

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Διοίκηση έργου και στοιχεία αξιολόγησης επένδυσης

Σύνοψη

Οι διαδικασίες παραγωγής έργων χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη συγκεκριμένων σημείων έναρξης και περάτωσης, καθώς και από τη χρήση προσωρινών πόρων. Ο κύκλος ζωής ενός έργου είναι πεπερασμένος και αποτελείται από τις φάσεις του ορισμού του έργου, του προγραμματισμού, της εκτέλεσης και της ολοκλήρωσης του έργου. Η διοίκηση έργου στοχεύει στον έλεγχο του κόστους, του χρόνου εκτέλεσης, της ποιότητας εκτέλεσης του έργου και των παραδοτέων του. Για τον προγραμματισμό και τον έλεγχο των έργων χρησιμοποιούνται εργαλεία και μέθοδοι που περιλαμβάνουν τα διαγράμματα Gantt, και τις μεθόδους CPM (Critical Path Method) και PERT (Periodic Evaluation and Review Technique), καθώς και εργαλεία χρηματοοικονομικής διαχείρισης και έλεγχου του κόστους.

Προαπαιτούμενη γνώση

Κεφάλαιο 1 (Επιλογή διαδικασίας παραγωγής). Βασικές γνώσεις στατιστικής.

5.1 Γενικά για τα έργα

Έργο είναι μια σειρά από δραστηριότητες που πραγματοποιούνται μια συγκεκριμένη φορά για την επίτευξη ενός στόχου σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Κάθε έργο έχει μια συγκεκριμένη αρχή και ένα συγκεκριμένο τέλος. Η διαφορά της διοίκησης παραγωγής από τη διοίκηση έργων έγκειται στο ότι η πρώτη αφορά σειρές δραστηριοτήτων που επαναλαμβάνονται, ενώ η δεύτερη αφορά μια σειρά που εκτελείται μόνο μια φορά. Τα έργα χαρακτηρίζονται από μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο εκτέλεσης και από συγκεκριμένα είδη και συγκεκριμένες ποσότητες πόρων μετατροπής, καθώς και μετατρεπόμενων πόρων.

Ενδεικτικά ως παραδείγματα έργων μπορούμε να αναφέρουμε τα κατασκευαστικά έργα, τα έργα ανάπτυξης ειδικών συστημάτων λογισμικού, τα έργα ανάπτυξης νέων προϊόντων, ή και τα έργα σχεδιασμού διαδικασιών παραγωγής ή και κατασκευής βιομηχανικών μονάδων.

Η πολυπλοκότητα και η αβεβαιότητα αποτελούν τις δύο βασικές διαστάσεις σύμφωνα με τις οποίες μπορούμε να κατατάξουμε τα διάφορα έργα. Η πολυπλοκότητα καθορίζεται από το μέγεθος του έργου και τον αριθμό και την ποικιλία των εμπλεκόμενων μερών (για παράδειγμα, πολύπλοκο έργο είναι η κατασκευή ενός εργοστασίου κατασκευής μιας ευρείας γκάμας προϊόντων υψηλής τεχνολογίας), ενώ η αβεβαιότητα σχετίζεται με τη δυνατότητα ακριβούς καθορισμού της διαθεσιμότητας των πόρων, καθώς και του ακριβούς καθορισμού των αντικειμενικών στόχων του έργου (για παράδειγμα, αβέβαιο έργο είναι ένα έργο βασικής έρευνας για την ανάπτυξη ενός νέου φαρμάκου, η ροή χρηματοδότησης του οποίου εξαρτάται από ενδιάμεσα αποτελέσματα). Η αβεβαιότητα δυσχεραίνει τον προγραμματισμό ενός έργου, ενώ η πολυπλοκότητα τον ελέγχό του.

5.2 Ο κύκλος ζωής ενός έργου

Τα διάφορα έργα διαφέρουν πολύ μεταξύ τους, μιας και σχετίζονται με πολύ διαφορετικούς στόχους και περιβάλλοντα εκτέλεσης. Το κοινό σημείο όλων των έργων είναι ότι έχουν κύκλους ζωής με τις ίδιες παρακάτω τέσσερις φάσεις:

1. **Ορισμός του έργου.** Αυτή η φάση αποτελείται από δύο μέρη: α) τη *σύλληψη* του έργου, όπου η επιχείρηση, οργανισμός κ.λπ. που θα εκτελέσει το έργο αναγνωρίζει την ανάγκη πραγματοποίησης του έργου ή ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις κάποιου πελάτη, και β) την *ανάλυση σκοπιμότητας*, όπου γίνεται μια αρχική εκτίμηση του κόστους, του οφέλους και των κινδύνων εκτέλεσης του έργου.

2. **Προγραμματισμός.** Στη φάση αυτή γίνεται λεπτομερής καθορισμός των εργασιών που πρέπει να εκτελεστούν, και υπολογίζονται οι πόροι και ο χρόνος που θα χρειαστούν για την εκτέλεσή τους. Γίνεται υπολογισμός του σχετικού κόστους.
3. **Εκτέλεση.** Στη φάση αυτή πραγματοποιείται το έργο με τη χρήση πόρων μετατροπής και την κατανάλωση μετατρεπόμενων πόρων. Τις περισσότερες φορές, η φάση αυτή είναι η διαρκέστερη χρονικά.
4. **Ολοκλήρωση.** Με την ολοκλήρωση του έργου απελευθερώνονται οι πόροι που χρησιμοποιήθηκαν, και γίνεται μια αποτίμηση της διαδικασίας εκτέλεσης του έργου (τι δημιουργήσε προβλήματα, πού παρατηρήθηκαν καθυστερήσεις, γιατί δημιουργήθηκαν καθυστερήσεις, πού παρατηρήθηκαν προβλήματα ποιότητας κ.λπ.).

5.3 Διοίκηση έργου

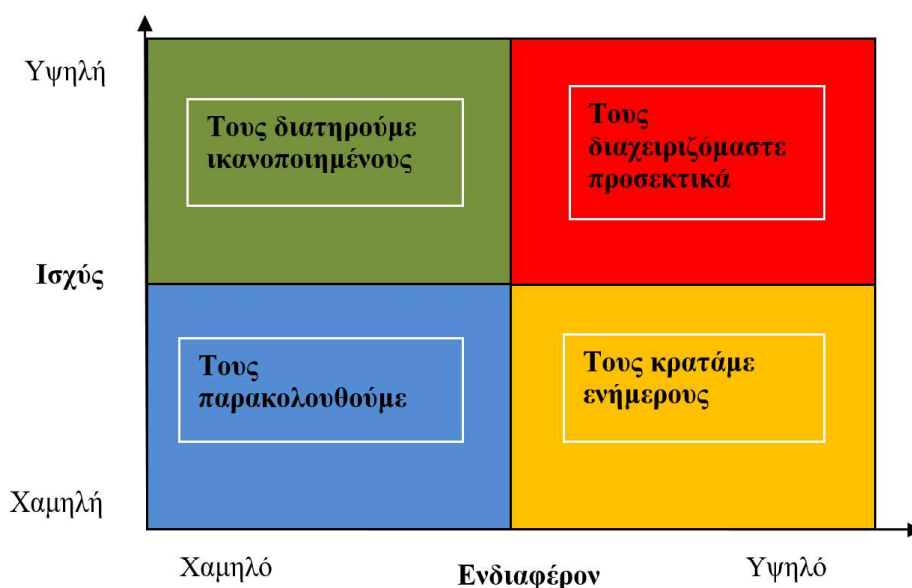
Σε σχέση με τις προκείμενες φάσεις ενός έργου, η διοίκηση έργου ως σύνολο δραστηριοτήτων ακολουθεί και αυτή τρεις φάσεις:

- *Σχεδιασμός/προγραμματισμός* του έργου. Καθορίζεται το ύψος και το είδος των πόρων που απαιτούνται.
- *Χρονοπρογραμματισμός* του έργου. Οι πόροι (μετατρεπόμενοι και μετατροπής) αντιστοιχίζονται σε δραστηριότητες και οι δραστηριότητες σχετίζονται –κυρίως χρονικά– η μία με την άλλη.
- *Έλεγχος* του έργου. Η οργάνωση η οποία εκτελεί το έργο επιβλέπει τη χρήση των πόρων, το κόστος και την ποιότητα εκτέλεσης, και ελέγχει την εκτέλεση του προϋπολογισμού. Στο πλαίσιο αυτής της διοικητικής δραστηριότητας, πολλές φορές πραγματοποιείται μεταφορά πόρων από δραστηριότητα σε δραστηριότητα με στόχο να ακολουθηθεί επακριβώς το χρονοδιάγραμμα και ο προϋπολογισμός.

5.3.1 Σχεδιασμός έργου

Για τον σχεδιασμό ενός έργου είναι πολύ σημαντικό να γίνει αρχικά μια πολύ καλή αποτίμηση του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο θα εκτελεστεί το έργο, σε σχέση με εξωτερικούς παράγοντες όπως η γεωγραφία, η εθνική κουλτούρα, οι θεσμοί άσκησης και επιρροής της πολιτικής κ.λπ. αλλά και σε σχέση με τις συνθήκες που επικρατούν στην οργάνωση/επιχείρηση που θα εκτελέσει το έργο, δηλαδή τη στρατηγική της, τη διαθεσιμότητα και την οργάνωση των πόρων, τους πελάτες, τους ανταγωνιστές, τους υπεργολάβους κ.λπ.

Πολύ σημαντική είναι και η αποτίμηση των ενδιαφερόμενων μερών. Η αποτίμηση γίνεται σε σχέση με το ενδιαφέρον τους και την ισχύ/επιρροή που έχουν στη διαθεσιμότητα των πόρων και στον καθορισμό του στόχου ή των στόχων του έργου. Η αποτίμηση αυτή είναι πολύ σημαντική για τον χειρισμό των σχέσεων και της επικοινωνίας μαζί τους. Για παράδειγμα, είναι λογικό αυτοί που έχουν ισχύ και μεγάλο ενδιαφέρον για το έργο να χρήζουν πολύ περισσότερο ειδικής προσεκτικής μεταχείρισης από ό,τι αυτοί που έχουν μικρό ενδιαφέρον και ισχύ, που απλά παρακολουθείται η σχέση τους με την πρόοδο του έργου, π.χ. πώς αντιδρούν σε καθυστερήσεις. Το σχήμα 5.1 παρουσιάζει την τυπολογία των ενδιαφερόμενων μερών και τους επιβαλλόμενους τρόπους διαχείρισης των σχέσεων της εργολήπτριας επιχείρησης με τα ενδιαφερόμενα μέρη.

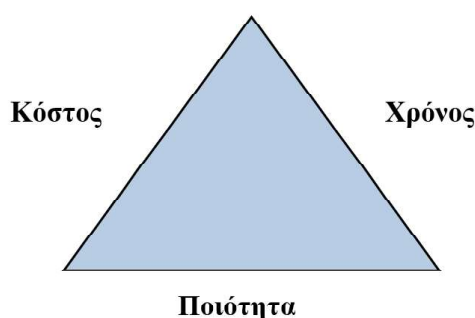


Σχήμα 5.1. Αντιμετώπιση ενδιαφερόμενων μερών έργου

5.3.2 Δραστηριότητες του σχεδιασμού έργων

Καθορισμός προτεραιότητας στους στόχους του έργου

Γενικά, κάθε έργο χαρακτηρίζεται από τρεις στόχους: χαμηλό κόστος, μικρή χρονική διάρκεια και υψηλή ποιότητα αποτελέσματος (το «τρίγωνο της διοίκησης έργου» – Σχήμα 5.2). Το ιδανικό είναι η επίτευξη και των τριών στόχων. Όμως, όπως συμβαίνει και στην παραγωγή προϊόντων, έτσι και στα έργα υπάρχουν ασυμβατότητες μεταξύ των τριών στόχων που αναγκάζουν τις επιχειρήσεις που εκτελούν έργα να θέτουν προτεραιότητες. Μερικές φορές τα ενδογενή χαρακτηριστικά ενός έργου θέτουν τις προτεραιότητες, και η επιχείρηση απλώς ακολουθεί. Είναι συνήθως δεδομένος ο κύριος στόχος, και αυτό που χρειάζεται είναι ο καθορισμός προτεραιοτήτων μεταξύ των υπόλοιπων δύο. Ο καθορισμός προτεραιοτήτων και η εξισορρόπηση των στόχων, όχι μόνο στην αρχή αλλά και κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του έργου, αποτελούν τις βασικές αρμοδιότητες των Διευθυντών Έργου (project managers).



