

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Στο πλαίσιο του κεφαλαίου αυτού θα μας απασχολήσουν ζητήματα της διοίκησης παραγωγικών συστημάτων που σχετίζονται άμεσα με τον αρχικό σχεδιασμό τους. Αρχικά θα αναφερθούμε στα κριτήρια και τις μεθόδους που μας βοηθούν στη λήψη της απόφασης για τη βέλτιστη θέση εγκατάστασης ενός παραγωγικού συστήματος. Στη συνέχεια, θα εστιάσουμε σε θέματα μελέτης μεθόδων και μέτρησης εργασίας, που αφορούν στο σχεδιασμό της καλύτερης δυνατής διαδικασίας μετατροπής των εισερχόμενων στο παραγωγικό σύστημα πόρων, σε τελικά εξερχόμενα από αυτό προϊόντα ή υπηρεσίες. Το κεφάλαιο θα ολοκληρωθεί με αναφορά στον χωροταξικό σχεδιασμό ενός παραγωγικού συστήματος, στη διάταξη, με άλλα λόγια, του εξοπλισμού και του ανθρώπινου δυναμικού εντός του συστήματος, καθώς και στη σχετική θέση των παραγωγικών τμημάτων αυτού μεταξύ τους, έτσι ώστε να διασφαλίζεται, με βάση την ακολουθούμενη παραγωγική διαδικασία, η απρόσκοπτη και αποτελεσματική λειτουργία του. Η αξιολόγηση των διάφορων εναλλακτικών προτάσεων για όλα τα παραπάνω ζητήματα, κατά τη διαδικασία λήψης απόφασης επί αυτών από την πλευρά της διοίκησης, υποστηρίζεται από απλές, ποσοτικές μεθόδους, που πιστεύουμε ότι θα γίνουν πιο εύκολα κατανοητές μέσω της μελέτης των σχετικών παραδειγμάτων που περιλαμβάνονται στο κεφάλαιο.

5.1 Επιλογή της θέσης εγκατάστασης

Η επιλογή της θέσης εγκατάστασης αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν κατά τη σχεδίαση ενός παραγωγικού συστήματος. Αυτό οφείλεται, αφενός, στο γεγονός ότι η απόφαση αυτή δεν μπορεί να αλλάξει μετά την εγκατάσταση του συστήματος, λόγω των σημαντικών πόρων που θα έχουν δεσμευτεί για το σκοπό αυτό, αφετέρου δε, γιατί λανθασμένη επιλογή της θέσης εγκατάστασης μπορεί να

επιρεάσει καθοριστικά την επιβίωσή του, διότι οι συνθήκες λειτουργίας του συστήματος (οικονομικές, κοινωνικές, νομικές κ.λπ.) στη συγκεκριμένη θέση επιλογής επιρεάζουν άμεσα το κόστος, το χρόνο αποστολής και την ποιότητα του προϊόντος. Η επιλογή της θέσης εγκατάστασης είναι ένα σύνθετο πρόβλημα, λόγω των παραγόντων που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, και μπορεί να αφορά είτε τη δημιουργία μιας νέας παραγωγικής μονάδας, είτε όμως και την επέκταση ενός ήδη εγκατεστημένου συστήματος που βρίσκεται σε λειτουργία. Θα μπορούσαμε, λοιπόν, να ορίσουμε το συγκεκριμένο πρόβλημα ως πρόβλημα επιλογής (μεταξύ άλλων υποψήφιων θέσεων) της καταλληλότερης θέσης εγκατάστασης, έτσι ώστε να διασφαλίζεται το ελάχιστο δυνατό συνολικό κόστος εγκατάστασης (απόκτηση γης, κατασκευή υποδομών, κ.λπ.) και λειτουργίας (εργασία, εφοδιασμός κ.λπ.) του παραγωγικού συστήματος.

