

2 * & \$
8 9 3 9 -1
€ 6 3 = 8 %
\$
5 4 1 3 \$ -4 5
7 & 8 2 5/2
+2 9 8 +6 & + # 9
€ 3 = 8 *
% 1 \$
#

Πτυχιακή εργασία 2013

Κοστολόγηση ιδιωτικού τεχνικού έργου & χρονικός προγραμματισμός των εργασιών με τη μέθοδο PERT & MPM.

Κωνσταντίνος Τσιτσιλώνης

Περίληψη

Η κοστολόγηση ενός τεχνικού έργου είναι εργασία ιδιαίτερης σημασίας για τους μηχανικούς κατά την ανάληψή του, όπως και η παρακολούθηση του κόστους κατά τη διάρκεια των εργασιών.

Στην παρούσα εργασία, αναλύονται μέθοδοι κοστολόγησης, εκτίμησης και παρακολούθησης του κόστους τεχνικών έργων σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία με σκοπό να διεξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για την εκτίμηση του κόστους στα ελληνικά έργα. Επίσης πραγματοποιείται αναφορά και ανάλυση λογισμικών κόστους που χρησιμοποιούνται καθημερινά από Έλληνες μηχανικούς. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε έρευνα σε επαγγελματίες Πολιτικούς Μηχανικούς, σχετικά με τις μεθόδους κοστολόγησης και παρακολούθησης κόστους που ακολουθούν.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε ο χρονικός προγραμματισμός των εργασιών διώροφης μονοκατοικίας σε περιοχή των Βορείων Προαστίων με τη μέθοδο PERT (Project Evaluation of Review Technique) και MPM (Metra Potential Method).

Abstract

The costing procedure of an engineering project is crucial for engineers when taking over, as well as the cost monitoring for the duration of the project.

This dissertation analyses methods of costing, provisional costs and monitoring for engineering projects according to international bibliography in order to draw definite results for the provisional costing of Greek engineering projects. Several cost accounting software tools are presented and evaluated, which are mostly used by engineers in Greece. Furthermore, a research was conducted with professional Civil engineers to analyse the cost and monitoring means which they use for their needs.

Finally, the project management timescale for a two floors house was conducted at the northern suburbs of Attica, using the PERT and MPM methods.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	5
1.1. Εισαγωγή	5
2. Κόστος τεχνικών έργων	6
2.1. Γενικά	6
3. Μέθοδοι Εκτίμησης Κόστους	10
3.1. Γενικά	10
3.2. Παραδοσιακή μέθοδος εκτίμησης κόστους	11
3.3. Μέθοδοι Ανάλυσης Παλινδρόμησης	14
3.4. Μέθοδοι Συλλογιστικής βασισμένης σε περιπτώσεις	16
3.5. Μέθοδοι Νευρωνικών Δικτύων	18
3.6. Άλλες Μέθοδοι	19
3.7. Συμπεράσματα	19
4. Μέθοδοι Παρακολούθησης Κόστους	23
4.1. Γενικά	23
4.2. Ανάλυση Καστρινάκη	23
4.3. Εντυπολόγιο	25
4.4. Μέθοδοι παρακολούθησης κόστους	27
4.5. Αυτοματοποιημένες μέθοδοι παρακολούθησης κόστους	33
4.6. Συμπεράσματα	34
5. Λογισμικά Υπολογισμού Κόστους	38
5.1. Πακέτο ERGA από την 4M	38
5.2. ΤΕΥΧΗ	38
5.3. ERGO	38
5.4. ROES	39
6. Έρευνα	40
6.1. Έρευνα	40
7. Αποτελέσματα Έρευνας	43
7.1. Απαντήσεις Ερωτηματολογίου	43
8. Συμπεράσματα Έρευνας	56
8.1. Συμπεράσματα	56
8.2. Κοστολόγηση	56
8.3. Παρακολούθηση Κόστους	57
9. Χρονικός Προσδιορισμός Τεχνικού Έργου με τη μέθοδο PERT & MPM	60
9.1. Γενικά	60
9.2. Δίκτυο εργασιών διώροφης μονοκατοικίας στα Βόρεια Προάστια	61
9.3. Πίνακας χρόνων δραστηριοτήτων	63
9.4. Αβεβαιότητα χρόνου – Μέθοδος PERT (πίνακας)	64
9.5. Υπολογισμός του αναμενόμενου χρόνου T_E και της διακύμανσης σ^2	66
9.6. Κομβικό δίκτυο εργασιών – Μέθοδος MPM	69
Βιβλιογραφία	70

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή

Το κόστος κατασκευής αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία που θα πρέπει να παρακολουθούνται σε διάφορες φάσεις της διαδικασίας κατασκευής τεχνικών έργων.

Η εκτίμηση του κόστους κατασκευής είναι μια διαδικασία που αποσκοπεί να δώσει μια αξιόπιστη εκτίμηση του οικονομικού κόστους της κατασκευής. Είναι μια θεμελιώδης δραστηριότητα, που συνδυάζει επιστημονικές μεθόδους και την υποκειμενική εμπειρία, και εφαρμόζεται για την αξιολόγηση και την πρόβλεψη του συνολικού κόστους εκτέλεσης των κατασκευαστικών εργασιών.

Ο σκοπός της εκτίμησης του κόστους κατασκευής είναι η παροχή πληροφοριών για την λήψη αποφάσεων στην κατασκευή, συμπεριλαμβανομένων των πεδίων των προμηθειών και την τιμολόγηση των κατασκευών, για τη θέσπιση του προβλεπόμενου ποσού των πληρωμών, και τον έλεγχο των πραγματικών ποσοτήτων. Η παρακολούθηση του κόστους μιας κατασκευής είναι μια διαδικασία που αποσκοπεί στην καταγραφή των οικονομικών συναλλαγών που λαμβάνουν χώρα καθώς και την παροχή μιας ένδειξης στους διαχειριστές για την πρόοδο και τα προβλήματα που συνδέονται με το έργο. Οι σκοποί αυτοί επιτυγχάνονται με διαδικασίες για τον έλεγχο του έργου και με την τήρηση σχετικών αρχείων.

Μέθοδοι και μοντέλα σχετικά με την εκτίμηση και την παρακολούθηση του κόστους των τεχνικών έργων έχουν αναπτυχθεί στα πλαίσια της ελληνικής και διεθνούς βιβλιογραφίας. Επίσης στην Ελληνική αγορά υπάρχουν διαθέσιμα προγράμματα λογισμικού σχετικά με θέματα κοστολόγησης και παρακολούθησης του κόστους των τεχνικών έργων από διάφορες εταιρείες λογισμικού.