Σχήμα 5.2. Το τρίγωνο της διοίκησης έργου

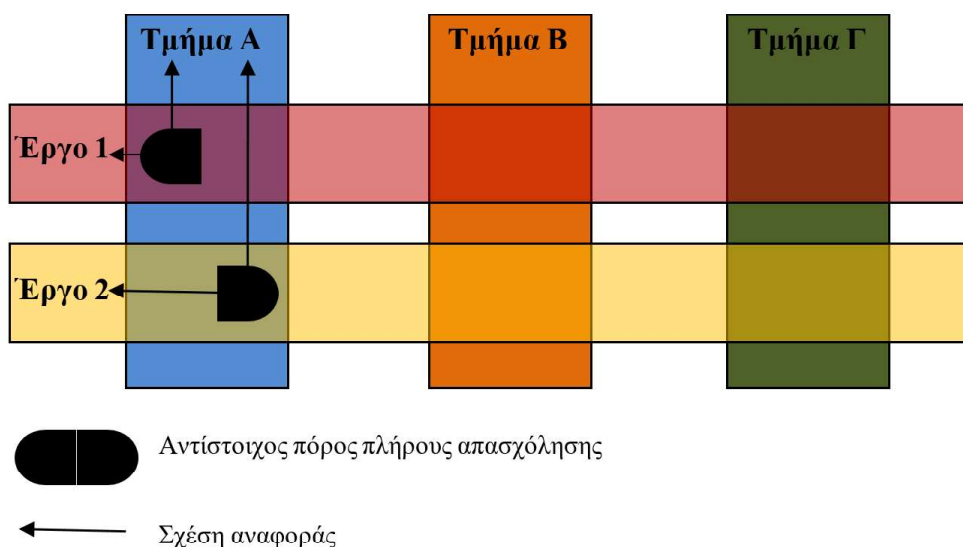
Φυσικά, οι προτεραιότητες που δίνονται εξαρτώνται από το περιβάλλον μέσα στο οποίο εκτελείται το έργο. Για παράδειγμα, αν το έργο αφορά την κατασκευή ενός εργοστασίου, και ο στόχος της επιχείρησης είναι να τοποθετήσει τα προϊόντα της στην αγορά ταχύτερα από τους ανταγωνιστές της, τότε είναι προφανές

ότι η ταχύτητα (χρόνος) εκτέλεσης του έργου αποτελεί την ύψιστη προτεραιότητά της. Αν, αντίθετα, το ζητούμενο είναι η αξιοπιστία του συστήματος παραγωγής (απρόσκοπτη παραγωγή), τότε λογικά η ποιότητα θα αποτελεί τον πρώτο στόχο.

Ορισμός οργανωτικής δομής

Ο ορισμός της οργανωτικής δομής του έργου είναι η δραστηριότητα στο πλαίσιο της οποίας γίνεται η επιλογή του προσωπικού που θα ασχοληθεί με το έργο, ορίζεται ο Διευθυντής Έργου, και τοποθετείται η ομάδα έργου στο οργανόγραμμα της επιχείρησης που θα εκτελέσει το έργο. Η επιλογή του προσωπικού είναι αποτέλεσμα της ανάλυσης των εργασιών, που αποτελεί επίσης δραστηριότητα της ίδιας φάσης (σχεδιασμού) και παρουσιάζεται παρακάτω. Στις περιπτώσεις που η οργάνωση/επιχείρηση εκτελεί πολλά έργα ταυτόχρονα, πέρα από την καταλληλότητα, ελέγχεται και η διαθεσιμότητα του προσωπικού.

Γενικά, οι επιχειρήσεις που, μόνιμα ή περιστασιακά, εκτελούν έργα έχουν μια οργανωτική δομή **πλεγματού τύπου** ή, αλλιώς, οργανωτική δομή μήτρας (matrix) (Σχήμα 5.3). Η δομή αυτή, συνήθως, είναι μια παράλληλη οργανωτική δομή, που συνυπάρχει με την κύρια δομή της επιχείρησης που μπορεί να βασίζεται σε μια τμηματοποίηση με βάση τα κλασικά κριτήρια του σκοπού, των λειτουργιών ή του τόπου (Μπουραντάς, 2002). Στην πράξη, η ύπαρξη της πλεγματού δομής σημαίνει ότι οι πόροι –κυρίως το ανθρώπινο δυναμικό– οργανώνονται και με βάση τα έργα στα οποία συμμετέχουν. Δηλαδή, οι συμμετέχοντες στα έργα, πέρα από τον Διευθυντή της τυπικής οργανωτικής μονάδας στην οποία ανήκουν (π.χ. Διευθυντή Παραγωγής), αναφέρονται και στον Διευθυντή Έργου του έργου στο οποίο εργάζονται (π.χ. στον Διευθυντή του έργου αναβάθμισης μιας συγκεκριμένης γραμμής παραγωγής). Πρέπει να σημειωθεί ότι ένας συγκεκριμένος πόρος μπορεί να απασχολείται σε πάνω από ένα έργο ταυτόχρονα (ο χρόνος του μοιράζεται).

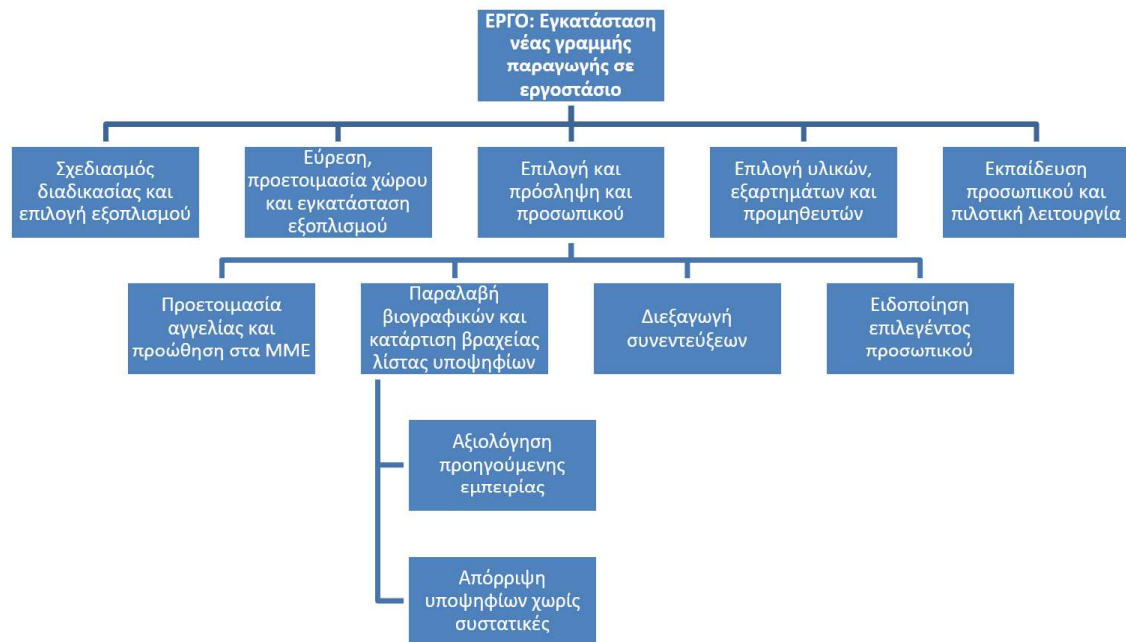


Σχήμα 5.3. Οργανωτική δομή πλεγματού τύπου

Καθορισμός αναλυτικής οργανωτικής δομής εργασιών

Μετά τον καθορισμό των στόχων του έργου, ο Διευθυντής Έργου και Ομάδα Έργου σπάζουν το έργο σε εύκολα διαχειρίσιμα μέρη και παράγουν την Αναλυτική Δομή Εργασιών (ΑΔΕ), η οποία αποτελεί έναν περισσότερο λεπτομερή ορισμό του έργου. Η ΑΔΕ διαθέτει ιεραρχική δομή: το έργο πρώτα αναλύεται χονδρικά στα κύρια μέρη του, τα οποία στη συνέχεια αναλύονται σε πιο λεπτομερείς και συγκεκριμένες δραστηριότητες, οι οποίες με τη σειρά τους αναλύονται περισσότερο μέχρι το επίπεδο των βασικών δραστηριοτήτων που αντιστοιχούν σε πακέτα εργασίας. Το Σχήμα 5.4 παρουσιάζει την Αναλυτική Δομή

Εργασιών (σε ένα αφαιρετικό επίπεδο) ενός έργου εγκατάστασης μιας νέας γραμμής παραγωγής σε μια υφιστάμενη βιομηχανικής μονάδα. Η ανάλυση των εργασιών που παρουσιάζεται στο σχήμα αφορά μόνο την κύρια δραστηριότητα «Επιλογή και πρόσληψη προσωπικού».



Σχήμα 5.4. Παράδειγμα Αναλυτικής Δομής Εργασιών

5.3.3 Χρονοπρογραμματισμός έργου

Η διαδικασία χρονοπρογραμματισμού του έργου αφορά τον καθορισμό της σειράς εκτέλεσης των εργασιών/δραστηριοτήτων του έργου και την καταγραφή του χρόνου που αντιστοιχεί σε κάθε μια. Για να γίνει αυτό, απαιτείται ο υπολογισμός των πόρων μετατροπής που είναι απαραίτητοι για την εκτέλεση της κάθε δραστηριότητας στον συγκεκριμένο χρόνο. Αν οι πόροι δεν επαρκούν ή η χρήση τους για την επίτευξη αυτού του χρόνου είναι οικονομικά ασύμφορη, τότε πραγματοποιείται ανάλογη προσαρμογή του χρόνου.

Γενικά, η διαδικασία του χρονοπρογραμματισμού ενός έργου έχει ως στόχους:

1. να δείξει τις σχέσεις μεταξύ δραστηριοτήτων/εργασιών και τη θέση της κάθε δραστηριότητας στο σύνολο του έργου,
2. να δείξει τις σχέσεις αλληλουχίας και εξάρτησης των δραστηριοτήτων,
3. να βοηθήσει να τεθούν ρεαλιστικές εκτιμήσεις χρόνου και κόστους για την κάθε δραστηριότητα,
4. να δείξει τα κρίσιμα σημεία συμφόρησης του έργου, έτσι ώστε η διοίκηση του έργου να προβεί σε ανάλογη διάταξη των ανθρώπινων, υλικών και χρηματικών πόρων.

Για τον χρονοπρογραμματισμό ενός έργου, όπως και για τον έλεγχό του, χρησιμοποιούνται διάφορα μαθηματικά και απεικονιστικά εργαλεία. Το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο εργαλείο –κυρίως λόγω της απλότητάς του– είναι το διάγραμμα Gantt.