Αρκετοί είναι οι παράγοντες που επιρεάζουν την επιλογή της θέσης εγκατάστασης ενός παραγωγικού συστήματος, η βαρύτητα δε του καθενός από αυτούς διαφοροποιείται ανάλογα με το είδος της παραγωγικής δραστηριότητας. Έτσι, για παράδειγμα, η εγκατάσταση ενός υδροηλεκτρικού σταθμού δρομολογείται σχεδόν μονοσήμαντα με βάση την τοποθεσία του νερού (πηγής ή ποταμού), ενώ για ένα άλλο παραγωγικό σύστημα, όπως π.χ. μια τράπεζα, ο παράγοντας αυτός δεν αξιολογείται καθόλου. Γενικά, οι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη, και ως εκ τούτου επιρεάζουν τη θέση εγκατάστασης ενός παραγωγικού συστήματος, μπορούν να χωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες, και πιο συγκεκριμένα στους οικονομικούς (economic) και στους μη οικονομικούς (non economic) παράγοντες. Στους οικονομικούς παράγοντες περιλαμβάνονται: (α) το κόστος εγκατάστασης (facility cost), όπως το κόστος απόκτησης γης, το κόστος κατασκευής κ.λπ., (β) το κόστος λειτουργίας (operating cost), όπως τα άμεσα εργατικά, το διοικητικό κόστος, το κόστος ενέργειας κ.λπ. και (γ) το κόστος μεταφοράς (transportation cost), που αφορά τόσο στο μεταφορικό κόστος των πρώτων υλών στο σύστημα όσο και των προϊόντων στον τελικό τους προορισμό. Στους μη οικονομικούς παράγοντες περιλαμβάνονται: η διαθεσιμότητα του εργατικού δυναμικού (εξειδικευμένου ή μη), η ύπαρξη συγκοινωνιακής υποδομής και επικοινωνιών, η κοινωνική σύνθεση και η ποιότητα ζωής, το υφιστάμενο νομικό και πολιτικό πλαίσιο κ.λπ.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, καθένας από τους παραπάνω παράγοντες επιρεάζει κατά περίπτωση με διαφορετική βαρύτητα την τελική απόφαση για την επιλογή της θέσης εγκατάστασης ενός παραγωγι-

κού συστήματος. Συνήθως, επιλέγεται αρχικά η θέση εγκατάστασης με βάση οικονομικούς (ποσοτικούς) παράγοντες, χρησιμοποιώντας ως μεθοδολογικά εργαλεία τεχνικές της Επιχειρησιακής Έρευνας και ακολουθεί η μη οικονομική αξιολόγηση (ποιοτική) των εναλλακτικών θέσεων εγκατάστασης, που έχουν προκριθεί από το προηγούμενο στάδιο. Μπορούμε μάλιστα στο δεύτερο αυτό στάδιο να χρησιμοποιήσουμε και ένα μοντέλο συντελεστών βαρύτητας (scoring model) ανάλογο με αυτό που αναφέραμε στο Κεφάλαιο 3, για την αξιολόγηση και επιλογή μεταξύ υποψήφιων νέων προϊόντων. Στο πλαίσιο της ενότητας αυτής, θα παρουσιάσουμε μια μεθοδολογική προσέγγιση του προβλήματος της επιλογής της θέσης εγκατάστασης, η οποία επικεντρώνεται σε έναν από τους βασικότερους οικονομικούς παράγοντες, το κόστος μεταφοράς. Η προσέγγιση αυτή (της ελαχιστοποίησης δηλαδή του κόστους μεταφοράς) μπορεί να εφαρμοστεί με τον ίδιο ακριβώς τρόπο, είτε αναφέρεται στη μεταφορά των πρώτων υλών στην παραγωγική μονάδα, είτε στη μεταφορά των έτοιμων προϊόντων από την παραγωγική μονάδα στον τελικό τους προορισμό. Θα αναφερθούμε αναλυτικά στις σχέσεις υπολογισμού του συνολικού κόστους μεταφοράς των έτοιμων προϊόντων στα προβλήματα με ζητούμενο την επιλογή της θέσης του παραγωγικού συστήματος, με δεδομένη τη θέση των τελικών προορισμών. Το πρόβλημα ανάγεται στον προσδιορισμό της θέσης εκείνης που ελαχιστοποιεί το συνολικό κόστος μεταφοράς προς τους τελικούς προορισμούς, που στην απλή αυτή περίπτωση είναι ανάλογο της παραμέτρου “απόσταση”.

Έστω λοιπόν X η άγνωστη θέση της παραγωγικής μονάδας, η οποία θα αποστέλλει τα προϊόντα της σε n τελικούς προορισμούς, που βρίσκονται σε συγκεκριμένες θέσεις K_i ($i = 1, \dots, n$). Οι τελικοί αυτοί προορισμοί μπορεί να είναι ενδιάμεσες αποθήκες, κέντρα διανομής ή σημεία πώλησης χονδρικής/λιανικής. Έστω ακόμα ότι $d(X, K_i)$ είναι η απόσταση της παραγωγικής μονάδας από τη θέση K_i και w_i ένας συντελεστής, με τη βοήθεια του οποίου εκφράζουμε γενικά το κόστος μεταφοράς του συνόλου της ποσότητας που μεταφέρεται στη διάρκεια κάποιου περιόδου αναφοράς (συνήθως ανά έτος) από τη θέση X της παραγωγικής μονάδας σε κάθε τελικό προορισμό K_i ανά μονάδα διανυόμενης απόστασης. Με βάση, λοιπόν, τα παραπάνω, το ετήσιο συνολικό κόστος μεταφοράς των έτοιμων προϊόντων από την παραγωγική μονάδα X σε όλους τους τελικούς προορισμούς δίνεται από τη σχέση 5.1, που ακολουθεί:

$$f(x) = \sum_{i=1}^n w_i d(X, K_i) \quad (5.1)$$

όπου:

- n : πλήθος των τελικών προορισμών
- w_i : συντελεστής κόστους μεταφοράς
- K_i : θέση τελικού προορισμού i
- $d(X, K_i)$: απόσταση της παραγωγικής μονάδας που βρίσκεται στη θέση X από τον τελικό προορισμό i που βρίσκεται στη θέση K_i

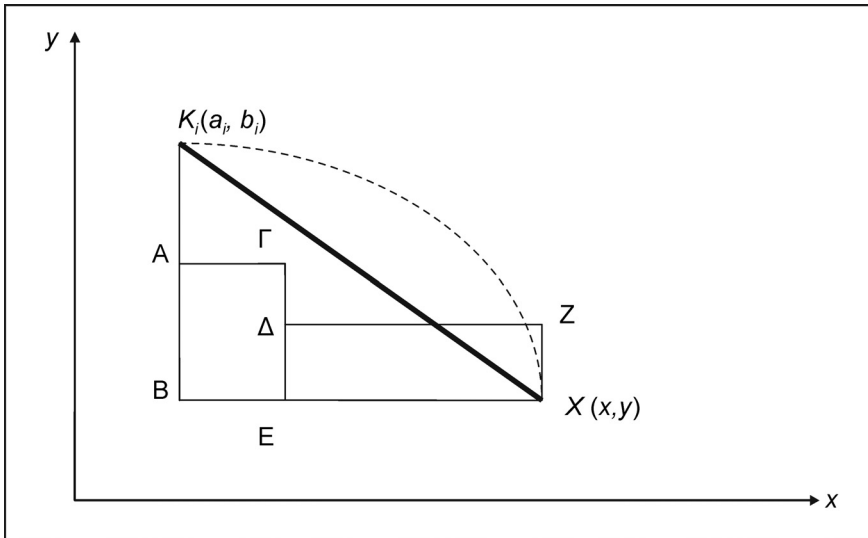
Το πρόβλημα της επιλογής της θέσης εγκατάστασης της παραγωγικής μονάδας είναι αυτό του προσδιορισμού της άγνωστης θέσης X , που ελαχιστοποιεί τη συνάρτηση $f(X)$ της σχέσης 5.1, του συνολικού δηλαδή ετήσιου κόστους μεταφοράς. Οι διαστάσεις της συνάρτησης $f(X)$ είναι κόστος ανά έτος [€/έτος] και η τιμή της προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό του συντελεστή w_i επί την απόσταση d σε [Km] μεταξύ των θέσεων X και K_i . Οι διαστάσεις επομένως του συντελεστή w_i πρέπει να είναι κόστος ανά έτος και απόσταση [€/έτος, Km], και το μέγεθός του εξαρτάται κατά περίπτωση από τα δεδομένα του προβλήματος, που μας απασχολεί. Την απόσταση $d(X, K_i)$ μεταξύ των θέσεων X και K_i είναι δυνατό να την εκτιμήσουμε με διάφορους τρόπους, κατά περίπτωση και ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των μεταφορών στο πρόβλημα που μας απασχολεί (οδικές, θαλάσσιες ή αεροπορικές), όπως αναλυτικά σημειώνουμε στο Σχήμα 5.1 που ακολουθεί.

Πιο συγκεκριμένα, μια πρώτη προσέγγιση (με ορθογωνικές αποστάσεις) είναι η εκτίμηση της απόστασης $d(X, K_i)$ μεταξύ των θέσεων X και K_i με το άθροισμα των διαφόρων ευθυγράμμων τμημάτων σε οριζόντια και κατακόρυφη διεύθυνση (π.χ. τα τμήματα $K_i B$ και $B X$ ή τα τμήματα $K_i A$, $A \Gamma$, ΓE και $E X$ ή τα τμήματα $K_i A$, $A \Gamma$, $\Gamma \Delta$, ΔZ και $Z X$, κ.ά. του Σχήματος 5.1), που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$d(X, K_i) = |x - a_i| + |y - b_i| \quad (5.2)$$

όπου (x, y) οι συντεταγμένες της θέσης X της παραγωγικής μονάδας και (a_i, b_i) οι συντεταγμένες της θέσης K του τελικού προορισμού i .

Μια δεύτερη προσέγγιση (με ευθείες αποστάσεις) είναι η εκτίμηση της απόστασης $d(X, K_i)$ μεταξύ των θέσεων X και K_i με το μήκος του



ΣΧΗΜΑ 5.1: «Πιθανές διαδρομές μεταφοράς έτοιμων προϊόντων από την παραγωγική μονάδα στη θέση X προς το καταναλωτικό κέντρο που βρίσκεται στη θέση K_i ».