Κεφάλαιο 2

Γενικές πληροφορίες κόστους τεχνικών έργων

2.1 Γενικά

2.1.1 Είδη κόστους κατασκευής

Τα βασικά είδη του κόστους των κατασκευών είναι :

1. Αρχικό κόστος κεφαλαίου
 - Απόκτηση έκτασης
 - Προκαταρκτικές μελέτες και μελέτες σκοπιμότητας
 - Αρχιτεκτονικού στατικού και μηχανολογικού σχεδιασμού
 - Κατασκευή, συμπεριλαμβανομένων των υλικών, του εξοπλισμού και της εργασίας
 - Ασφάλιση και φόρων κατά την διάρκεια της κατασκευής
2. Κόστος λειτουργίας και συντήρησης
 - Προσωπικό λειτουργίας
 - Εργατικά και υλικά για τη συντήρηση και επισκευές
 - Περιοδικές ανακαινίσεις
 - Ασφάλισης και φόρων
3. Απρόβλεπτο κόστος κατά τη διάρκεια της κατασκευής
 - Σχεδιαστικές αλλαγές κατά την κατασκευή του έργου
 - Αλλαγές στο Πρόγραμμα του έργου
 - Γενικές διοικητικές αλλαγές

2.1.2 Είδη εκτιμήσεων κόστους κατασκευής

1. Εκτιμήσεις σχεδιασμού
 - Εκτιμήσεις μεγέθους κατασκευής
 - Προκαταρκτικές εκτιμήσεις
 - Λεπτομερείς εκτιμήσεις (ή οριστικές εκτιμήσεις)
2. Εκτιμήσεις προσφοράς
 - Ως ανάδοχος, μια εκτίμηση - προσφορά υποβάλλεται στον ιδιοκτήτη είτε για τις ανταγωνιστικές προσφορές ή για διαπραγμάτευση.
3. Εκτιμήσεις ελέγχου
 - Εκτιμώμενο κόστος για την ολοκλήρωση κατά τη διάρκεια της προόδου της κατασκευής.

2.1.3 Στάδια πραγματοποίησης τεχνικού έργου

Προκειμένου να γίνει ένα τεχνικό έργο πρέπει να έχει υπάρξει μια ανάγκη που να επιβάλλει την εκτέλεση του.

Προγραμματίζεται λοιπόν το έργο αλλά η εκτέλεση του δεν γίνεται αμέσως. Για να εκτελεστεί ένα τεχνικό έργο ακολουθούνται κατά σειρά οι παρακάτω εργασίες:

- ο προγραμματισμός του έργου,
- η ανάθεση της μελέτης,
- η εκπόνηση της μελέτης (προκαταρκτική μελέτη, προμελέτη, οριστική μελέτη, μελέτη εφαρμογής)
- η ανάδειξη εργολάβου,
- η ανάθεση της εργολαβίας,
- η κατασκευή του έργου,
- η επίβλεψη της κατασκευής και
- η παραλαβή του έργου.

Η οικονομική εικόνα ενός έργου πρέπει να δίνεται πρώτα στη φάση του σχεδιασμού (της σύνταξης της μελέτης) από τον μελετητή και στη συνέχεια στη φάση της εκτέλεσης από τον ανάδοχο – κατασκευαστή.

Το κόστος ενός έργου στη φάση του σχεδιασμού δίνεται σε επίπεδο:

- προγράμματος
- προμελέτης
- οριστικής μελέτης και
- μελέτης εφαρμογής.

Το κόστος ενός έργου στη φάση της εκτέλεσης από τον ανάδοχο κατασκευαστή δίνεται σε επίπεδο:

- προσφοράς
- κοστολόγησης εφαρμογής
- κοστολόγησης νέων εργασιών
- απολογιστικού κόστους

Η εξασφάλιση μιας αξιόπιστης οικονομικής έρευνας του έργου σημαίνει:

- Τεκμηριωμένη και ρεαλιστική κοστολόγηση του έργου, σε όλες τις φάσεις της μελέτης του και ειδικότερα στη μελέτη εφαρμογής.
- Τεκμηριωμένη και ρεαλιστική κοστολόγηση του έργου από τον εργολάβο.
- Δυνατότητα ελέγχου των προσφορών και επιλογής αναδόχου με ασφαλή και αντικειμενικά κριτήρια.
- Δυνατότητα συνεχούς ελέγχου και παρακολούθησης των εργασιών κατασκευής και του πραγματοποιούμενου κόστους.
- Έλεγχο των πιστοποιήσεων και επιμετρήσεων
- Φύλαξη και στατιστική αξιολόγηση όλων των χρήσιμων στοιχείων του απολογιστικού κόστους των έργων, για τη χρησιμοποίησή τους σε μελλοντικά έργα.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα στάδια τα οποία ακολουθούνται μέχρι την έναρξη των διαδικασιών κατασκευής ενός τεχνικού έργου.

❖ Προγραμματισμός

Στο στάδιο του προγραμματισμού εξετάζονται και λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

- Η απογραφή αναγκών
- Το νομοθετικό πλαίσιο
- Τα οικονομικά περιθώρια που υπάρχουν και
- Η ικανότητα του τεχνικού προσωπικού της περιοχής που πρόκειται να εκτελεσθεί το έργο (ικανότητα μελέτης και ικανότητα κατασκευής).

Με βάση τα παραπάνω προγραμματίζεται η κατασκευή εκείνου του τεχνικού έργου που θεωρείται ότι εξυπηρετεί περισσότερο τις ανάγκες ή μεγαλύτερες ανάγκες ή είναι πιο αποδοτικό από τα άλλα. Βασική βέβαια προϋπόθεση για τον προγραμματισμό ενός έργου είναι να υπάρχουν τα οικονομικά και τα τεχνικά περιθώρια κατασκευής του.

❖ Προκαταρκτική Μελέτη

Η προκαταρκτική μελέτη περιλαμβάνει τη σύλληψη της ιδέας, την σκοπιμότητα του έργου, την πρώτη διερεύνηση των συνθηκών πραγματοποίησής του καθώς και στοιχεία τοπογραφικά, γεωλογικά κλπ που είναι απαραίτητα για την προώθηση της μελέτης στα επόμενα στάδια της.