5.3.4 Το διάγραμμα Gantt

Το διάγραμμα Gantt στην πλέον απλή του μορφή είναι ένας πίνακας στην πρώτη αριστερά στήλη του οποίου καταγράφονται οι δραστηριότητες του έργου στη λεπτομέρεια που θέλουμε (ανάλογο επίπεδο της Αναλυτικής Δομής Εργασιών). Συνήθως, στη λίστα οι δραστηριότητες τοποθετούνται ανάλογα με τον προβλεπόμενο χρόνο έναρξης: Αυτές με τις οποίες θα αρχίσει το έργο τοποθετούνται στην κορυφή. Στις υπόλοιπες στήλες, κατά μήκος του οριζόντιου άξονα, εκτείνονται οι χρόνοι εκτέλεσης των δραστηριοτήτων. Η έκταση είναι ανάλογη του χρόνου εκτέλεσης της κάθε δραστηριότητας. Οι δραστηριότητες των οποίων η έναρξη προαπαιτεί το πέρας κάποιας άλλης δραστηριότητας, ή κάποιων άλλων δραστηριοτήτων, τοποθετούνται σε διαφορετική σειρά, και το σημείο έναρξής τους είναι αμέσως μετά το σημείο πέρατος της αργότερης προαπαιτούμενης δραστηριότητας.

Ο Πίνακας 5.1 παρουσιάζει τα δεδομένα ενός έργου εγκατάστασης μιας νέας γραμμής παραγωγής σε υφιστάμενο εργοστάσιο σε σχέση με τους χρόνους εκτέλεσης των δραστηριοτήτων του και τις αλληλεξαρτήσεις των δραστηριοτήτων του. Η έναρξη του έργου τοποθετείται στην τελική φάση της δραστηριότητας του σχεδιασμού της γραμμής παραγωγής και της επιλογής του εξοπλισμού, και το πέρας του τοποθετείται μία εβδομάδα μετά την έναρξη της κανονικής λειτουργίας της γραμμής. Υποτίθεται ότι το μεγαλύτερο μέρος της διαδικασίας του σχεδιασμού και της επιλογής του εξοπλισμού αποτελεί δραστηριότητα ενός προηγούμενου έργου σχεδιασμού. Επιπλέον, υποτίθεται ότι μετά την πρώτη εβδομάδα λειτουργίας, και εφόσον έχει φανεί ότι δεν υπάρχουν άμεσα εμφανή προβλήματα, το έργο θεωρείται περαιωμένο.

Το Σχήμα 5.5 παρουσιάζει το διάγραμμα Gantt του έργου του Πίνακα 5.1.

Πίνακας 5. 1 Έργο εγκατάστασης νέας γραμμής παραγωγής σε εργοστάσιο

Δραστηριότητα	Χρόνος (εβδομάδες)	Προαπαιτούμενες δραστηριότητες
Σχεδιασμός γραμμής και επιλογή εξοπλισμού (τελική φάση) (Α)	6	-
Εύρεση και προετοιμασία χώρου εγκατάστασης (Β)	5	Σχεδιασμός γραμμής και επιλογή εξοπλισμού (τελική φάση)
Επιλογή και πρόσληψη προσωπικού (Γ)	4	Σχεδιασμός γραμμής και επιλογή εξοπλισμού (τελική φάση)
Επιλογή υλικών, εξαρτημάτων και προμηθευτών (Δ)	2	Σχεδιασμός γραμμής και επιλογή εξοπλισμού (τελική φάση)
Εκπαίδευση προσωπικού (Ε)	4	Επιλογή και πρόσληψη προσωπικού
Εγκατάσταση εξοπλισμού (ΣΤ)	2	Εύρεση και προετοιμασία χώρου εγκατάστασης
Προσαρμογή βοηθητικών χώρων (Ζ)	2	Εγκατάσταση εξοπλισμού
Πιλοτική λειτουργία (Η)	2	Εκπαίδευση προσωπικού Εγκατάσταση εξοπλισμού
Έναρξη λειτουργίας (Θ)	1	Πιλοτική λειτουργία

Δραστηριότητα	Χρόνος (εβδομάδες)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Σχεδιασμός γραμμής και επιλογή εξοπλισμού (τελικά στάδια) (Α)															
Εύρεση και προετοιμασία χώρου εγκατάστασης (Β)															
Επιλογή και πρόσληψη προσωπικού (Γ)															
Επιλογή υλικών, εξαρτημάτων και προμηθευτών (Δ)															
Εκπαίδευση προσωπικού (Ε)															
Εγκατάσταση εξοπλισμού (ΣΤ)															
Προσαρμογή βοηθητικών χώρων (Ζ)															
Πιλοτική λειτουργία (Η)															
Έναρξη λειτουργίας (Θ)															

Σχήμα 5.5. Διάγραμμα Gantt του έργου εγκατάστασης νέας γραμμής παραγωγής

Το διάγραμμα Gantt βοηθά στη διασφάλιση από την πλευρά της ομάδας έργου ότι όλες οι δραστηριότητες έχουν προγραμματιστεί (στο απαιτούμενο επίπεδο), καθώς επίσης και στον χονδρικό υπολογισμό του συνολικού χρόνου εκτέλεσης του έργου, στον χονδρικό υπολογισμό του χρόνου κάθε δραστηριότητας και στον καθορισμό του επιπέδου απόδοσης που απαιτείται, ιδιαίτερα σε σχέση με τον χρόνο εκτέλεσης.

Κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του έργου, το διάγραμμα Gantt παρέχει μια συγκεκριμένη εικόνα της προόδου του έργου και δίνει τη δυνατότητα στους υπευθύνους να εντοπίσουν πιθανά προβλήματα καθυστέρησης. Το διάγραμμα Gantt όμως δεν δίνει πολλές πληροφορίες σχετικά με την αλληλεξάρτηση των δραστηριοτήτων και τα περιθώρια καθυστέρησης που έχουν. Τέτοιες πληροφορίες παρέχονται από τη Μέθοδο Κρίσιμης Διαδρομής (Critical Path Method, CPM) και την Τεχνική Περιοδικής Αξιολόγησης και Επιθεώρησης (Periodic Evaluation and Review Technique, PERT) που παρουσιάζονται παρακάτω.

5.3.5 Η Μέθοδος Κρίσιμης Διαδρομής (Critical Path Method, CPM)

Η Μέθοδος Κρίσιμης Διαδρομής (CPM), όπως και η Τεχνική Περιοδικής Αξιολόγησης και Επιθεώρησης (PERT), αναπτύχθηκαν κατά τη δεκαετία του '50 για να βοηθήσουν Διευθυντές Έργων να προγραμματίζουν, να επιβλέπουν και να ελέγχουν μεγάλα πολύπλοκα έργα. Η εφαρμογή και των δύο μεθόδων ακολουθεί τα παρακάτω στάδια:

1. ορισμός του έργου και καθορισμός της Αναλυτικής Δομής Εργασιών,
2. καθορισμός των σχέσεων αλληλουχίας μεταξύ των δραστηριοτήτων (εύρεση των δραστηριοτήτων που προηγούνται και έπονται της κάθε δραστηριότητας),

3. σχεδίαση δικτύου με όλες τις δραστηριότητες,
4. ορισμός κόστους και χρόνου εκτέλεσης για την κάθε δραστηριότητα,
5. υπολογισμός της κρίσιμης διαδρομής του δικτύου,
6. χρησιμοποίηση του δικτύου για τον σχεδιασμό, την επίβλεψη και τον έλεγχο του έργου.

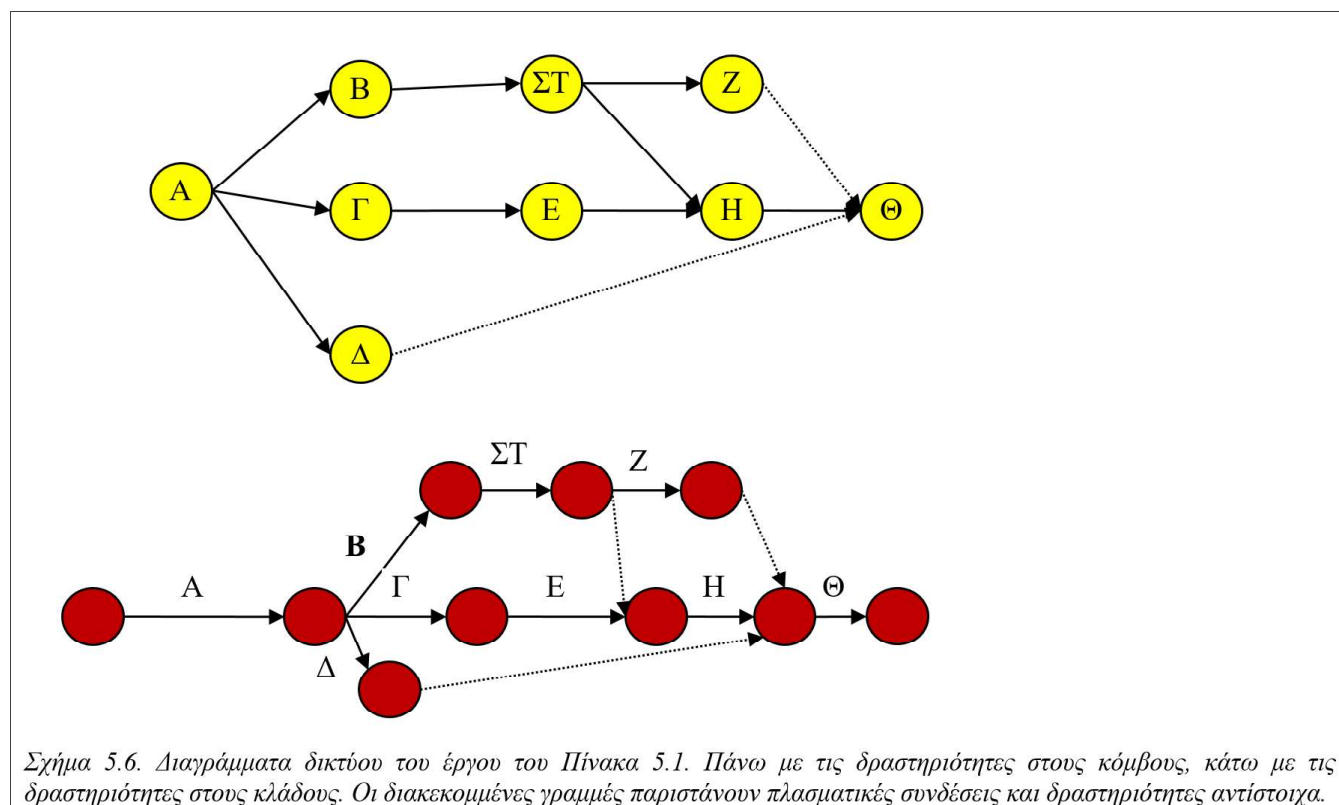
Το βήμα 5 είναι πολύ σημαντικό για το έργο, διότι η κρίσιμη διαδρομή αποτελείται από τη σειρά δραστηριοτήτων που, αν κάποια καθυστερήσει, θα καθυστερήσει όλο το έργο. Η κρίσιμη διαδρομή είναι αρκετά περιοριστική στη χρήση των πόρων της, γιατί πιθανή έλλειψή τους θα έχει ως συνέπεια την καθυστέρηση όλου του έργου. Συνεπώς, η μετάθεση πόρων από μη κρίσιμες δραστηριότητες σε κρίσιμες είναι η πιο ενδεδειγμένη λύση όταν παρουσιαστεί κάποιο πρόβλημα με τους πόρους των δραστηριοτήτων της κρίσιμης διαδρομής.