ευθύγραμμου τμήματος XK_i , του Σχήματος 5.1), που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$d(X, K_i) = \sqrt{(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2} \quad (5.3)$$

Τέλος, μια τρίτη προσέγγιση (με πολικές αποστάσεις), που ενδιαφέρει ιδιαίτερα στην περίπτωση αεροπορικών μεταφορών, είναι η εκτίμηση της απόστασης $d(X, K_i)$ μεταξύ των θέσεων X και K_i πάνω σε μια σφαίρα, με το μήκος του μικρότερου τόξου, που το υπολογίζουμε σε συνάρτηση με το γεωγραφικό μήκος και πλάτος της άγνωστης θέσης X και της θέσης K του τελικού προορισμού i .

Η περίπτωση της ελαχιστοποίησης του κόστους μεταφοράς με βάση ορθογωνικές αποστάσεις έχει μεγάλο ενδιαφέρον στις οδικές μεταφορές, γι' αυτό και θα μας απασχολήσει ιδιαίτερα στη συνέχεια. Πιο συγκεκριμένα και με βάση τις σχέσεις 5.1 και 5.2, το συνολικό ετήσιο κόστος μεταφοράς των έτοιμων προϊόντων της μονάδας προς όλους τους τελικούς προορισμούς θα δίνεται από τη σχέση 5.4.

$$f(x) = \sum_{i=1}^n w_i d(X, K_i) = \sum_{i=1}^n w_i (|x - a_i| + |y - b_i|) \quad (5.4)$$

όπου:

- n : πλήθος των τελικών προορισμών
- w_i : συντελεστής κόστους μεταφοράς
- (a_i, b_i) : συντεταγμένες θέσης τελικού προορισμού i
- (x, y) : συντεταγμένες θέσης παραγωγικής μονάδας

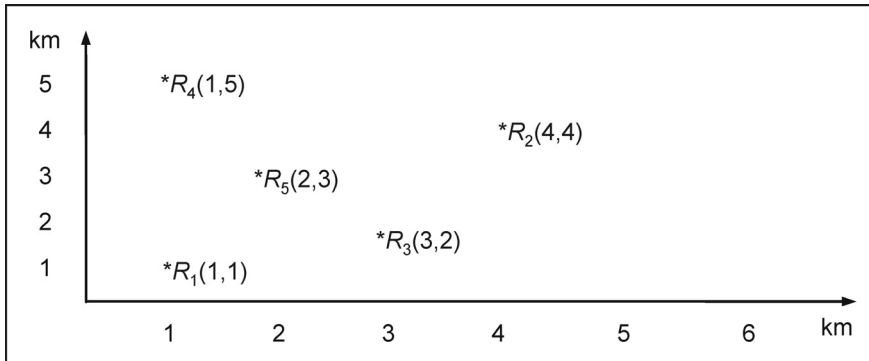
Στην περίπτωση αυτή αποδεικνύεται, χωρίς να εισέλθουμε σε κουραστικές μαθηματικές λεπτομέρειες, ότι για τη βέλτιστη θέση εγκατάστασης της παραγωγικής μονάδας ισχύει:

- (α) Η τετμημένη x και η τεταγμένη y της άγνωστης θέσης εγκατάστασης που αναζητούμε συμπίπτει με την τετμημένη και την τεταγμένη αντίστοιχα κάποιας θέσης τελικού προορισμού, όχι κατ' ανάγκη της ίδιας.
- (β) Η βέλτιστη τετμημένη x (ή τεταγμένη y) της άγνωστης θέσης εγκατάστασης αντιστοιχεί σε μια “μεσαία” θέση, σε μια θέση δηλαδή για την οποία όχι περισσότερη από τη μισή κίνηση είναι προς τα αριστερά (ή κάτω) της άγνωστης θέσης εγκατάστασης και όχι περισσότερη από τη μισή κίνηση είναι προς τα δεξιά (ή πάνω) της άγνωστης θέσης εγκατάστασης. Η μεσαία αυτή θέση είναι γνωστή στη βιβλιογραφία και ως θέση του μισού αθροίσματος.

Η εφαρμογή της παραπάνω μεθοδολογίας για τον προσδιορισμό της βέλτιστης θέσης εγκατάστασης μιας παραγωγικής μονάδας με βάση ορθογωνικές αποστάσεις, θα γίνει περισσότερο κατανοητή με τη βοήθεια του παραδείγματος, που ακολουθεί.

Παράδειγμα 5.1: Στο πλαίσιο μελέτης για την επιλογή της θέσης εγκατάστασης μιας νέας παραγωγικής μονάδας που πρόκειται να εξυπηρετήσει πέντε τελικούς προορισμούς, οι γεωγραφικές θέσεις των οποίων αποτυπώνονται στο Σχήμα 5.2, προέκυψαν τα αριθμητικά δεδομένα του Πίνακα 5.1.