❖ Προμελέτη

Η προμελέτη περιλαμβάνει εκείνα τα στοιχεία που είναι απαραίτητα προκειμένου να εγκριθούν οι βασικές ιδέες και λύσεις για τη λειτουργία, τη μορφή και τη δαπάνη του έργου. Τα στοιχεία αυτά είναι : η τεχνική έκθεση, τα προσχέδια και η σύνταξη προσεγγιστικού προϋπολογισμού δαπάνης του έργου με βάση την έκταση ή τον όγκο του και με τιμές μονάδας που λαμβάνονται από στατιστικά στοιχεία κόστους παρομοίων έργων.

❖ Οριστική Μελέτη

Η οριστική μελέτη περιλαμβάνει εκείνα τα στοιχεία που μας δίνουν πλήρη εικόνα της λειτουργίας, δομής και της μορφής του έργου καθώς επίσης και της προβλεπόμενης δαπάνης εκτέλεσης του έργου. Πχ η Οριστική Μελέτη μιας Κυκλοφοριακής Μελέτης περιλαμβάνει τα παρακάτω στοιχεία:

- Οριζοντιογραφία
- Κατά μήκος και κατά πλάτος τομές
- Οριστικές μελέτες των απαιτούμενων τεχνικών έργων
- Οριστική μελέτη ηλεκτροφωτισμού
- Οριστική μελέτη αποχέτευσης
- Οριστική μελέτη φύτευσης, ύδρευσης και γενικής διαμόρφωσης του χώρου.
- Οριστική μελέτη αποκατάστασης αγωγών κοινής ωφελείας.
- Κτηματογράφηση
- Τεχνική Έκθεση και
- Συγκεντρωτικό προϋπολογισμό

Στον συγκεντρωτικό προϋπολογισμό περιλαμβάνεται το σύνολο της απαιτούμενης δαπάνης για την πλήρη κατασκευή της Κυκλοφοριακής Μελέτης.

❖ Μελέτη Εφαρμογής

Η μελέτη εφαρμογής περιλαμβάνει εκείνα τα στοιχεία που μας είναι απαραίτητα για την με κάθε λεπτομέρεια κατασκευή του έργου σύμφωνα με τη μελέτη καθώς επίσης και τον αναλυτικό προϋπολογισμό της μελέτης, πχ η Μελέτη Εφαρμογής μιας κυκλοφοριακής μελέτης περιλαμβάνει τα παρακάτω στοιχεία:

- Πρόγραμμα κατασκευής του έργου (χρονολογική σειρά εργασιών).
- Σχέδια προσωρινών έργων για την εξυπηρέτηση της κυκλοφορίας μέχρι το τέλος των εργασιών.
- Σχέδια ξυλοτύπων και ικριωμάτων (εάν χρειάζονται).
- Συμπλήρωση κτηματογράφησης (εάν χρειάζεται).
- Σχέδια πράξεων αναλογισμού για τις περιοχές που βρίσκονται μέσα σε εγκεκριμένα πολεοδομικά σχέδια.
- Συμβατικά και οικονομικά τεύχη, δηλαδή ανάλυση τιμών τιμολογίου, ειδική συγγραφή υποχρεώσεων, γενική συγγραφή υποχρεώσεων, προμέτρηση, τιμολόγιο προϋπολογισμό και διακήρυξη.

Κεφάλαιο 3

Μέθοδοι Εκτίμησης Κόστους

3.1 Γενικά

Η ακρίβεια της εκτίμησης του κόστους κατασκευής ενός έργου κατασκευής αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την επιτυχία του έργου. Τα μοντέλα εκτίμησης του κόστους, τα οποία στα αρχικά στάδια ενός έργου εκτιμούν το κόστος κατασκευής με ελάχιστες πληροφορίες, είναι πολύ χρήσιμα για το στάδιο της προμελέτης του έργου κατασκευής. Η χρήση βελτιωμένων τεχνικών εκτίμησης του κόστους, οι οποίες είναι διαθέσιμες στους διαχειριστές έργων, θα διευκολύνει έλεγχο του χρόνου και του κόστους σε κατασκευαστικά έργα. Παρά τη μεγάλη σημασία που έχει το έργο της εκτίμησης του κόστους, δεν είναι ούτε απλό ούτε εύκολο, λόγω της έλλειψης πληροφοριών στα πρώτα στάδια του έργου. Ως εκ τούτου, πολλά μοντέλα εκτίμησης του κόστους που χρησιμοποιούν παραμετρικές μεθόδους έχουν αναπτυχθεί.

Μοντέλα εκτίμησης του κόστους μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κύριες γενιές:

- Παραδοσιακά μοντέλα (traditional models)
- Μη παραδοσιακά μοντέλα (non-traditional models)
- Σύγχρονα μοντέλα (new wave models)

Κυρίαρχη θέση στην εκτίμηση του κόστους τεχνικών έργων έχουν οι παραδοσιακές προσεγγίσεις οι οποίες βασίζονται σε μεθόδους προμετρικές. Προσεγγίσεις για την εκτίμηση του κόστους με βάση στατιστικά στοιχεία και γραμμική ανάλυση παλινδρόμησης, έχουν αναπτυχθεί από το 1970.

Ανάλυση Παλινδρόμησης (regression analysis), ή Πολλαπλή Ανάλυση Παλινδρόμησης (multiple regression analysis), όπως συνήθως αποκαλείται, είναι ένα πολύ ισχυρό στατιστικό εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως αναλυτική τεχνική αλλά και ως τεχνική πρόβλεψης. Κατά τη δεκαετία του 1980 εισήχθη λόγω της μεγάλης εκτίμησης της εμπειρίας των χρηστών και λόγω της αύξησης της έρευνας γύρω από τις δυνατότητες της τεχνητής νοημοσύνης, όπως τα έμπειρα συστήματα (expert systems). Ωστόσο, η χρήση των έμπειρων συστημάτων δεν έφθασε στην αιχμή των δυνατοτήτων της [Khosrowshahi and Kaka 1996]. Παρ' όλα αυτά, η ανάπτυξη των μεθόδων εκτίμησης κόστους βασισμένων στην εμπειρία των χρηστών ήταν απαραίτητη γιατί η εκτίμηση του κόστους είναι η πρόβλεψη του κόστους ενός έργου χρησιμοποιώντας την εμπειρία ή / και την κατάλληλη μεθοδολογία. Έτσι τα συστήματα συλλογιστικής βασισμένης (case based reasoning) σε περιπτώσεις προτάθηκαν ως εναλλακτική λύση των έμπειρων συστημάτων στην εκτίμηση κόστους.