Η διαφορά της PERT από τη CPM έγκειται στο ότι χρησιμοποιεί τρεις εκτιμήσεις χρόνου για την κάθε δραστηριότητα (αισιόδοξη, απαισιόδοξη, πιο πιθανή). Με βάση αυτές τις τιμές υπολογίζεται ο αναμενόμενος χρόνος εκτέλεσης της δραστηριότητας και η (τυπική) απόκλιση. Αντίθετα, στη CPM υποτίθεται ότι ο χρόνος εκτέλεσης των δραστηριοτήτων είναι γνωστός με βεβαιότητα (μία μοναδική τιμή).

Κατασκευή δικτύου και ανάλυση CPM

Υπάρχουν δύο προσεγγίσεις στην κατασκευή των δικτύων CPM και PERT: είτε με την απεικόνιση των δραστηριοτήτων στους κόμβους είτε με την απεικόνισή τους στους κλάδους. Σε ένα δίκτυο με τις δραστηριότητες στους κλάδους, οι κόμβοι παριστάνουν σημεία έναρξης ή/και περάτωσης δραστηριοτήτων. Γενικότερα, απεικονίζουν σημεία εμφάνισης γεγονότων (η έναρξη μιας δραστηριότητας είναι, για παράδειγμα, ένα γεγονός). Χρησιμοποιούνται στη βιβλιογραφία και στην πράξη και οι δύο προσεγγίσεις. Πολλά όμως εργαλεία λογισμικού για τη διαχείριση των έργων (όπως το Microsoft Project) δίνουν περισσότερη έμφαση στην απεικόνιση των δραστηριοτήτων σε κόμβους.

Παρακάτω (Σχήμα 5.6) παρουσιάζεται η απεικόνιση του έργου του Πίνακα 5.1 ως δίκτυο και με τις δύο προσεγγίσεις.



Κατά τον σχεδιασμό του δικτύου πολλές φορές είναι απαραίτητη η εισαγωγή **πλασματικών (εικονικών) δραστηριοτήτων**. Πλασματικές είναι οι δραστηριότητες που σχεδιάζονται στο δίκτυο για να διαλευκάνουν σχέσεις και να βοηθήσουν στην ανάλυση. Γενικά, οι πλασματικές δραστηριότητες χρησιμοποιούνται όταν:

1. δύο δραστηριότητες έχουν την ίδια αρχή και το ίδιο τέλος,
2. δύο ανεξάρτητες αλυσίδες δραστηριοτήτων μοιράζονται ένα κοινό συμβάν (αρχή ή πέρας δραστηριότητας).

Εύρεση κρίσιμης διαδρομής

Η εύρεση της κρίσιμης διαδρομής σχετίζεται άμεσα με τον χρονοπρογραμματισμό του έργου. Μπορεί να γίνει είτε με τις δραστηριότητες στους κόμβους είτε με τις δραστηριότητες στους κλάδους. Παρακάτω παρουσιάζεται η μέθοδος εύρεσης κρίσιμης διαδρομής με βάση την απεικόνιση με τις δραστηριότητες στους κόμβους. Ανάλογη είναι και η μέθοδος που χρησιμοποιεί την απεικόνιση των δραστηριοτήτων του έργου στους κλάδους.

Για κάθε δραστηριότητα χρειάζεται ο καθορισμός των χρόνων έναρξης και περάτωσης. Στα περισσότερα έργα, επειδή υπάρχει η δυνατότητα παράλληλης εκτέλεσης δραστηριοτήτων, είναι προφανές ότι ο συνολικός χρόνος εκτέλεσης του έργου είναι μικρότερος από το άθροισμα των χρόνων εκτέλεσης των δραστηριοτήτων. Η κρίσιμη διαδρομή μάς δίνει τον χρόνο εκτέλεσης του έργου: Είναι το άθροισμα των χρόνων των δραστηριοτήτων που αποτελούν την κρίσιμη διαδρομή (κρίσιμες δραστηριότητες).

Για την εύρεση της κρίσιμης διαδρομής ως προς την κάθε δραστηριότητα, χρησιμοποιούνται τέσσερα στοιχεία πληροφορίας σχετικά με τους χρόνους έναρξης και περάτωσης της:

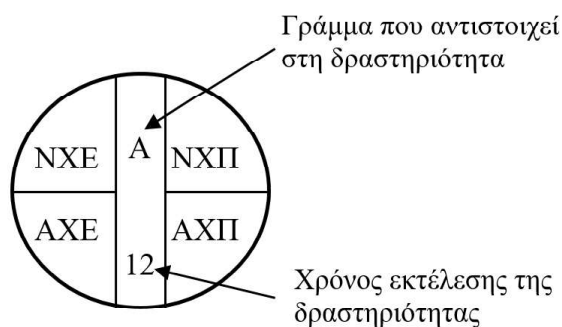
Νωρίτερος Χρόνος Έναρξης (NXE): Ο νωρίτερος χρόνος που μπορεί να ξεκινήσει η δραστηριότητα, εφόσον έχουν περατωθεί όλες οι προαπαιτούμενες δραστηριότητες.

Νωρίτερος Χρόνος Περάτωσης (NXΠ): Ο νωρίτερος χρόνος που μπορεί να περατωθεί η δραστηριότητα.

Αργότερος Χρόνος Έναρξης (AXE): Ο αργότερος χρόνος που μπορεί να ξεκινήσει μια δραστηριότητα χωρίς να καθυστερήσει τον συνολικό χρόνο εκτέλεσης του έργου.

Αργότερος Χρόνος Περάτωσης (AXΠ): Ο αργότερος χρόνος που μπορεί να περατωθεί η εκτέλεση μιας δραστηριότητας χωρίς να επιμηκύνεται ο συνολικός χρόνος εκτέλεσης του έργου.

Ο υπολογισμός αυτών των χρόνων για κάθε δραστηριότητα πραγματοποιείται με τη σάρωση του δικτύου σε δύο φάσεις. Στη σάρωση ή πέραςμα προς τα εμπρός (από αριστερά προς τα δεξιά – από την έναρξη προς την περάτωση του έργου) υπολογίζονται οι NXE και NXΠ για την κάθε δραστηριότητα, ενώ στη σάρωση προς τα πίσω (από δεξιά προς τα αριστερά – από την περάτωση προς την έναρξη του έργου) υπολογίζονται οι AXE και AXΠ. Οι χρόνοι καταγράφονται στο δίκτυο χρησιμοποιώντας για την κάθε δραστηριότητα τον συμβολισμό του Σχήματος 5.7.



Σχήμα 5.7 Χρόνοι για την εύρεση της κρίσιμης διαδρομής

ΣΑΡΩΣΗ ΠΡΟΣ ΤΑ ΕΜΠΡΟΣ

Στη σάρωση προς τα εμπρός για την κάθε δραστηριότητα χρησιμοποιούνται δύο κανόνες:

A. Κανόνας NXE: Πριν αρχίσει η εκτέλεση μιας δραστηριότητας πρέπει να έχουν περατωθεί όλες οι προαπαιτούμενες της. Συνεπώς:

$$NXE = \max(NXΠ \text{ όλων των προαπαιτούμενων δραστηριοτήτων})$$

B. Κανόνας NXΠ: Ο NXΠ μιας δραστηριότητας είναι το άθροισμα του NXE και της διάρκειάς της. Συνεπώς:

$$NXΠ = NXE + \text{Χρόνος εκτέλεσης δραστηριότητας}$$

ΣΑΡΩΣΗ ΠΡΟΣ ΤΑ ΠΙΣΩ

Οι δύο αντίστοιχοι κανόνες που χρησιμοποιούνται κατά τη σάρωση προς τα πίσω είναι:

A. Κανόνας AXΠ: Ο κανόνας αυτός απορρέει από το ότι πριν αρχίσει η εκτέλεση μιας δραστηριότητας πρέπει να έχουν περατωθεί όλες οι προαπαιτούμενες της. Συνεπώς:

- όταν μια δραστηριότητα ακολουθείται από μια μοναδική δραστηριότητα, τότε ο AXΠ είναι ίσος με τον AXE της δραστηριότητας που ακολουθεί,
- όταν μια δραστηριότητα ακολουθείται από περισσότερες από μια δραστηριότητες, τότε

$$AXΠ = \min(AXE \text{ των δραστηριοτήτων που έπονται}).$$

B. Κανόνας AXE: Ο AXE μιας δραστηριότητας είναι η διαφορά του BXΠ της και του χρόνου εκτέλεσής της. Συνεπώς,

$$AXE = AXΠ - \text{Χρόνος εκτέλεσης δραστηριότητας}$$

Η κρίσιμη διαδρομή αποτελείται από τις δραστηριότητες των οποίων οι Νωρίτεροι Χρόνοι και Αργότεροι Χρόνοι είναι ίδιοι, δηλαδή $NXE = AXE$ και $NXΠ = AXΠ$, πράγμα που σημαίνει ότι δεν υπάρχει κανένα **περιθώριο** καθυστέρησης της δραστηριότητας χωρίς συνέπειες για τον συνολικό χρόνο εκτέλεσης του έργου.

Το Σχήμα 5.8 παρουσιάζει τις δύο φάσεις («σάρωση προς εμπρός» και «σάρωση προς τα πίσω») της διαδικασίας εύρεσης της κρίσιμης διαδρομής για το έργο του Πίνακα 5.1. Στην πρώτη φάση υπολογίζονται οι NXE και NXΠ και στη δεύτερη οι AXE και AXΠ (οι τιμές με κόκκινο). Η κρίσιμη διαδρομή, όπως φαίνεται και στο σχήμα, είναι η ΑΓΕΗΘ. Συνεπώς, κρίσιμες δραστηριότητες είναι οι Α, Γ, Ε, Η και Θ. Ο συνολικός