Πιο συγκεκριμένα, στον Πίνακα 5.1 και για καθεμιά από τις θέσεις τελικού προορισμού R_i σημειώνονται: (α) η ετήσια ζήτηση σε τελικά



ΣΧΗΜΑ 5.2: «Γεωγραφικές θέσεις (συντεταγμένες) τελικών προορισμών».

προϊόντα [σε τόνους/έτος], (β) οι συντεταγμένες x και y της γεωγραφικής τους θέσης [σε Km] και (γ) το κόστος μεταφοράς της μονάδας του τελικού προϊόντος ανά χιλιόμετρο [σε €/τόνο και Km]. Υποθέτουμε επίσης ότι για τη μεταφορά των προϊόντων προς κάθε τελικό προορισμό θα χρησιμοποιηθούν φορτηγά αυτοκίνητα χωρητικότητας ενός τόνου, θα μεταφέρεται δηλαδή κάθε φορά ένας τόνος ανά δρομολόγιο. Αυτό σημαίνει ότι ο αριθμός των δρομολογίων ανά έτος προς κάθε θέση τελικού προορισμού θα είναι ίσος με το ύψος της συνολικής ετήσιας ζήτησης. Με βάση τα στοιχεία αυτά, ζητείται ο προσδιορισμός της βέλτιστης θέσης εγκατάστασης της παραγωγικής μονάδας, έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι ποσοτικές ανάγκες των πέντε τελικών προορισμών και να ελαχιστοποιείται το συνολικό ετήσιο κόστος μεταφοράς.

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα θα αναζητήσουμε τη βέλτιστη θέση εγκατάστασης της παραγωγικής μονάδας με βάση τις ορθογωνικές αποστάσεις μεταξύ της αναζητούμενης θέσης και των θέσεων των τελικών προορισμών. Σημειώνεται ότι, αντί για τις θέσεις των τελικών προορισμών, όπου μεταφέρονται έτοιμα προϊόντα, θα μπορούσαμε να είχαμε και κάποιες πηγές προμήθειας πρώτων υλών από τις οποίες η μεταφορά θα γινόταν προς την παραγωγική μονάδα. Γενικά, η κατεύθυνση της ροής των ποσοτήτων που μεταφέρονται (από ή προς τη θέση της παραγωγικής μονάδας) δεν διαφοροποιεί τη μεθοδολογία που θα ακολουθήσουμε.

Τελικός προορισμός	Ζήτηση [τόνοι/έτος]	Συντεταγμένες [km]		Κόστος μεταφοράς [€/τόνο, km]
		X	Y	
R_1	100	1	1	300
R_2	200	4	4	300
R_3	300	3	2	300
R_4	300	1	5	400
R_5	400	2	3	100

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1: «Αριθμητικά δεδομένα για το Παράδειγμα 5.1».

Αρχικά, θα υπολογίσουμε τους συντελεστές του κόστους μεταφοράς w_i για καθεμιά θέση τελικού προορισμού R_i . Όπως αναφέραμε και στην αρχή της ενότητας, για τον προσδιορισμό των τιμών των συντελεστών μεταφοράς w_i λαμβάνουμε υπόψη μας: (α) τις ποσότητες που μεταφέρονται ετησίως σε κάθε τελικό προορισμό και (β) το κόστος μεταφοράς ανά μονάδα διανυόμενης απόστασης και ανά προορισμό. Στην περίπτωση μας, τους συντελεστές w_i θα τους υπολογίσουμε ως το γινόμενο του κόστους μεταφοράς ανά τόνο και χιλιόμετρο [€/τόνο, km] επί τα δρομολόγια ανά έτος, που είναι απαραίτητα για τη μεταφορά της συνολικής ποσότητας ετησίως [δρομολόγια/έτος]. Δεδομένου ότι, όπως υποθέσαμε προηγουμένως, με τα φορτηγά αυτοκίνητα θα μεταφέρεται σε κάθε δρομολόγιο ένας τόνος, ο αριθμός των δρομολογίων ανά έτος θα είναι ίσος με την τιμή της συνολικής ετήσιας ζήτησης για κάθε τελικό προορισμό. Επομένως, με βάση τα στοιχεία του Πίνακα 5.1, οι συντελεστές w_i για κάθε τελικό προορισμό υπολογίζονται με τη βοήθεια του Πίνακα 5.2, ως εξής:

Θέση R	Κόστος μεταφοράς [€/τόνο, km]	Τόνοι ανά έτος	Συντελεστής w [€/Km, έτος]
R1	300	100	30.000
R2	300	200	60.000
R3	300	300	90.000
R4	400	300	120.000
R5	100	400	40.000

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2: «Υπολογισμός συντελεστών μεταφοράς w ».