Ένας εναλλακτικός κλάδος της τεχνητής νοημοσύνης, τα νευρωνικά δίκτυα (neural networks), εμφανίστηκε ως βιώσιμη εναλλακτική λύση για την εκτίμηση του κόστους κατασκευής στη δεκαετία του 1990, παραδείγματα. Η εφαρμογή των νευρωνικών δικτύων στις κατασκευές είναι ένας σχετικά νέος τομέας έρευνας. Ειδικότερα, τα νευρωνικά δίκτυα είναι μια βιώσιμη εναλλακτική λύση για την πρόβλεψη του κόστους κατασκευής, επειδή η μέθοδος αυτή εξαλείφει την ανάγκη να βρεθεί μια καλή συνάρτηση εκτίμησης κόστους που περιγράφει μαθηματικά το κόστος ενός συστήματος ως συνάρτηση των μεταβλητών που έχουν την μεγαλύτερη επίδραση στο κόστος του συγκεκριμένου συστήματος.

Οι παραδοσιακές μέθοδοι εκτίμηση κόστους, οι μέθοδοι ανάλυσης παλινδρόμησης (regression analysis – RA), συλλογιστικής βασισμένης σε περιπτώσεις (case based reasoning – CBR) και νευρωνικών δικτύων (neural networks – NN) αναλύονται στη συνέχεια. Επίσης παρουσιάζονται κάποια συγκεκριμένα μοντέλα εκτίμησης κόστους βασισμένα σε αυτές τις μεθόδους ως παραδείγματα.

Η επιλογή των μοντέλων εκτίμησης θα πρέπει να επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως:

- Τον διαθέσιμο χρόνο και τις διαθέσιμες πληροφορίες
- Η εμπειρία του εκτιμητή
- Το ύψος και η μορφή των στοιχείων κόστους
- Σκοπός των εκτιμήσεων
- Γνώσεις εκτιμητή και τεχνολογικές γνώσεις που πρέπει να χρησιμοποιηθούν

3.2 Παραδοσιακή μέθοδος εκτίμησης κόστους

Για να κατανοήσουμε πολλές βασικές έννοιες σχετικά με την εκτίμηση του κόστους στα τεχνικά έργα, όπως είναι λογικό, πρώτα πρέπει να εξετάσουμε τις παραδοσιακές μεθόδους εκτίμησης κόστους, έτσι θα μπορούμε στη συνέχεια εκτός του να κατανοήσουμε τις διαδικασίες των πιο σύγχρονων μεθόδων, να τις συγκρίνουμε με τις παραδοσιακές. Ο Καστρινάκης αναλύει πολύ βασικές έννοιες σχετικά με την εκτίμηση του κόστους των κατασκευών και παρουσιάζει τον τρόπο με τον οποίο εκτιμάται το κόστος ενός τεχνικού έργου όπως βλέπουμε αναλυτικά στη συνέχεια.

Ο κοστολόγος, ο οποίος καταρτίζει τον προϋπολογισμό κατασκευής τεχνικού έργου, χρησιμοποιεί κυρίως στοιχεία:

- Από τη μελέτη, όπως είναι η προμέτρηση των ποσοτήτων και το περιγραφικό 15 τιμολόγιο των εργασιών, ο χρονικός προγραμματισμός, οι τεχνικές προδιαγραφές των εργασιών κλπ.
- Από το αρχείο της εργολαβικής επιχείρησης σχετικά με αποδόσεις προσωπικού, υπερβολάβων, μηχανημάτων, τις τιμές μονάδας παρόμοιων εργασιών κλπ. Ο κοστολόγος πρέπει να βασίζεται στις πραγματικές δυνατότητες της επιχείρησης και όχι σε θεωρητικές εκτιμήσεις.

Παράγοντες που επιδρούν στη διαμόρφωση του κόστους και αφορούν τον κατασκευαστή είναι:

- 1) Η Διεύθυνση του εργοταξίου, η οργάνωση, ο προγραμματισμός και η εποπτεία των εργασιών.
- 2) Οι ικανότητες του χρησιμοποιούμενου προσωπικού (συνεπεία, εξειδίκευση, αποδοτικότητα κλπ.)
- 3) Τα είδη και οι ποιότητες χρησιμοποιούμενων υλικών.
- 4) Η κατάλληλη επιλογή: τύπου, αριθμού, μεγέθους μηχανικού εξοπλισμού.
- 5) Οι τοπικές συνθήκες εργασίας, η περιοχή του έργου, η πρόσβαση σε αυτό, η διάταξη του εργοταξίου.
- 6) Οι δυνατότητες χρηματοδότησης.

Υπάρχουν και άλλοι σοβαροί παράγοντες που επιδρούν στη διαμόρφωση του κόστους.

Η εκτίμηση της επιρροής αυτών των παραγόντων γίνεται με πιθανότητες.

- Καιρικές συνθήκες. Επηρεάζουν το βαθμό απασχόλησης όπως και τον προγραμματισμό των εργασιών.
- Η διαθεσιμότητα προσωπικού και υπεργολάβων. Επηρεάζουν σημαντικά τον προγραμματισμό.
- Ο πληθωρισμός, που επηρεάζει σοβαρότατα τις τιμές προσωπικού, υλικών και μηχανημάτων.

Τις ουσιαστικές δυσχέρειες που συναντούμε όταν θέλουμε να υπολογίσουμε το κόστος κατασκευής σε συνθήκες πληθωρισμού αντιμετωπίζουμε:

- Με τον καθορισμό του προβλεπόμενου κόστους κάθε εργασίας όχι ως σταθερού αλλά ως μεταβαλλόμενου χρονικά, σε συνάρτηση με την προβλεπόμενη αύξηση του κόστους μονάδας όλων των μέσων (εργατικών, υλικών, μηχανημάτων) που θα χρησιμοποιήσουμε σε όλη τη διάρκεια της κατασκευής.
- Με ανάλογο καθορισμό των προβλεπόμενων συντελεστών αναθεώρησης των τιμών των κονδυλίων της μελέτης. Στα δημόσια έργα υπάρχει νομοθετημένη διαδικασία ενώ στα ιδιωτικά αποτελεί αντικείμενο διαπραγμάτευσης με τον κύριο του έργου. Τέλος το κόστος κατασκευής ενός τεχνικού έργου, προκειμένου να δοθεί οικονομική προσφορά, αναλύεται από τον κοστολόγο της εργολαβικής επιχείρησης, οπότε έχουμε:
- Άμεσο κόστος (προσωπικού, υλικών, μηχανικού εξοπλισμού, υπεργολαβιών).
- Έμμεσο κόστος (έργου και εργοταξίου, εργολαβικής επιχείρησης).
- Κέρδος αναδόχου.