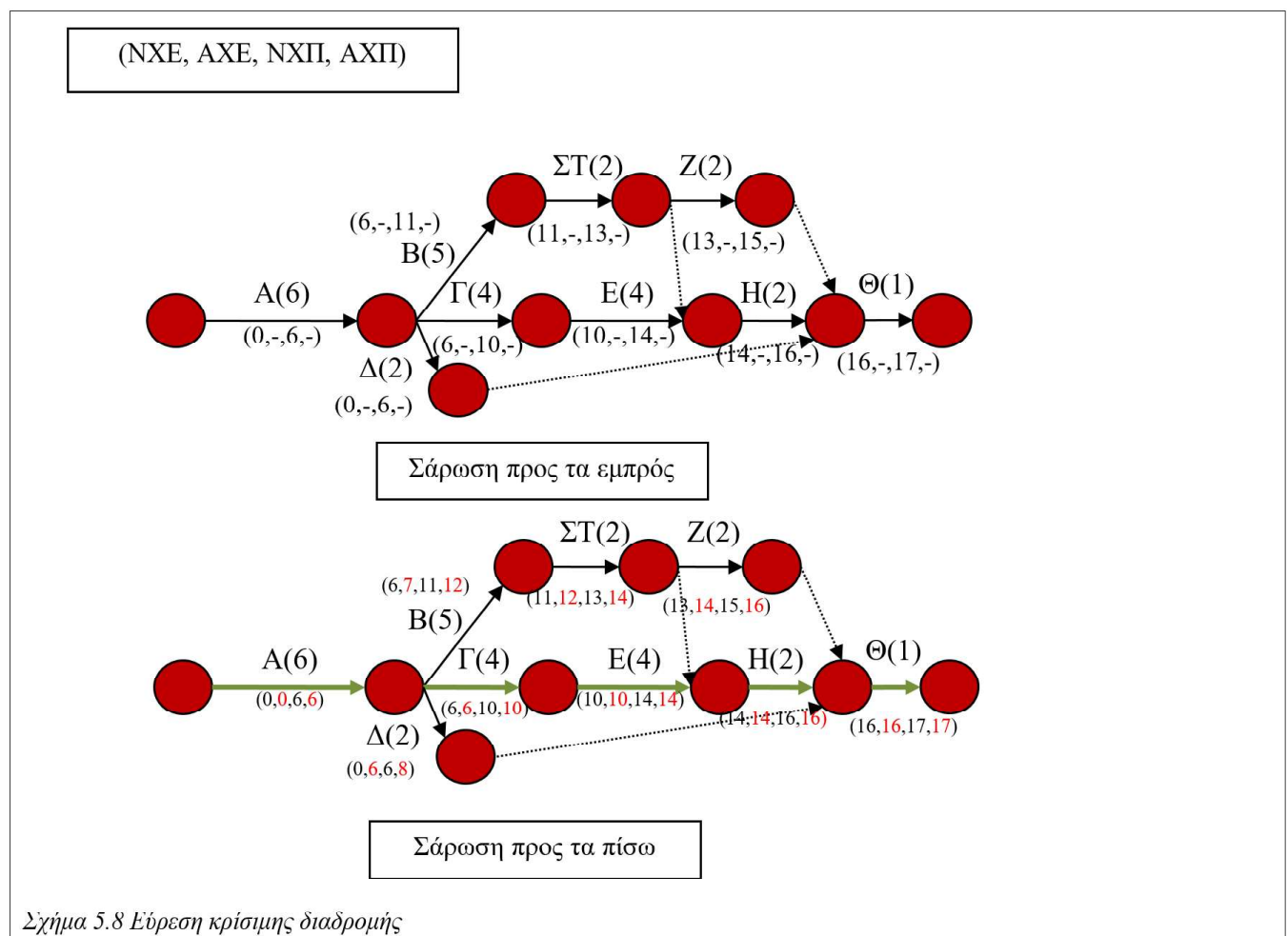
χρόνος εκτέλεσης του έργου είναι το άθροισμα των χρόνων των κρίσιμων δραστηριοτήτων. Δηλαδή, $6+4+4+2+1=17$ εβδομάδες.

5.3.6 Ανάλυση PERT

Η μέθοδος CPM βασίζεται στην παραδοχή ότι οι χρόνοι εκτέλεσης όλων των δραστηριοτήτων ενός έργου είναι γνωστοί και σταθεροί. Στην πράξη, όμως, είναι πολύ πιθανό οι χρόνοι αυτοί να έχουν κάποιο βαθμό μεταβλητότητας που εξαρτάται από διάφορους παράγοντες που σχετίζονται με τη διαθεσιμότητα και την παραγωγικότητα των πόρων που χρησιμοποιούνται στο έργο.

Η Τεχνική Περιοδικής Αξιολόγησης και Επιθεώρησης (PERT), που χρησιμοποιείται και αυτή για τον χρονοπρογραμματισμό και τον έλεγχο έργων, λαμβάνει υπόψη αυτήν τη μεταβλητότητα, και χρησιμοποιεί για τους χρόνους εκτέλεσης των δραστηριοτήτων τρεις εκτιμήσεις:

- *Αισιόδοξη εκτίμηση χρόνου εκτέλεσης (α)*, η οποία βασίζεται στην υπόθεση ότι όλα θα συμβούν όπως προγραμματίζονται και ότι υπάρχει μόνο α μικρή πιθανότητα (1/100) ο χρόνος εκτέλεσης της δραστηριότητας να είναι μικρότερος του α .
- *Απαισιόδοξη εκτίμηση χρόνου εκτέλεσης (β)*, η οποία βασίζεται στην υπόθεση ότι όλα θα συμβούν ανάποδα και αντίθετα με τα προγραμματισμένα και ότι υπάρχει μόνο μια πολύ μικρή πιθανότητα (1/100) ο χρόνος εκτέλεσης της δραστηριότητας να είναι μεγαλύτερος του β .
- *Η πιο πιθανή εκτίμηση (μ)*, που είναι η πλέον ρεαλιστική εκτίμηση και έχει τη μεγαλύτερη πιθανότητα να συμβεί στην πράξη.

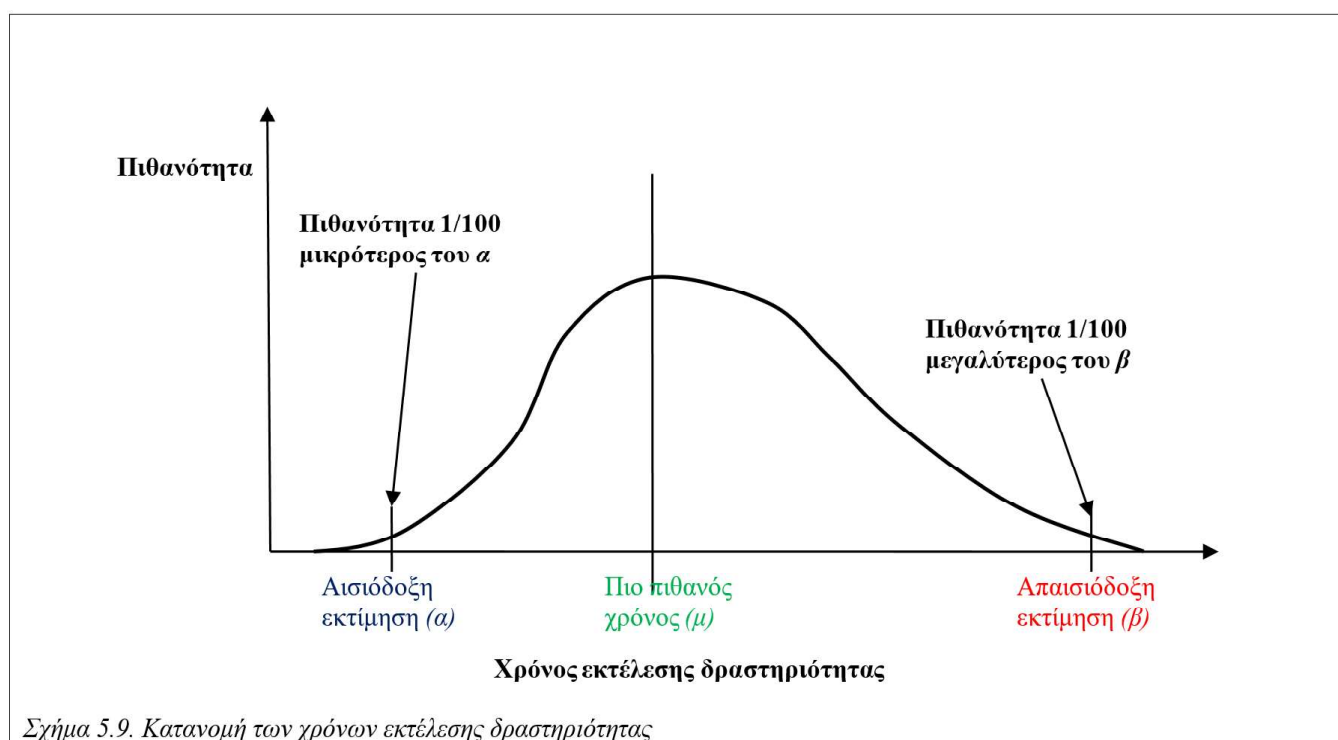


Η τεχνική PERT προϋποθέτει ότι οι χρόνοι εκτέλεσης των δραστηριοτήτων ακολουθούν την κατανομή πιθανοτήτων «βήτα» (beta) (Σχήμα 5.9). Κατά συνέπεια, ο αναμενόμενος (expected) χρόνος εκτέλεσης μιας δραστηριότητας (t_e) και η διακύμανση (v) μπορούν να υπολογιστούν από τις σχέσεις

$$t_e = \frac{\alpha + 4\mu + \beta}{6}$$

$$v = \frac{(\beta - \alpha)^2}{6^2}$$

Επιπλέον, η τυπική απόκλιση $\sigma = \sqrt{v} = \frac{(\beta - \alpha)}{6}$



Είδαμε πριν ότι με τη μέθοδο CPM μπορούμε να βρούμε τον χρόνο περάτωσης ενός έργου που είναι το άθροισμα των χρόνων εκτέλεσης των δραστηριοτήτων της κρίσιμης διαδρομής. Όταν χρησιμοποιείται η τεχνική PERT, που αφορά σε έργα που δεν μπορεί να προσδιοριστεί επακριβώς ο χρόνος εκτέλεσης των δραστηριοτήτων τους, η κρίσιμη υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τους αναμενόμενους χρόνους. Η συνολική απόκλιση στον χρόνο περάτωσης του έργου βρίσκεται από το άθροισμα των αποκλίσεων των δραστηριοτήτων που βρίσκονται στην κρίσιμη διαδρομή

$$\text{Διακύμανση έργου} = \sum_i^{\kappa} \text{Διακύμανση δραστηριότητας (i) κρίσιμης διαδρομής έργου}$$

και

$$\text{Τυπική απόκλιση έργου } (\sigma) = \sqrt{\text{διακύμανση } (\sigma^2 = v)}$$

Παράδειγμα ανάλυσης PERT

Επιστρέφουμε στο παράδειγμα του έργου του Πίνακα 5.1 και υποθέτουμε ότι οι χρόνοι εκτέλεσης δεν είναι σταθεροί, αλλά δίνονται από τους χρόνους του Πίνακα 5.2. Στον ίδιο Πίνακα δίνονται και οι τιμές t_e και v που υπολογίστηκαν με τους παραπάνω τύπους.

Πίνακας 5.2 Δεδομένα έργου για ανάλυση PERT

Δραστηριότητα	α	μ	β	t_e	v
A	3	5	6	4,8	0,25
B	4	5,5	7	5,5	0,25
Γ	3	4	5	4	0,1
Δ	1	2	3,5	2,1	0,17
E	3	4	7	4,3	0,44
ΣΤ	1	2	4	2,2	0,25
Z	2	2,5	5	2,8	0,25
H	1,5	3	4	2,9	0,17
Θ	0,5	1	2	1,1	0,06

Η κρίσιμη διαδρομή του έργου με βάση τις τιμές του αναμενόμενου χρόνου εκτέλεσης της κάθε δραστηριότητας είναι η ίδια με τις σταθερές τιμές: A-Γ-E-H-Θ. Ο χρόνος εκτέλεσης του έργου είναι 17,1 (4,8+4+4,3+2,9+1,1) εβδομάδες, και η διακύμανσή του 1,02 εβδομάδες (άθροισμα διακυμάνσεων δραστηριοτήτων κρίσιμης διαδρομής = 0,25+0,1+0,44+0,17+0,06).

Η τυπική απόκλιση του χρόνου εκτέλεσης του έργου είναι

$$\text{Τυπική απόκλιση έργου } (\sigma) = \sqrt{1,02} = 1,01 \text{ εβδομάδες}$$

Πιθανότητα περάτωσης του έργου

Η εύρεση του αναμενόμενου χρόνου περάτωσης, της διακύμανσης και της τυπικής απόκλισης μας βοηθά στο να υπολογίσουμε την πιθανότητα περάτωσης ενός έργου πριν από κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Υποθέτοντας ότι οι συνολικοί χρόνοι εκτέλεσης ενός έργου (άθροισμα αναμενόμενων χρόνων δραστηριοτήτων της κρίσιμης διαδρομής) ακολουθούν κανονική κατανομή (όχι βήτα όπως οι χρόνοι των δραστηριοτήτων), η χρονική στιγμή που θέλουμε να εξετάσουμε (Ζητούμενος Χρόνος Περάτωσης, ΖΧΠ) απέχει Z τυπικές αποκλίσεις από τον αναμενόμενο χρόνο εκτέλεσης, όπου

$$Z = \frac{(\text{Ζητούμενος Χρόνος Περάτωσης} - \text{Αναμενόμενος Χρόνος Περάτωσης})}{\sigma}$$

Αφού υπολογίσουμε την τιμή του Z , μπορούμε να βρούμε να βρούμε την πιθανότητα να περατωθεί το έργο στον ΖΧΠ από τους στατιστικούς πίνακες της κανονικής κατανομής.