Στη συνέχεια θα υπολογίσουμε την τετμημένη (x) της άγνωστης θέσης εγκατάστασης με τη βοήθεια του παρακάτω πίνακα:

Τετμημένη	Θέση	Συντελεστής w_i	Αθροιστικός συντελεστής w_i
1	R_1, R_4	150.000	150.000
2	R_5	40.000	190.000
3	R_3	90.000	280.000
4	R_2	60.000	340.000

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3: «Υπολογισμός τετμημένης (x) της άγνωστης θέσης εγκατάστασης».

Σημειώστε ότι επειδή υπάρχουν δύο θέσεις (οι θέσεις R_1 και R_4) με την ίδια τετμημένη (στη συγκεκριμένη περίπτωση τη μονάδα), η τιμή του αντίστοιχου συντελεστή w_i προκύπτει ως το άθροισμα των δύο τιμών w_i για τις θέσεις αυτές. Η “μεσαία” τιμή για τη συντεταγμένη x είναι η τιμή $340.000/2 = 170.000$ και ξεπερνιέται πρώτη φορά για $x = 2$. Επομένως, αυτή είναι η τετμημένη της βέλτιστης θέσης. Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζουμε και την τεταγμένη (y) της άγνωστης θέσης με τη βοήθεια του παρακάτω πίνακα:

Τεταγμένη	Θέση	Συντελεστής w_i	Αθροιστικός συντελεστής w_i
1	R_1	30.000	30.000
2	R_3	90.000	120.000
3	R_5	40.000	160.000
4	R_2	60.000	220.000
5	R_4	120.000	340.000

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4: «Υπολογισμός τεταγμένης (y) της άγνωστης θέσης εγκατάστασης».

Η “μεσαία” τιμή για την τεταγμένη y είναι η τιμή $340.000/2 = 170.000$ και ξεπερνιέται πρώτη φορά για $y = 4$. Επομένως, αυτή είναι η τεταγμέ-

νη y της βέλτιστης θέσης. Με βάση λοιπόν τα προηγούμενα, η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της παραγωγικής μονάδας είναι η θέση με συντεταγμένες $(x, y) = (2, 4)$ και το βέλτιστο (ελάχιστο) ετήσιο κόστος μεταφοράς σε αυτήν την περίπτωση προκύπτει από τη σχέση 5.4 και είναι ίσο με €790.000/έτος.

Στην περίπτωση της αναζήτησης της βέλτιστης θέσης εγκατάστασης της παραγωγικής μονάδας με βάση ευθείες αποστάσεις μεταξύ της άγνωστης θέσης της και των θέσεων των τελικών προορισμών (που τις υπολογίζουμε με τη βοήθεια της σχέσης 5.3), το πρόβλημα είναι υπολογιστικά πολύ πιο δύσκολο. Εναλλακτικά για την περίπτωση αυτή, όπως βέβαια και για την προηγούμενη που μας απασχόλησε με βάση τις ορθογωνικές αποστάσεις, έχουμε τη δυνατότητα χρήσης του εργαλείου “επίλυση” (solver) στο υπολογιστικό περιβάλλον του Microsoft Excel, που θα περιγράψουμε αναλυτικά στη συνέχεια, με τη βοήθεια του Παραδείγματος 5.2.

Παράδειγμα 5.2: Για τα αριθμητικά δεδομένα του Παραδείγματος 5.1 να βρεθεί η θέση εγκατάστασης της παραγωγικής μονάδας που βελτιστοποιεί το συνολικό ετήσιο κόστος μεταφοράς με βάση ευθείες αποστάσεις μεταξύ της άγνωστης θέσης της μονάδας και των θέσεων των τελικών προορισμών R_i .

Στο Σχήμα 5.3 σημειώνουμε ένα μοντέλο στο υπολογιστικό περιβάλλον του Microsoft Excel για την επίλυση του προβλήματος που μας απασχολεί. Τα αριθμητικά δεδομένα, οι γεωγραφικές δηλαδή συντεταγμένες (x, y) και ο συντελεστής μεταφοράς w_i κάθε θέσης τελικού προορισμού R_i , περιέχονται στην περιοχή των κελιών A6:D10. Σημειώστε ότι ο υπολογισμός των τιμών των συντελεστών μεταφοράς w_i κάθε θέσης, γίνεται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως και στο Παράδειγμα 5.1, που περιγράψαμε προηγουμένως. Η όλη διαδικασία υποστηρίζεται με τη χρήση κατάλληλων συναρτήσεων του Excel, που εισάγουμε σε συγκεκριμένα κελιά, τα οποία σημειώνουμε στο κάτω μέρος του Σχήματος 5.3. Με τις συναρτήσεις αυτές και για οποιεσδήποτε αρχικές τιμές των μεταβλητών απόφασης “τετμημένη X ” και “τεταγμένη Y ” της άγνωστης θέσης εγκατάστασης της παραγωγικής μονάδας (στα κελιά B13:C13), μπορούμε να υπολογίσουμε την (ευθεία) απόσταση μεταξύ της άγνωστης θέσης της μονάδας και των θέσεων των τελικών προορισμών (από τη σχέση 5.3, που περιέχεται στην περιοχή των κελιών E6:E10). Στη συνέχεια μπορούμε να προχωρήσουμε στη βελτιστοποίηση των τιμών των δύο μεταβλη-

τών απόστασης (στα κελιά B13:C13), στην αναζήτηση δηλαδή των τιμών της τετμημένης X και της τεταγμένης Y της θέσης εγκατάστασης για τις οποίες το συνολικό κόστος μεταφοράς (στο κελί B15) γίνεται ελάχιστο.