3.2.1 Άμεσο κόστος κατασκευής

3.2.1.1 Κόστος προσωπικού

Σημαντικό ρόλο στον προσδιορισμό του κατέχει η ύπαρξη οργανωμένου αρχείου με στοιχεία από προηγούμενα τεχνικά έργα σχετικά με τις αποδόσεις του προσωπικού, του μηχανικού εξοπλισμού, των συνεργείων και των υπεργολάβων. Κατά την επεξεργασία των στοιχείων αυτών θα πρέπει να μην παραγνωρίζεται το γεγονός ότι ακόμη και με την πιο τέλεια οργάνωση και προγραμματισμό των εργασιών, θα υπάρχουν πάντοτε χρονικές περίοδοι όπου δεν θα παράγεται έργο ενώ θα πληρώνεται το προσωπικό.

Ο κοστολόγος που υπολογίζει το κόστος προσωπικού πρέπει να έχει υπόψη του:

- Την παραβολική μορφή της μεταβολής του άμεσου κόστους των εργασιών της κατασκευής σε συνάρτηση με τον χρόνο.
- Η μείωση του χρόνου μπορεί να φτάσει μέχρι ένα σημείο, το οποίο επιτρέπει η ανάπτυξη της τεχνολογίας, πέρα από αυτό όμως όσο και να αυξήσουμε το κόστος, ο

χρόνος κατασκευής δεν μπορεί να μειωθεί. Επίσης με κακή διεύθυνση του εργοταξίου αυξάνεται ο χρόνος εργασιών αλλά αυξάνεται και το κόστος λόγω πλέον της κακής οργάνωσης, προγραμματισμού, εποπτείας κλπ. των εργασιών.

- Η περιορισμένη δυνατότητα να μειωθεί το κόστος προσωπικού όταν η εργολαβική επιχείρηση πρέπει να διατηρεί το καλά εκπαιδευμένο και ειδικευμένο προσωπικό της και σε περιόδους με μικρότερο κύκλο εργασιών. Δεν συμφέρουν οι απολύσεις καλά εκπαιδευμένου προσωπικού το οποίο είναι δύσκολο να ξαναβρούμε όταν το χρειαστούμε.
- Το κόστος προσωπικού είναι τελικά μικρότερο αν χρησιμοποιείται προσωπικό μεγαλύτερης ειδικεύσης και αποδοτικότητας και συνεπώς περισσότερο “ακριβό”, παρά αν συμβαίνει το αντίθετο.
- Το κόστος προσωπικού είναι συνήθως αντιστρόφως ανάλογο με την τυποποίηση των εργασιών κατασκευής.
- Το κόστος προσωπικού ανά μονάδα κατασκευαζόμενου έργου, είναι επίσης αντιστρόφως ανάλογο με το μέγεθος του έργου. Εξάλλου το είδος του έργου σε συνδυασμό με το μέγεθος, μας προσδιορίζουν και το βαθμό χρήσης του μηχανικού εξοπλισμού, πράγμα που έχει σημαντικότερη σχέση με το συνολικό κόστος προσωπικού.

Παράγοντες που επιβαρύνουν το κόστος προσωπικού ανάλογα με τις συμφωνίες μεταξύ επιχείρησης και εργαζομένων είναι:

- Ημερομίσθια
- Κρατήσεις εργοδότη (ΙΚΑ, επικουρικό, κλπ όπως φαίνονται στα δελτία ΕΤΔΕ σύμφωνα με την ισχύουσα κάθε εποχή νομοθεσία).
- Αποζημιώσεις διακοπής σύμβασης.
- Ημεραργίες λόγω ασθενειών.
- Δώρα Χριστουγέννων, Πάσχα, επίδομα αδειας.
- Αμοιβές εκτός έδρας.
- Πριμ (συνήθως αποδοτικότητας).
- Παροχές πλέον αποδοχών, (στέγη, αυτοκίνητο, καύσιμα.).
- Προσωπικός εξοπλισμός
- Ατομικά εργαλεία.
- Ασφάλιστρα ζωής και ατυχημάτων προσωπικού.
- Μεταφορά στη θέση εργασίας.

3.2.1.2 Κόστος υλικών

Το κόστος υλικών στο εργοτάξιο περιλαμβάνει τα παρακάτω στοιχεία.

- Τιμές αγοράς (μείον τυχόν εκπτώσεις, ιδίως σε προμήθειες σοβαρών ποσοτήτων).
- Μεταφορικά.
- Φόρτωση-εκφόρτωση-απόθεση-εσωτερικές μετακινήσεις.
- Απώλειες κατά την μεταφορά. Απώλειες κατά την κατεργασία. (Ανάλογα με το είδος των υλικών οι απώλειες κατά την κατεργασία υπολογίζονται ως ποσοστό των ποσοτήτων που χρησιμοποιούμε.
- Τυχόν ασφάλιστρα, αμοιβές τρίτων, δασμοί κλπ.

Επίσης υπάρχει το κόστος των βοηθητικών υλικών όπως είναι οι ξυλότυποι, τα ικριώματα, οι επενδύσεις ορυγμάτων, τάφρων, κλπ. Επειδή τα υλικά αυτά επαναχρησιμοποιούνται πρέπει να εκτιμηθεί ο αριθμούς χρήσεων και κατόπιν να γίνει μείωση της αξίας τους μετά από κάθε χρήση. Οι διάφορες απώλειες που προκαλούνται κατά την χρήση τους εκτιμούνται σαν ένα ποσοστό της χρησιμοποιούμενης ποσότητας και υπολογίζονται κατά την κατάρτιση του προϋπολογισμού. Η ξυλεία αντιμετωπίζεται ως αναλώσιμο υλικό, ενώ τα μεταλλικά ικριώματα και οι ειδικές επενδύσεις τάφρων, ορυγμάτων, αντιμετωπίζονται όπως ο μηχανικός εξοπλισμός.

Ο κοστολόγος πρέπει να πληροφορείται τα στοιχεία κόστους των υλικών από το τμήμα προμηθειών τη εργολαβικής επιχείρησης.

3.2.1.3 Κόστος υπερβολικών

Αναφερόμαστε σε εργασίες που εκτελούνται εξ ολοκλήρου από υπερβολικούς με δικά τους υλικά και μηχανικό εξοπλισμό, όπως πχ χωματουργικά, μπετόν, τοιχοποιίες, επιχρίσματα κλπ και για τις οποίες ο ανάδοχος έχει μονό τη διεύθυνση και συντονισμό των 20 εργασιών καθώς και τον έλεγχο της ποιότητας κατασκευής.