Παράδειγμα ανάλυσης PERT (Συνέχεια)

Θέλουμε να βρούμε την πιθανότητα να περατωθεί το έργο του Πίνακα 5.2 σε λιγότερες από 19 εβδομάδες.

$$Z = \frac{(19 - 17,1)}{1,01} = 1,88$$

Από τους στατιστικούς πίνακες για την Κανονική (Normal) Κατανομή βρίσκουμε ότι η τιμή της πιθανότητας που αντιστοιχεί στο 1,88 είναι 0,97. Άρα, η πιθανότητα να περατωθεί το έργο σε λιγότερες από 19 εβδομάδες είναι 97%.

5.3.7 Περιορισμοί πόρων – Διαχείριση πόρων

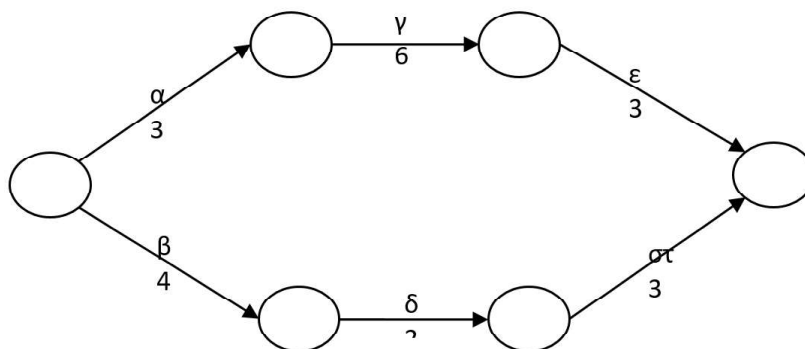
Στον προγραμματισμό ενός έργου πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη και η διαθεσιμότητα των πόρων σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους. Οι συνολικοί πόροι (άνθρωποι, μηχανές, χρήματα) μπορεί να μην επαρκούν για την παράλληλη εκτέλεση (πολλών) δραστηριοτήτων. Σε αυτήν την περίπτωση είναι αναγκαία η χρονική μετάθεση κάποιων δραστηριοτήτων που συνεπάγεται και την ανάλογη μετάθεση πόρων. Τα διαγράμματα δικτύου αλλά και τα διαγράμματα Gantt παρέχουν σημαντική βοήθεια προς αυτήν την κατεύθυνση.

Παράδειγμα διαχείρισης πόρων

Ο πίνακας 5.3 και το Σχήμα 5.10 παρουσιάζουν τα δεδομένα ενός έργου αναφορικά με τους χρόνους εκτέλεσης των έξι δραστηριοτήτων, τις απαιτήσεις της κάθε δραστηριότητας σε ανθρώπινους πόρους, καθώς και τη δυνατότητα εκτέλεσης κάποιων δραστηριοτήτων παράλληλα (δίκτυο CPM με δραστηριότητες στα τόξα).

Πίνακας 5.3 Χρόνοι εκτέλεσης δραστηριοτήτων και απαιτήσεις σε πόρους

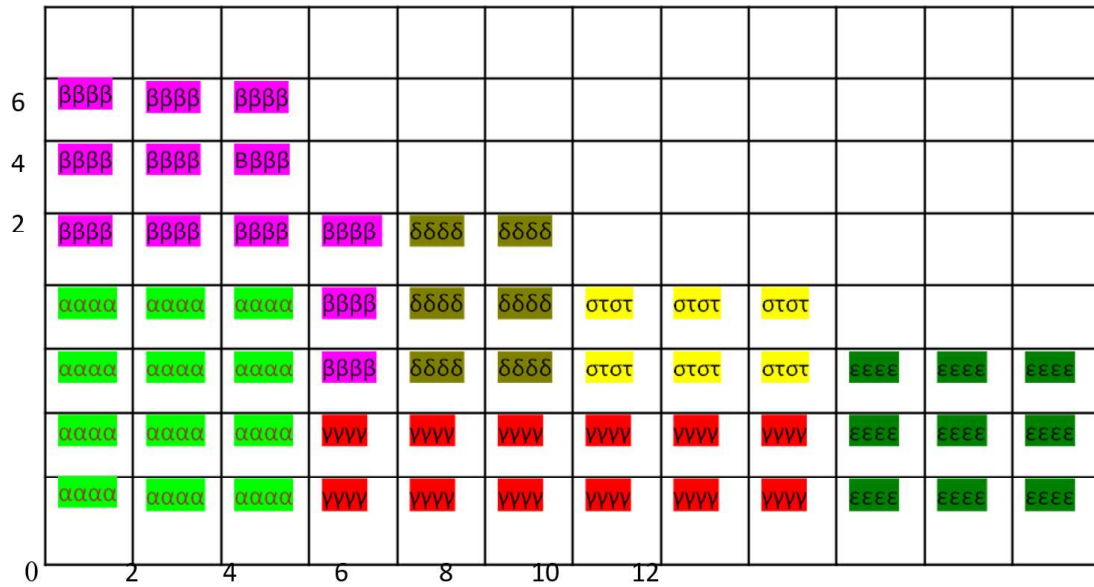
Δραστηριότητα	Διάρκεια (ημέρες)	Πόροι (άτομα)
α	3	4
β	4	3
γ	6	2
δ	2	3
ε	3	3
στ	3	2



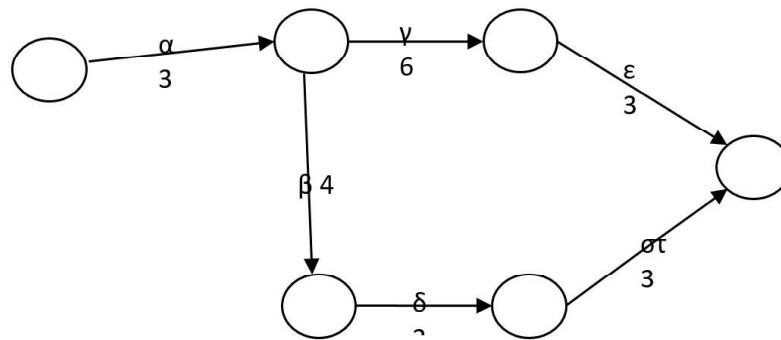
Σχήμα 5.10. Δίκτυο παραδείγματος Πίνακα 5.3

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα, η κατανομή (απαιτήσεις) των πόρων ανά χρονική περίοδο είναι όπως στο Σχήμα 5.11. Ο προγραμματισμός του έργου δεν μπορεί να ανταποκριθεί στην περιορισμένη διαθεσιμότητα ανθρώπινων πόρων, που είναι έξι εργαζόμενοι. Υπάρχει πρόβλημα κατά τις τρεις πρώτες χρονικές περιόδους. Επιπλέον, η κατανομή του ανθρώπινου δυναμικού δεν είναι ισορροπημένη, με αποτέλεσμα να υπάρχει αδρανές δυναμικό τις τρεις τελευταίες περιόδους.

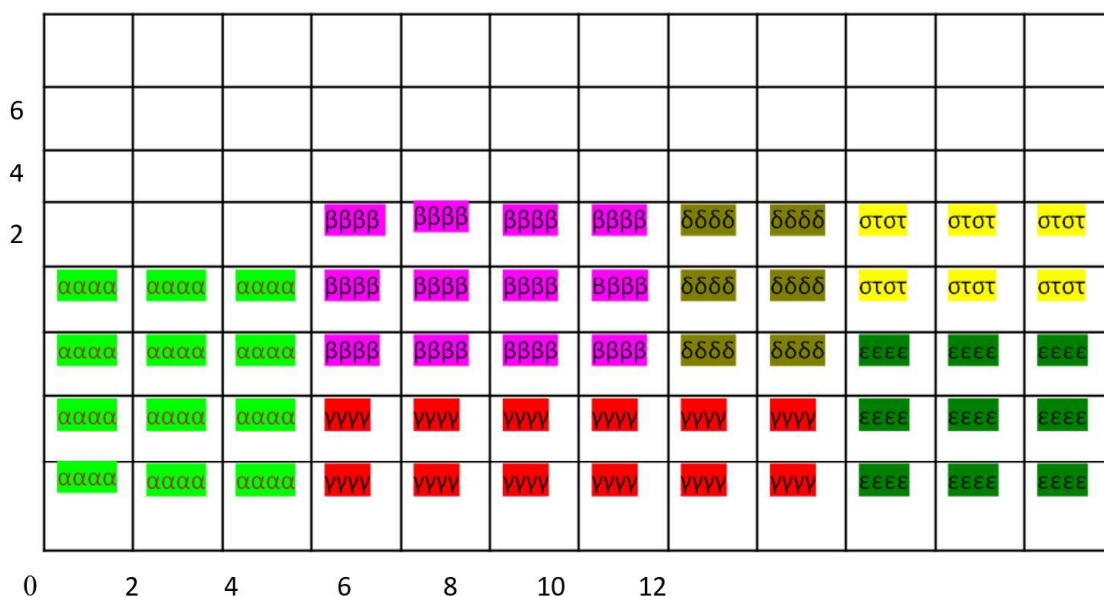
Καθυστερώντας την έναρξη της δραστηριότητας β κατά τρεις περιόδους μέχρι να περατωθεί η α (Σχήμα 5.12), μετατίθενται χρονικά οι δραστηριότητες δ και $\sigma\tau$, ικανοποιώντας έτσι τον περιορισμό σε ανθρώπινους πόρους και καθιστώντας τη χρονική κατανομή τους περισσότερο ισορροπημένη (Σχήμα 5.13).



Σχήμα 5.11 Κατανομή πόρων ανά χρονική περίοδο



Σχήμα 5.12. Δίκτυο παραδείγματος Πίνακα 5.3 με μετάθεση της δραστηριότητας β



Σχήμα 5.13 Νέα κατανομή πόρων ανά χρονική περίοδο

5.4 Χρηματοδότηση έργων – Προϋπολογισμός – Ταμειακή ροή

Όλα σχεδόν τα έργα κάποιου μεγέθους χρειάζονται κάποιας μορφής χρηματοδότηση. Η χρηματοδότηση μπορεί να προέρχεται από διάφορες πηγές όπως τράπεζες, ιδιωτικά επενδυτικά κεφάλαια, δημόσιες επενδύσεις κ.ά. Τα ποσά που απαιτούνται καθορίζονται από τον προϋπολογισμό του έργου, και οι χρηματοδότες προσβλέπουν σε κέρδος από τη χρηματοδότηση, είτε μέσω των τόκων είτε από τη συμμετοχή στην εκμετάλλευση των αποτελεσμάτων του έργου. Όταν προσβλέπουν σε κέρδος μόνο από τη διάθεση κεφαλαίων, η συμμετοχή τους στον καθορισμό των στόχων του έργου και του τρόπου εκμετάλλευσής του είναι ελάχιστη. Αυτό για το οποίο ενδιαφέρονται είναι η επιστροφή των κεφαλαίων που παρέχουν με τους επιπλέον τόκους. Στην περίπτωση όμως που πρόκειται να συμμετάσχουν με κάποιον τρόπο στην εκμετάλλευση του αποτελέσματος, η ανάμειξή τους κατά τον σχεδιασμό και την εκτέλεση του έργου είναι περισσότερο έντονη και συχνή.

