δραστηριότητα α	Συνδεόμενες Δραστηριότητες	Διάρκεια Δραστηριότητας
A	-	1
B	A	4
Γ	A	3
Δ	A	7
E	B	6
ΣΤ	Γ, Δ	2
Z	E, ΣΤ	7
H	Δ	9
Θ	Z, H	4

Λύση

Α. Το Διάγραμμα Δραστηριοτήτων είναι το ακόλουθο (η κρίσιμη διαδρομή σημειώνεται με διπλά βέλη):

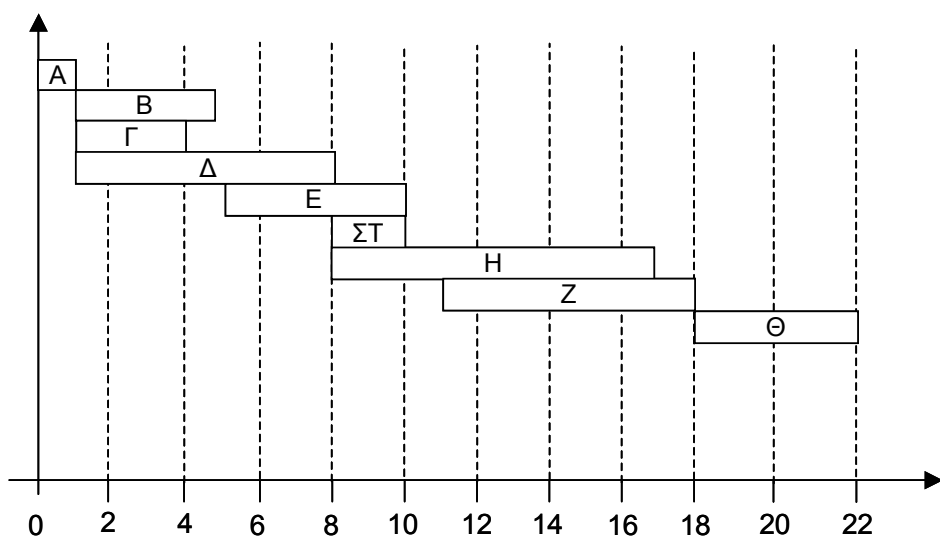


Νωρίτερος Χρόνος Έναρξης: ES Αργότερος Χρόνος Έναρξης: LS
Νωρίτερος Χρόνος Περάτωσης: EF Αργότερος Χρόνος Λήξης: LF

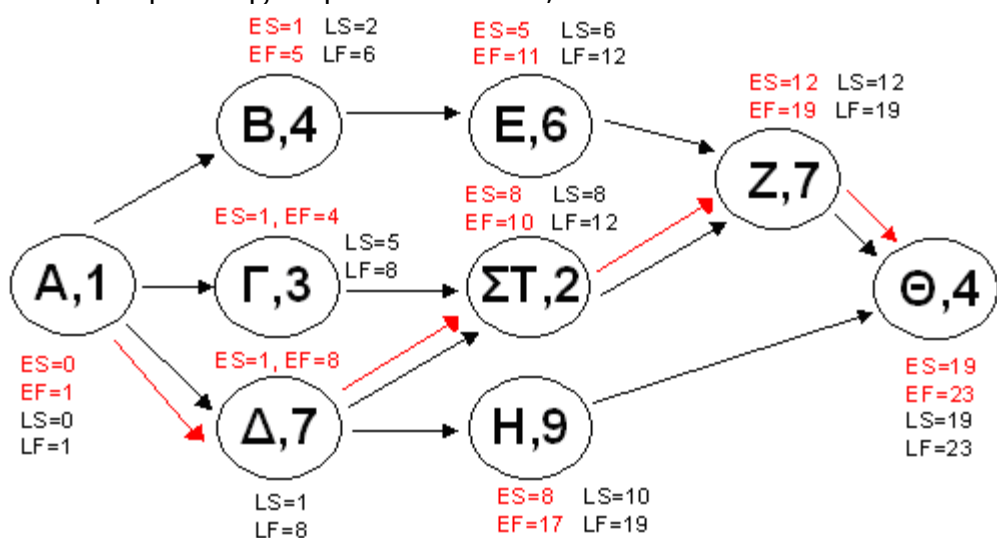
	ES	EF
A	0	1
B	1	5
Γ	1	4
Δ	1	8
Ε	5	11
ΣΤ	8	10
Ζ	8	17
Η	11	18
Θ	18	22

Κρίσιμη διαδρομή: A ⇒ B ⇒ E ⇒ Z ⇒ Θ

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το διάγραμμα GANTT:



Β. Αν η διάρκεια της ΣΤ γίνει 4 τότε $ES=8$, $EF=12$ και:



Επομένως ο χρόνος περάτωσης αυξάνεται κατά μία χρονική μονάδα.

Η κρίσιμη διαδρομή θα αλλάξει και θα γίνει:

$A \Rightarrow \Delta \Rightarrow \Sigma\Gamma \Rightarrow Z \Rightarrow \Theta$

Γ. Η κρίσιμη διαδρομή είναι η διαδρομή κατά την οποία υπάρχουν τα στενότερα (μηδενικά) περιθώρια υλοποίησης των δραστηριοτήτων. Αυτό έχει ως συνέπεια ότι τυχόν καθυστέρηση σε κάποια από τις δραστηριότητες που περιλαμβάνονται στην κρίσιμη διαδρομή, έχουν ως αποτέλεσμα την καθυστέρηση του συνόλου του έργου.