Κατά τη σύνταξη του προϋπολογισμού κατασκευής της υπ εργολαβικής επιχείρησης και οπωσδήποτε πριν υποβληθεί η προσφορά της, οι τιμές των εργασιών που θα εκτελεστούν με υπερβολικούς πρέπει να καθορίσουν με τους αντίστοιχους υπερβολικούς. Το κόστος εργασιών όπως είναι η κατασκευή ξυλοτύπων, η κοπή, η κατεργασία και τοποθέτηση σιδηρού σπλισμού, κλπ, τα οποία μπορεί να εκτελεστούν από συνεργεία που δεν ανήκουν στην εργολαβική επιχείρηση αλλά εργάζονται χωρίς δικά τους υλικά και μηχανικό εξοπλισμό (“φατούρα”), πρέπει να συμπεριληφθούν στο άμεσο κόστος προσωπικού των αντίστοιχων κονδυλίων και όχι στο άμεσο κόστος υπερβολικών.

3.3 Μέθοδοι Ανάλυσης Παλινδρόμησης (Regression Analysis)

Στον τομέα της στατιστικής, η ανάλυση παλινδρόμησης περιλαμβάνει κάθε είδους τεχνικές για τη μοντελοποίηση και ανάλυση πολλών μεταβλητών, όταν η έμφαση δίνεται στη σχέση μεταξύ μιας εξαρτημένης μεταβλητής και ενός ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Πιο συγκεκριμένα, η ανάλυση παλινδρόμησης μας βοηθά να κατανοήσουμε πώς η χαρακτηριστική τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής όταν αλλάζει κάθε μία από τις ανεξάρτητες μεταβλητές ποικίλλει, ενώ οι υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές παρέμειναν σταθερές.

Στην κατασκευαστική βιομηχανία, οι δείκτες κόστους χρησιμοποιούνται συχνά για να εξηγηθεί η μεταβολή του κόστους κατασκευής. Με την παρακολούθηση της ταυτόχρονης εξέλιξης αυτών των ποσοτικών δεικτών κόστους (υλικά, μηχανήματα κλπ) και καθιστώντας συχνές και τακτικές προβλέψεις των μελλοντικών τιμών των δεικτών, μπορεί κανείς να αναπτύξει μια βαθύτερη κατανόηση των τιμών των πόρων που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή και έτσι να μπορεί να εκμεταλλευτεί μια μακροπρόθεσμη διακύμανση των τιμών για τους σκοπούς της προσφοράς του (σε δημοπρασίες) και την βραχυπρόθεσμη διακύμανση για σκοπούς αγοράς πόρων.

Υπάρχουν κατηγορίες μεθόδων ανάλυσης παλινδρόμησης οι οποίες διαφοροποιούνται με βάση το είδος της παλινδρόμησης που χρησιμοποιείται ακολουθεί μια σύντομη παρουσίαση των ειδών ανάλυσης παλινδρόμησης:

3.3.1.1 Γραμμική Παλινδρόμηση

Μία μέθοδος γραμμικής παλινδρόμηση περιγράφει τις σχέσεις μεταξύ μίας ζητούμενης μεταβλητής και μία ή περισσότερες μεταβλητές πρόβλεψης μέσω της γενίκευσης μιας ευθείας γραμμής. Θεωρούμε ένα διάνυσμα X . Ένα μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης μπορεί να αναπαρασταθεί σε μητρική μορφή όπως η Εξίσωση (1):

$$Y = X\beta + e \quad (1)$$

όπου $Y = [y_1, \dots, y_n]^T$
 $e = [e_1, \dots, e_n]^T$
 $\beta = [\beta_1, \dots, \beta_n]^T$

Εάν το μοντέλο είναι κατάλληλο, τότε η παρατηρούμενη τιμή y_i μπορεί να προσδιορίζεται από την τιμή του X_i μέσω Εξ (1), εκτός από το e_i , την ποσότητα άγνωστου τυχαίου στατιστικού σφάλματος για την i -οστή υπόθεση που αντιπροσωπεύει την αποτυχία του μοντέλου για τον προσδιορισμό της πραγματικής αξίας. Το μοντέλο υποθέτει ότι τα λάθη είναι κανονικά και ανεξάρτητα διανεμημένα με μηδενική μέση τιμή και την κοινή διακύμανση S^2 . Χρησιμοποιώντας τις παρατηρηθέντες αντιδράσεις και δείκτες πρόγνωσης, εκτιμούνται οι άγνωστες παράμετροι β . Τελικά επιλέγεται ένα μοντέλο που ελαχιστοποιεί το υπολειπόμενο άθροισμα των τετραγώνων των σφαλμάτων. Η ισχύς της σχέσης που δημιουργήθηκε εκπροσωπείται από τον συντελεστή συσχέτισης R^2 , ο οποίος αντιπροσωπεύει το ποσοστό της διακύμανσης της απόκρισης που οφείλεται στην παλινδρόμηση των μέσων πρόβλεψης (δεικτών).

3.3.1.2 Κατηγορική Παλινδρόμηση

Όταν το σύνολο δεδομένων αποτελείται από δεδομένα που μπορούν να χωριστούν και ομαδοποιούνται από ορισμένα χαρακτηριστικά, όπως είναι άνδρες ή γυναίκες, ή ασθένεια ή όχι της νόσου, η κατηγορική παλινδρόμησης μπορεί να παρουσιάσει τη σχέση μεταξύ ενός αποτελέσματος και των δεικτών (προάγγελων) της πιο αποτελεσματικά. Κατηγοριοποίηση είναι μια διαδικασία απομόνωσης στοιχείων για τη βελτίωση της ομοιογένειας. Για παράδειγμα, ας εξετάσουμε ένα απλό μοντέλο παλινδρόμησης, όπως δίνεται από την Εξ.(2)