Σε κάθε περίπτωση, στις εκτιμήσεις της μελλοντικής απόδοσης ενός έργου που γίνονται κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού του σημαντική είναι η εκτίμηση του κόστους χρηματοδότησης. Πολύ σημαντική είναι επίσης και η παράμετρος του τρόπου χρηματοδότησης σε σχέση με τον χρόνο, η οποία πρέπει να διασφαλίζει τη ρευστότητα κατά τη διάρκεια εκτέλεσής του έργου. Και για τα δύο σημαντικοί ρόλοι παίζουν οι έννοιες του τόκου και του επιτοκίου.

Ο **τόκος** είναι το κόστος χρησιμοποίησης του κεφαλαίου για ένα χρονικό διάστημα από τον χρηματοδοτούμενο φορέα. Το **επιτόκιο** είναι ο ρυθμός καταβολής ή ανάκτησης του κεφαλαίου. Ουσιαστικά, είναι τόκος που αντιστοιχεί στο μοναδιαίο κεφάλαιο (συνήθως η μονάδα λαμβάνεται ως 100 χρηματικές μονάδες) και στη μονάδα του χρόνου (συνήθως ένα έτος). Αν, για παράδειγμα, μια τράπεζα χρηματοδοτήσει μια επιχείρηση για έναν χρόνο με 100.000 ευρώ με ετήσιο επιτόκιο 5%, θα λάβει ή προσδοκά να λάβει (σε δόσεις) στο τέλος του έτους 105.000 ευρώ (5.000 ευρώ είναι ο τόκος).

Φυσικά, τις περισσότερες φορές η περίοδος αποπληρωμής του δανείου –στην ουσία περί δανείου πρόκειται– είναι πολύ μεγαλύτερη του ενός έτους, και γίνεται σε δόσεις που συμπεριλαμβάνουν μέρος του κεφαλαίου και μέρος των τόκων. Το ίδιο σταδιακά και ανάλογα με την πρόοδο του έργου γίνεται και η εκταμίευση του δανείου (η χρηματοδότηση του έργου). Ο ρυθμός των χρηματικών εισροών και εκροών του έργου πρέπει να είναι θετικός, για να μην υπάρχουν προβλήματα ρευστότητας, πληρωμών δόσεων, προμηθευτών, προσωπικού κ.λπ., και αυτό πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη κατά τον σχεδιασμό του έργου και την κατάρτιση του προϋπολογισμού με ταυτόχρονη ανάλυση της ροής μετρητών (cash flow).

Ο Πίνακας 5.2 παρουσιάζει ένα παράδειγμα καταγραφής και ελέγχου της ροής των μετρητών (ταμειακή ροή) σε ένα έργο. Το επάνω μέρος του πίνακα καταγράφει τις εισροές και εκροές μετρητών της επιχείρησης χωρίς να λαμβάνει υπόψη την εξωτερική χρηματοδότηση (τραπεζικό δάνειο), η ροή μετρητών της οποίας καταγράφεται στο κάτω μέρος. Η πρώτη γραμμή του πίνακα (Μετρητά στην αρχή) καταγράφει τα χρήματα που υπάρχουν στο ταμείο του έργου στην αρχή του μήνα, που είναι το ίδιο ποσό με τα μετρητά που υπάρχουν στο τέλος του προηγούμενου μήνα (τελευταία γραμμή του πίνακα Μετρητά στο τέλος). Είναι φανερό ότι

Μετρητά στο τέλος = Μετρητά στην αρχή – ΜΗΝΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ, και

ΜΗΝΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ = (ΣΥΝΟΛΟ ΕΙΣΡΟΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗΣ + ΣΥΝΟΛΟ ΕΙΣΡΟΩΝ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ) – (ΣΥΝΟΛΟ ΕΚΡΟΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗΣ + ΣΥΝΟΛΟ ΕΚΡΟΩΝ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ)

Πίνακας 5.4 Παράδειγμα καταγραφής ταμειακής ροής (cash flow)

	Μήνας 1	Μήνας 2	Μήνας 3	Μήνας 4	Μήνας 5	Μήνας 6	Μήνας 7	Μήνας 8	Μήνας 9	Μήνας 10	Μήνας 11	Μήνας 12
ΜΗΝΑΣ												
Μετρητά στην αρχή	40.000	35.700	31.900	26.100	22.100	78.300	13.500	15.200	17.900	11.600	57.600	78.800
ΡΟΗ ΜΕΤΡΗΤΩΝ												
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗΣ												
Πληρωμή από παράδοση μέρους Α										300.000	150.000	
Πληρωμή από παράδοση μέρους Β												20.000
Άλλα έσοδα												500
ΣΥΝΟΛΟ ΕΙΣΡΟΩΝ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300.000	150.000	20.500
Αγορές υλικών						60.000	160.000	80.000				
Μεταφορικά						1.000	3.000	1.000				
Βοηθητικές εργασίες	800	300	300	500	300	300	20.800	10.300	2.800	500	300	300
Κόστος προσωπικού	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	11.000	3.500	3.500	3.500	6.500
Αγορά εξωτερικών υπηρεσιών			2.000				1.000					2.000
ΣΥΝΟΛΟ ΕΚΡΟΩΝ	4.300	3.800	5.800	4.000	3.800	64.800	188.300	102.300	6.300	4.000	3.800	8.800
ΜΕΤΡΗΤΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗΣ	35.700	31.900	26.100	22.100	18.300	13.500	-174.800	-87.100	11.600	307.600	203.800	90.500
ΡΟΗ ΜΕΤΡΗΤΩΝ												
ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ												
Τραπεζικά δάνεια					60.000		190.000	105.000				
ΣΥΝΟΛΟ ΕΙΣΡΟΩΝ	0	0	0	0	60.000	0	190.000	105.000	0	0	0	0
Πληρωμές δανείων										250.000	125.000	
ΣΥΝΟΛΟ ΕΚΡΟΩΝ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	250.000	125.000	0
ΣΥΝΟΛΙΚΑ												
ΜΗΝΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ	-4.300	-3.800	-5.800	-4.000	56.200	-64.800	1.700	2.700	-6.300	46.000	21.200	11.700
Μετρητά στο τέλος	35.700	31.900	26.100	22.100	78.300	13.500	15.200	17.900	11.600	57.600	78.800	90.500

5.5 Έλεγχος έργου

Το ίδιο σημαντική με τις διαδικασίες σχεδιασμού και χρονοπρογραμματισμού για την επιτυχή περάτωση ενός έργου είναι και η διαδικασία του ελέγχου. Στη διαδικασία του ελέγχου αξιολογείται η πρόοδος του έργου σε σχέση με το χρονοδιάγραμμα και τον προϋπολογισμό. Με βάση την αξιολόγηση και πιθανές αποκλίσεις αποφασίζονται διορθωτικές ενέργειες που λαμβάνουν υπόψη τις ασυμβατότητες μεταξύ των στόχων (κόστος, χρόνος, ποιότητα).

Το κόστος εκτέλεσης ενός έργου μπορεί να αποκλίνει από το προϋπολογισθέν για διάφορους λόγους. Για παράδειγμα, η χρεοκοπία ενός υπεργολάβου ή κάποια φυσική καταστροφή μπορεί να κρατήσουν αδρανή τη διαδικασία εκτέλεσης ενώ οι σταθερές δαπάνες συνεχίζουν να τρέχουν. Συνεπώς, είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει διαρκής έλεγχος των δαπανών ανά δραστηριότητα και συνολικά για το έργο. Σε περίπτωση που παρατηρηθούν κάποιες υπερβάσεις σε κάποιες δραστηριότητες, είναι φυσικό να επιζητείται εξισορρόπηση με την αλλαγή του τρόπου εκτέλεσης και τη μείωση του κόστους άλλων δραστηριοτήτων. Υπάρχει η πιθανότητα να ξαναμπει το έργο σε τροχιά με τη μεταφορά πλεοναζόντων πόρων από άλλες δραστηριότητες χωρίς επιπλέον κόστος, συνήθως όμως αυτό που γίνεται είναι η εντατικοποίηση (crashing) μερικών δραστηριοτήτων του έργου. Το ζητούμενο είναι να γίνει η εντατικοποίηση με το λιγότερο δυνατό κόστος.

5.5.1 Εντατικοποίηση (crashing)

Κατά τη διαδικασία κατάρτισης του χρονοδιαγράμματος και του προϋπολογισμού ενός έργου, οι εκτιμήσεις της διάρκειας και του κόστους των δραστηριοτήτων γίνονται λαμβάνοντας υπόψη ένα συγκεκριμένο επίπεδο/αριθμό πόρων. Η παροχή επιπλέον πόρων, στη γενική περίπτωση, ελαττώνει τους χρόνους εκτέλεσης, αυξάνει όμως το κόστος, τουλάχιστον βραχυπρόθεσμα. (Σε μερικές περιπτώσεις η ελάττωση του χρόνου μπορεί να φέρει περισσότερα έσοδα μακροπρόθεσμα, π.χ. ταχύτερη είσοδος ενός προϊόντος στην αγορά και κατάληψη θέσης που παρέχει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα.) Πολλές φορές, η ελάττωση του χρόνου εκτέλεσης κάποιων δραστηριοτήτων επιβάλλεται είτε γιατί το έργο έχει καθυστερήσει είτε γιατί έχει αναθεωρηθεί ο χρόνος περάτωσής του προς το συντομότερο. Η διαδικασία μέσω της οποίας γίνεται η συμπίεση του συνολικού χρόνου περάτωσης ονομάζεται εντατικοποίηση (συμπίεση, crashing) του έργου. Για την υλοποίηση αυτής της διαδικασίας ανατρέχουμε στο διάγραμμα δικτύου του έργου (CPM ή PERT). Η ανάλυση που παρουσιάστηκε παραπάνω βασιζόταν στην παραδοχή ότι ο χρόνος εκτέλεσης και το κόστος κάθε δραστηριότητας έχουν τις **κανονικές** τιμές τους. Πέρα όμως από αυτές, συνήθως για κάθε δραστηριότητα ενός έργου καθορίζονται και τιμές χρόνου και κόστους, **συμπιεσμένης ή εντατικοποιημένης εκτέλεσης** (μικρότερη της κανονικής διάρκεια και μεγαλύτερο κόστος).

Για τη διαδικασία εντατικοποίησης απαιτούνται:

- α) οι χρόνοι κανονικής και εντατικής εκτέλεσης κάθε δραστηριότητας,
- β) τα κόστη κανονικής και εντατικής εκτέλεσης κάθε δραστηριότητας,
- γ) ο κατάλογος των δραστηριοτήτων που βρίσκονται στην κρίσιμη διαδρομή.

Οι περιορισμοί της διαδικασίας αφορούν τα ακόλουθα: α) η εντατικοποίηση των δραστηριοτήτων γίνεται μέσα στα επιτρεπτά όρια, β) συνολικά, παρά τις αλλαγές, το έργο περατώνεται στον απαιτούμενο χρόνο, γ) το συνολικό κόστος της εντατικοποίησης είναι το ελάχιστο δυνατό.