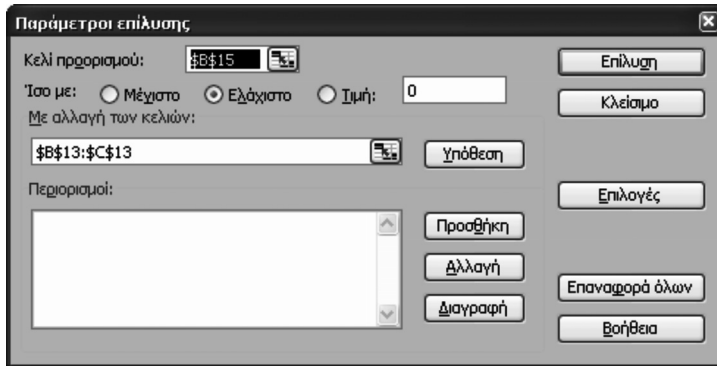
	A	B	C	D	E
1					
2	Επιλογή θέσης εγκατάστασης με ευθείες αποστάσεις				
3					
4		τετμημένη X	τεταγμένη Y	συντελεστής μετα-	απόσταση d
5	Προορισμός	[Km]	[Km]	φορας w [€/Km, έτος]	[Km]
6	R1	1,00	1,00	30.000,00	2,45
7	R2	4,00	4,00	60.000,00	2,02
8	R3	3,00	2,00	90.000,00	1,43
9	R4	1,00	5,00	120.000,00	2,18
10	R5	2,00	3,00	40.000,00	0,22
11					
12		τετμημένη X	τεταγμένη Y		
13	Αγνωστη θέση	2,16	3,15		
14					
15	Κόστος μεταφοράς	593.873,19 [€/έτος]			
16					

Εισαγωγή συνάρτησης σε επιλεγμένα κελιά		
Κελί	Συνάρτηση	Αντιγραφή στην περιοχή
E6	= SQRT((B6-\$B\$13)^2+(C6-\$C\$13)^2)	E7:E10
B15	=SUMPRODUCT(E6:E10;D6:D10)	—

ΣΧΗΜΑ 5.3: «Επιλογή θέσης εγκατάστασης με ευθείες αποστάσεις».

Από το μενού επιλογών του Excel “εργαλεία” επιλέγουμε το εργαλείο “επίλυση” (solver). Εμφανίζεται έτσι το παράθυρο παραμέτρων του εργαλείου επίλυσης του Σχήματος 5.4.

Στο κελί “προορισμού” σημειώνουμε το κελί B15, στο οποίο υπολογίζουμε το συνολικό ετήσιο κόστος μεταφοράς και τσεκάρουμε την επιλογή “ελάχιστο”. Στο χώρο “με αλλαγή των κελιών” σημειώνουμε την περιοχή κελιών B13:C13, στην οποία περιέχονται οι αρχικές τιμές της τετμημένης και τεταγμένης της θέσης εγκατάστασης, των οποίων τις βέλτιστες τιμές αναζητούμε. Πατώντας το πλήκτρο “επίλυση”, το εργαλείο υπολογίζει αυτόματα τις βέλτιστες τιμές των μεταβλητών απόφασης, που σημειώνονται στο Σχήμα 5.3. Σύμφωνα, λοιπόν, με τα αποτελέσματα αυτά, η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της παραγωγικής μονάδας, με βάση ευθείες αποστάσεις, είναι η θέση με συντεταγμένες $x = 2,16$



ΣΧΗΜΑ 5.4: «Παράθυρο παραμέτρων εργαλείου “επίλυση” στο Excel».

και $y = 3,15$, και το βέλτιστο (ελάχιστο) ετήσιο κόστος μεταφοράς σε αυτήν την περίπτωση, προκύπτει (από τη σχέση 5.1) ίσο με €593.873,19/έτος.