$$Y = \beta_0 k + \beta_1 k X + e, \quad k=1,2,\dots,m \quad (2)$$

όπου k αντιπροσωπεύει κάθε κατηγορία

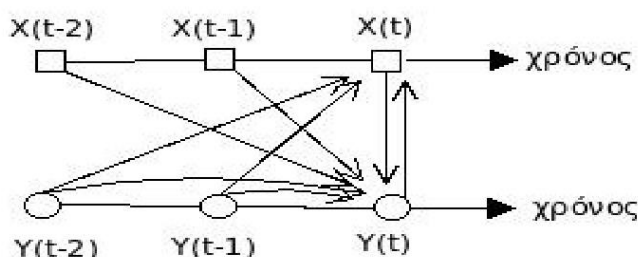
3.3.1.3 Δυναμική Παλινδρόμηση

Η Δυναμική παλινδρόμηση διακρίνεται από τη συνήθη παλινδρόμησης ως ακολούθως. Θεωρούμε δύο συναφείς μεταβλητές: ένα αποτέλεσμα Y και ένα δείκτη (προάγγελο) X . Το σχήμα δείχνει ένα παράδειγμα μιας σχέσης δύο μεταβλητών με χρονική καθυστέρηση. Η παρατηρούμενη Y τη χρονική στιγμή t , Y_t , μπορεί να σχετίζονται όχι μόνο με X_t , αλλά και να $X_{(t-1)}$ και $X_{(t-2)}$. Με άλλα λόγια, μπορούν να υπάρχουν τόσο σύγχρονες όσο και με χρονική διαφορά σχέσεις. Σε αντίθεση με συνήθεις παλινδρόμησης, η δυναμική ισχύει και για

σχέσεις με χρονική διαφορά χρησιμοποιώντας έναν παράγοντα χρόνου. Ομοίως, το $Y(t)$ δεν συνδέεται μόνο με $Y(t-1)$, αλλά και με το $Y(t-2)$. Αυτά, κατά βάση, είναι σχέσεις αυτοπαλινδρόμησης. Ένα μοντέλο που εξηγεί όλα τα παραπάνω σχέσεις μπορεί να γραφτεί ως Εξ (3), όπου WN αντιπροσωπεύει λευκό θόρυβο. Οι περισσότερες ιδιότητες της απλής παλινδρόμησης ισχύουν για την δυναμική παλινδρόμηση.

$$Y(t) = C + b_1 Y_{t-1} + b_2 Y_{t-2} + c_0 X_t + c_1 X_{t-1} + Z_t$$

$$Z_t = WN(0, \sigma^2)$$



3.4 Μέθοδοι Συλλογιστικής Βασισμένης σε Περιπτώσεις (Case Based Reasoning)

Η συλλογιστική βασισμένη σε περιπτώσεις (CBR) είναι η διαδικασία επίλυσης των νέων προβλημάτων που εμπνέεται από τις λύσεις παρόμοιων προβλημάτων του παρελθόντος. Ξεκινά με μια σειρά περιπτώσεων ή παραδειγμάτων, εξάγει γενικεύσεις από τα παραδείγματα αυτά, ακόμα και έμμεσες, εντοπίζοντας ομοιότητες μεταξύ των περιπτώσεων / παραδειγμάτων και το συγκεκριμένο πρόβλημα. Η μέθοδος συλλογιστικής βασισμένης (CBR) σε περιπτώσεις έχει χρησιμοποιηθεί στον τομέα των κατασκευών όπως για συστήματα εκτίμησης διάρκειας, κόστους, υποβολής προσφορών επιλογής μεθόδων και μεθόδων διαχείρισης. Το σημαντικότερο και δυσκολότερο στοιχείο της μεθόδου αυτής είναι η καταχώρηση και επιλογή παρόμοιων περιπτώσεων που θα βοηθήσουν στην λύση του νέου προβλήματος ή την εκτίμηση του κόστους της συγκεκριμένης κατασκευής.

Ένα σύστημα/μοντέλο συλλογιστικής βασισμένη σε περιπτώσεις, εμπνευσμένο από την ανάμνηση των ομοιοτήτων στη συλλογιστική των εμπειρογνομώνων, αποτελείται από τέσσερις επιμέρους διεργασίες:

- Παλαιές υποθέσεις, οι οποίες αντιπροσωπεύουν εμπειρίες τις οποίες το σύστημα έχει αποκτήσει και αποθηκεύονται σε μια βάση περιπτώσεων.
- Όταν μια νέα περίπτωση παρουσιάζεται στο σύστημα, το σύστημα CBR ανακτά μια ή περισσότερες αποθηκευμένες περιπτώσεις παρόμοιες με την νέα υπόθεση. Αυτό γίνεται σύμφωνα με κάποιο ποσοστό ομοιότητας (βαθμό ομοιότητας) που υπολογίζεται με βάση κάποια εξίσωση ομοιότητας καθορισμένη από το χρήστη.
- Οι χρήστες προσπαθούν να επιλύσουν τη νέα περίπτωση με την προσαρμογή των ανακτηθέντων περιπτώσεων, και η προσαρμογή βασίζεται στις διαφορές μεταξύ των αποθηκευμένων υποθέσεων και τη νέα υπόθεση.

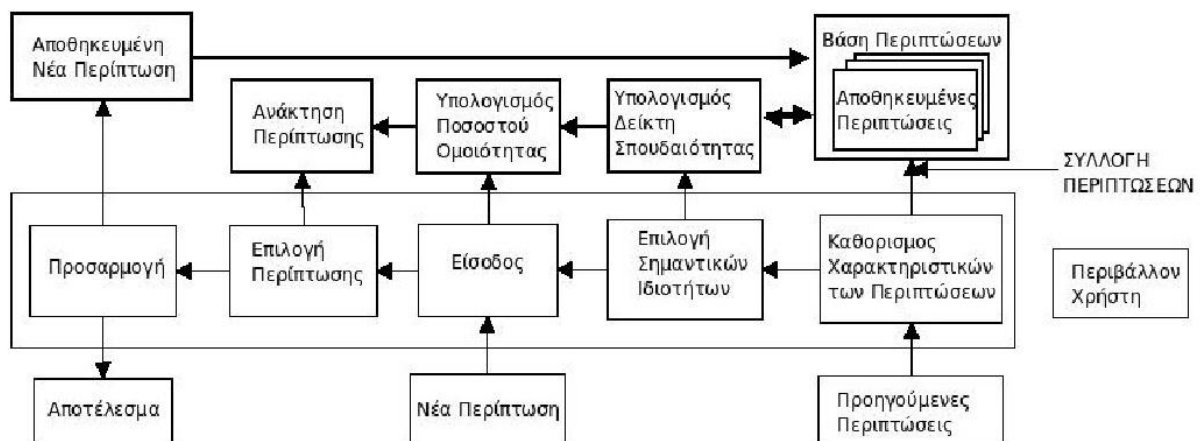
Η νέα λύση διατηρείται ως μέρος των αποθηκευμένων υποθέσεων καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας.