Η διαδικασία εντατικοποίησης περιλαμβάνει τέσσερα βήματα:

1. Υπολογισμός του κόστους εντατικοποίησης ανά μονάδα χρόνου για κάθε δραστηριότητα. Υποθέτοντας μια γραμμική σχέση μεταξύ χρόνου και κόστους, τότε

$$\text{Κόστος εντατικοποίησης ανά περίοδο} = \frac{\text{Κόστος εντατικής εκτέλεσης} - \text{Κανονικό κόστος}}{\text{Κανονικός χρόνος} - \text{Χρόνος εντατικής εκτέλεσης}}$$

- Εύρεση της κρίσιμης διαδρομής και των κρίσιμων δραστηριοτήτων με τους κανονικούς χρόνους.
- Αν υπάρχει μόνο μία κρίσιμη διαδρομή, τότε πραγματοποιείται εντατικοποίηση της δραστηριότητας που: α) μπορεί να εντατικοποιηθεί (περαιτέρω), β) έχει το μικρότερο κόστος εντατικοποίησης ανά περίοδο. Η δραστηριότητα αυτή συρρικνώνεται κατά μία περίοδο.
- Αν υπάρχουν περισσότερες της μίας κρίσιμες διαδρομές, από την κάθε κρίσιμη διαδρομή επιλέγεται η δραστηριότητα που: α) μπορεί να εντατικοποιηθεί (περαιτέρω), β) συνολικό κόστος εντατικοποίησης ανά περίοδο όλων των επιλεγμένων δραστηριοτήτων είναι το ελάχιστο. Οι δραστηριότητες αυτές συρρικνώνονται κατά μία περίοδο.
- Αναθεώρηση των χρόνων εκτέλεσης των δραστηριοτήτων. Αν ο απαιτούμενος συνολικός χρόνος εκτέλεσης του έργου έχει επιτευχθεί, η διαδικασία σταματά. Αλλιώς επαναλαμβάνεται από το Βήμα 2.

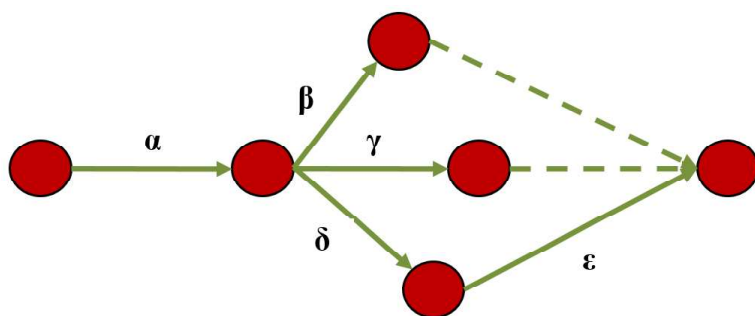
5.5.2 Παράδειγμα εντατικοποίησης έργου

Ο Πίνακας 5.3 παρουσιάζει τα δεδομένα ενός έργου σε σχέση με το κόστος και τον χρόνο εκτέλεσης της κάθε δραστηριότητας, καθώς και με το κόστος εντατικοποίησής της ανά μονάδα χρόνου. Το κόστος εντατικοποίησης ανά μονάδα χρόνου (περίοδο) υπολογίστηκε με τη χρήση της παραπάνω σχέσης (Βήμα 1).

Πίνακας 5.5 Δεδομένα έργου για κανονική και εντατικοποιημένη εκτέλεση

Δραστηριότητα	Προηγούμενη	Διάρκεια (εβδομ.)	Κόστος '000	Εντατικοποίηση (εβδομάδες)	Κόστος	Κόστος εντατ/περίοδο
α	-	2	20	1	40	20
β	α	4	30	1	60	10
γ	α	2	10	2	10	-
δ	α	2	10	1	40	30
ε	δ	3	10	1	30	10

Το διάγραμμα δικτύου του έργου με τις δραστηριότητες στα τόξα (κλάδους) δίνεται στο Σχήμα 5.9. Η κρίσιμη διαδρομή είναι α-δ-ε.



Σχήμα 5.14. Διάγραμμα δικτύου του έργου του Πίνακα 5.3

Η δραστηριότητα της κρίσιμης διαδρομής με το μικρότερο κόστος εντατικοποίησης είναι η ε (10.000 ευρώ). Αρά μπορούμε να ξεκινήσουμε τη διαδικασία εντατικοποίησης με την εντατικοποίηση αυτής της δραστηριότητας κατά μία μονάδα.

Μετά την εντατικοποίηση της ε , υπάρχουν δύο κρίσιμες διαδρομές στο διάγραμμα: η α - δ - ε και η α - β - γ (πλασματική). Και οι δύο διαδρομές έχουν συνολικό χρόνο εκτέλεσης 6 εβδομάδες. Αυτό σημαίνει ότι το έργο μπορεί να επισπευστεί περαιτέρω με την εντατικοποίηση και των δύο κρίσιμων διαδρομών. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχει η επιλογή εντατικοποίησης της κοινής δραστηριότητας α με κόστος 20.000 ευρώ ή δύο διαφορετικών δραστηριοτήτων, μίας από κάθε μονοπάτι, π.χ. β και ε με κόστος εντατικοποίησης $10.000+10.000=20.000$ ευρώ). Και στις δύο περιπτώσεις το κόστος εντατικοποίησης είναι 20.000 ευρώ. Για έναν επιπλέον γύρο συντόμευσης/εντατικοποίησης των δραστηριοτήτων των δύο διαδρομών κατά μια εβδομάδα το κόστος είναι επίσης 20.000 ευρώ. Μετά από αυτό, ο συνολικός χρόνος εκτέλεσης του έργου συρρικνώνεται στις τέσσερις εβδομάδες.

Το έργο μπορεί να συρρικνωθεί χρονικά ακόμα μία εβδομάδα με την εντατικοποίηση των δραστηριοτήτων β και δ (οι δραστηριότητες α και ε έχουν φθάσει στα όριά τους). Το κόστος αυτής της φάσης της εντατικοποίησης, που καταλήγει σε συνολικό χρόνο εκτέλεσης του έργου τις τρεις εβδομάδες, είναι $10.000+30.000=40.000$ ευρώ. Μετά το πέρας αυτής της φάσης, και οι δύο πιθανές διαδρομές έχουν εντατικοποιηθεί στο μέγιστο δυνατό.

Βιβλιογραφία και αναφορές

- Chapman, C. (2009). Διαχείριση Κινδύνων Έργων : Διεργασίες, Τεχνικές και Εμβασύνσεις. Θεσσαλονίκη: Επίκεντρο.
- Δημητριάδης, Σ. Γ., & Μιχιώτης, Α. Ν. (2007). Διοίκηση Παραγωγικών Συστημάτων: Βασικές Θεωρητικές Αρχές και Εφαρμογές στη Λήψη Επιχειρηματικών Αποφάσεων. Αθήνα: Κριτική.
- Heizer, J., & Render, B. (2014). Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management. Harlow: Pearson Education.
- Maylor, H. (2005). Διαχείριση Έργων. Αθήνα: Κλειδάριθμος.
- Meredith, J. R. (1992). The Management of Operations: A Conceptual Emphasis. New York: John Wiley & Sons.
- Μπουραντάς, Δ. (2002). Μάνατζμεντ: Θεωρητικό Υπόβαθρο, Σύγχρονες Πρακτικές. Αθήνα: Εκδόσεις Μένου.
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston R. (2010). Διοίκηση Παραγωγής Προϊόντων και Υπηρεσιών (5^η αγγλική έκδοση). Αθήνα: Κλειδάριθμος.
- Stevenson, W. J. (2012). Operations Management: Theory and Practice. New York: McGraw-Hill Education.
- Williams, T. (2002). Modelling Complex Projects. Chichester: John Wiley & Sons.

Ερωτήσεις και ασκήσεις επανάληψης

1. Ποιες είναι οι βασικές διαφορές των διαδικασιών παραγωγής έργων σε σχέση με τις υπόλοιπες διαδικασίες παραγωγής;

2. Ποιοι είναι οι κύριοι στρατηγικοί στόχοι των έργων; Μπορείτε να αναφέρετε τρία είδη έργων και να αναφέρετε τους ιδιαίτερους στρατηγικούς στόχους τους;
3. Ποια είναι η πλέον κατάλληλη οργανωτική δομή για τις επιχειρήσεις που εκτελούν έργα; Ποια είναι τα πλεονεκτήματα και ποια τα μειονεκτήματα αυτής της δομής;
4. Πως θα προτείνατε (με ποια επιχειρήματα) μια πρόταση για την εκτέλεση ενός έργου σε διαφορετικές ομάδες ενδιαφερομένων. Εξηγήστε με τη βοήθεια παραδειγμάτων.
5. Γιατί, κατά τη γνώμη σας, είναι πολύ σημαντική για τη διοίκηση ενός έργου η Αναλυτική Δομή Εργασιών;
6. Μια βιομηχανική επιχείρηση σκοπεύει να αναβαθμίσει το σύστημα ελέγχου της κύριας γραμμής παραγωγής της. Το έργο της αναβάθμισης έχει αναλυθεί στις δραστηριότητες με τα δεδομένα του παρακάτω πίνακα.

Δραστηριότητα	Περιγραφή	Χρόνος (εβδομάδες)	Προηγούμενες δραστηριότητες
A	Επιλογή λογισμικού	4	-
B	Αναβάθμιση δικτύου	3	A
Γ	Εγκατάσταση λογισμικού	6	A
Δ	Έλεγχος λειτουργίας	2	B
E	Ενημέρωση βάσης δεδομένων	3	B
ΣΤ	Εκπαίδευση προσωπικού	5	Γ, Δ
Z	Τελική ρύθμιση-εκκίνηση	1	E, ΣΤ

A) Σχεδιάστε το δίκτυο του έργου με τις δραστηριότητες στα τόξα (κλάδους).

B) Ποια είναι η κρίσιμη διαδρομή και ποιος ο χρόνος περάτωσης του έργου;

7. Τα δεδομένα ενός έργου που πρόκειται να εκτελεστεί δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Δραστηριότητα	Αισιόδοξη εκτίμηση (ημέρες)	Πιο πιθανός χρόνος (ημέρες)	Απαισιόδοξη εκτίμηση (ημέρες)	Προηγούμενες δραστηριότητες
A	3	4	11	-
B	1	2	3	-
Γ	3	10	11	-
Δ	8	10	18	A
E	1	2	3	B
ΣΤ	1	3	5	Γ, E
Z	2	3	4	Δ
H	2	6	10	ΣΤ
Θ	16	20	30	Z, H
I	1	1	1	Z

A) Υπολογίστε τους αναμενόμενους χρόνους εκτέλεσης της κάθε δραστηριότητας.

B) Υπολογίστε τον αναμενόμενο χρόνο εκτέλεσης του έργου.

Γ) Ποια είναι η κρίσιμη διαδρομή του έργου;

8. Για ένα έργο δίνονται τα παρακάτω δεδομένα:

Δραστηριότητα	Προηγούμενη δραστηριότητα	Κανονική διάρκεια (ημέρες)	Κόστος εντατικοποίησης ανά ημέρα	Εντατικοποιημένη διάρκεια
A	-	10	500	6
B	-	6	300	3
Γ	B	2	-	2
Δ	Γ	4	400	2
E	A	6	800	4
ΣΤ	E, Δ	8	1.000	5

Ποιος είναι ο πιο οικονομικός τρόπος για να επισπευστεί ο χρόνος εκτέλεσης του έργου κατά δύο ημέρες;

9. Γιατί, κατά τη γνώμη σας, είναι σημαντική η πρόβλεψη της ταμειακής ροής ενός έργου; Δικαιολογήστε την απάντησή σας με ένα παράδειγμα.
10. Να σχηματίσετε έναν πίνακα με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης των διαγραμμάτων Gantt και των δικτύων CPM για τον προγραμματισμό και την παρακολούθηση των έργων.