Σημειώστε ότι με τη χρήση του εργαλείου “επίλυση” (solver) στο υπολογιστικό περιβάλλον του Microsoft Excel για τις περιπτώσεις αυτές των προβλημάτων επιλογής της βέλτιστης θέσης εγκατάστασης μιας παραγωγικής μονάδας και ανεξάρτητα από τον τρόπο εκτίμησης της απόστασης μεταξύ της άγνωστης θέσης της μονάδας και των θέσεων των τελικών προορισμών (με ευθείες ή ορθογωνικές αποστάσεις), αποδεικνύεται ότι καταλήγουμε σε κάθε περίπτωση στη βέλτιστη λύση. Αυτό συμβαίνει επειδή πρόκειται για πρόβλημα βελτιστοποίησης χωρίς περιορισμούς (unconstrained problem), και η αντικειμενική συνάρτηση του συνολικού κόστους μεταφοράς, της οποίας αναζητούμε το ελάχιστο, είναι κυρτή (convex) συνάρτηση των συντεταγμένων (x, y) της άγνωστης θέσης.

5.2 Σχεδιασμός εργασίας

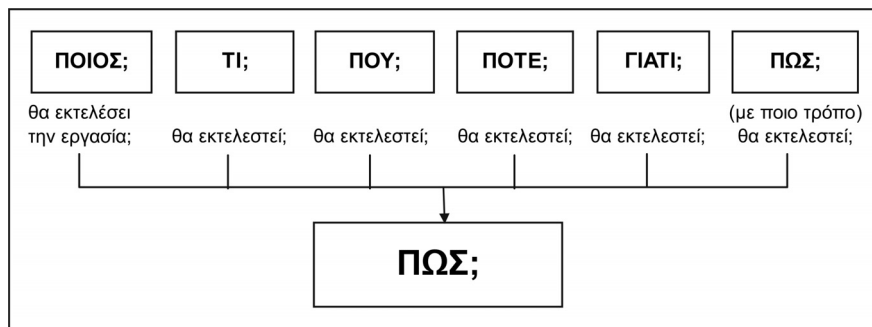
Ο σχεδιασμός ή η μελέτη εργασίας (work study) είναι ένα σημαντικό κεφάλαιο της οργάνωσης ενός παραγωγικού συστήματος, διότι αφορά δύο πολύ κρίσιμα για τη λειτουργία του συστήματος θέματα: (α) τη μελέτη της μεθόδου εργασίας (method study), με βάση την οποία μετατρέπονται οι εισερχόμενοι στο παραγωγικό σύστημα πόροι σε εξερχόμενα από αυτό προϊόντα ή υπηρεσίες και (β) τη μέτρηση εργασίας (work measurement), με βάση την οποία προσδιορίζεται ο απαιτούμενος χρόνος για

την εκτέλεση της εργασίας με τη μέθοδο που επιλέχτηκε. Τα δύο αυτά θέματα θα μας απασχολήσουν αναλυτικά στη συνέχεια.

5.2.1 Μελέτη μεθόδων

Αντικείμενο της μελέτης μεθόδων είναι ο προσδιορισμός του τρόπου εκτέλεσης και της αλληλουχίας των διαφόρων επιμέρους εργασιών, που συνιστούν την παραγωγική διαδικασία, έτσι ώστε, τηρουμένων των υφιστάμενων περιορισμών (φυσικών, οικονομικών κ.λπ.), να προκύπτει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα για την (οικονομικότερη) λειτουργία του παραγωγικού συστήματος. Η μελέτη μεθόδων απαντά στο βασικό ερώτημα “πώς” θα παραχθεί ή θα προσφερθεί ένα συγκεκριμένο προϊόν ή μια συγκεκριμένη υπηρεσία. Φυσικά, το βασικό ερώτημα “πώς” κρύβει μια σειρά επιμέρους ερωτήματα, όπως χαρακτηριστικά σημειώνουμε στο Σχήμα 5.5. Η μελέτη μεθόδων είναι ιδιαίτερα κρίσιμη στην περίπτωση εισαγωγής ενός νέου προϊόντος στην παραγωγική διαδικασία, παραμένει όμως σημαντική και αργότερα, μια και μπορεί να συμβάλλει καθοριστικά στη βελτίωση μιας υφιστάμενης μεθόδου, εξοικονομώντας σημαντικούς πόρους για την επιχείρηση.

Στη μελέτη μεθόδων εργασίας εμπλέκονται εξειδικευμένοι και έμπειροι επιστήμονες, οι οποίοι βέβαια θα πρέπει να συνεργάζονται με το προσωπικό της επιχείρησης ή του οργανισμού. Βασικός άξονας της δουλειάς τους παραμένει η ελαχιστοποίηση των μη παραγωγικών χρόνων (καθυστερήσεις, εσωτερικές μεταφορές, κ.λπ.) και γενικότερα ο περιορισμός των επιμέρους διαδικασιών/εργασιών, που δεν προσθέτουν αξία στο προϊόν, τηρουμένων πάντα βέβαια των προδιαγραφών ποιότητας που έχουν τεθεί γι' αυτό. Αν θέλαμε να διακρίνουμε τα επιμέ-



ΣΧΗΜΑ 5.5: «Αποφάσεις που αφορούν στη μελέτη μεθόδου».