3.4.1 Μοντέλα Συλλογιστικής Βασισμένης σε Περιπτώσεις

Έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται πολλά μοντέλα εκτίμησης κόστους με τη μέθοδο της συλλογιστικής βασισμένης σε περιπτώσεις. Για την ανάκτηση μιας υπόθεσης παρόμοιας με μια νέα περίπτωση, γνώση του πεδίου είναι απαραίτητη για να εξηγήσει γιατί οι δύο περιπτώσεις είναι παρόμοιες, πόσο ισχυρή είναι η ομοιότητα, και ποια χαρακτηριστικά έχουν μεγαλύτερη επιρροή στην ομοιότητα, διότι η ιδιότητες είναι οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια την εκτίμηση του κόστους κατασκευής.

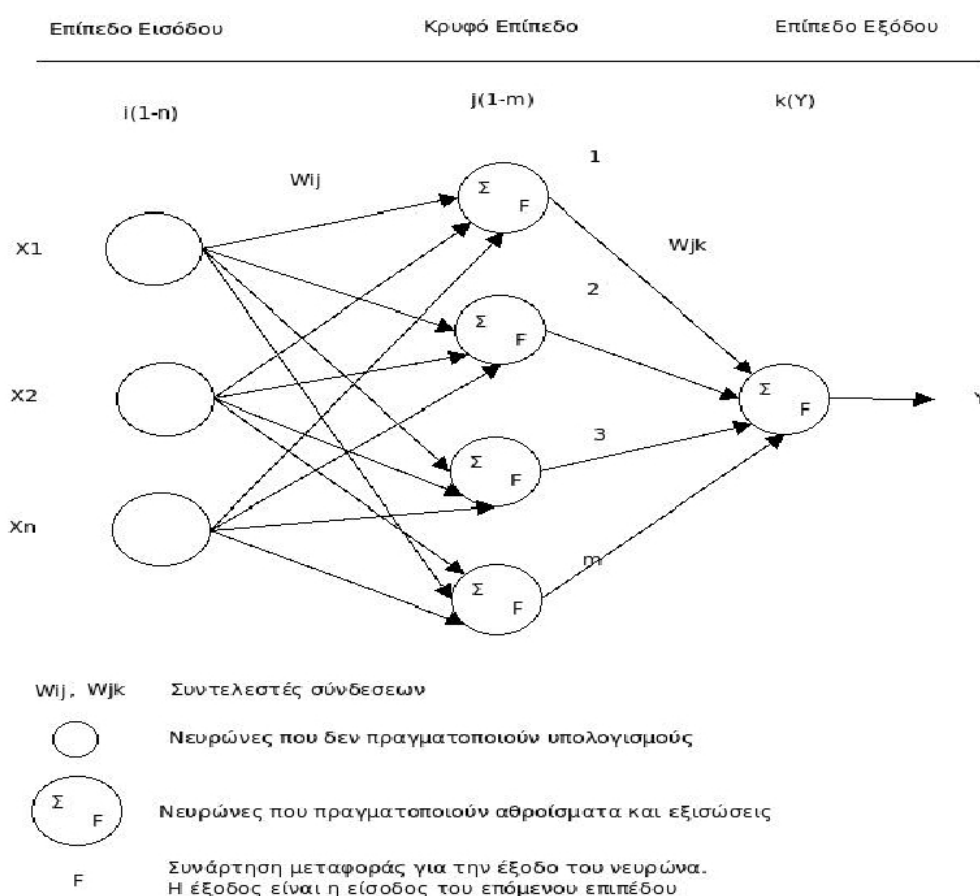
Οι κυριότερες διαφορές των διαφόρων μεθόδων CBR βρίσκονται στην μέθοδο που το καθένα από αυτά χρησιμοποιεί για να εκτιμήσει το βαθμό ομοιότητας της νέας υπόθεσης με κάποια ή κάποιες από τις παλαιότερες γνωστές (αποθηκευμένες σε κάποια βάση δεδομένων). Συνήθως αυτό γίνεται με κάποιες εξισώσεις ομοιότητας στις οποίες δίνοντας στοιχεία για την ζητούμενη υπόθεση και τις παλαιότερες (συγκρινόμενες) με αυτήν υποθέσεις παίρνουμε τον ζητούμενο συντελεστή (ποσοστό) ομοιότητας. Πολύ βασικό ρόλο στο σωστό υπολογισμό του βαθμού ομοιότητας παίζει επίσης η σωστή επιλογή του συντελεστή βαρύτητας κάθε εξεταζόμενου στοιχείου ομοιότητας (πχ τοποθεσία κατασκευής, είδος θεμελίωσης κλπ)

Σχεδιάγραμμα CBR μοντέλου



3.5 Μέθοδοι Νευρωνικών Δικτύων (Neural Networks – NN)

Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (Artificial Neural Networks), ή απλώς νευρωνικά δίκτυα (Neural Networks) είναι ένα μαθηματικό μοντέλο για την επεξεργασία πληροφορίας που προσεγγίζει την υπολογιστική και αναπαραστατική δυνατότητα μέσω συνάψεων. Το μοντέλο είναι εμπνευσμένο από τα βιοηλεκτρικά δίκτυα που δημιουργούνται στον εγκέφαλο ανάμεσα στους νευρώνες (νευρικά κύτταρα) και στις συνάψεις (σημεία επαφής των νευρικών απολήξεων). Στο μαθηματικό μοντέλο των νευρωνικών δικτύων υπάρχουν κομβικά σημεία (nodes) στα οποία καταλήγουν συνδέσεις από άλλους κόμβους του δικτύου, στις οποίες συνήθως αποδίδεται κάποιο βάρος. Πρακτικά, ένα νευρωνικό δίκτυο βελτιστοποιεί μία συνάρτηση, σύμφωνα με κάποιους περιορισμούς. Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα, ως μαθηματικό μοντέλο, προέκυψαν από τον τομέα της Τεχνητής Νοημοσύνης.



Για την ανάπτυξη μοντέλων νευρωνικών δικτύων είναι απαραίτητη η χρήση του κατάλληλου λογισμικού. Γενικά ένα δίκτυο σχεδιάζεται για μία συγκεκριμένη ομάδα εισόδων (εισαγόμενων πληροφοριών) και εξόδων (αποτελεσμάτων). Ο αριθμός των εισόδων και εξόδων δεν είναι περιορισμένος, κάτι που είναι ένα πλεονέκτημα των μοντέλων νευρωνικών δικτύων. Στη συνέχεια καθορίζεται ο αριθμός των κρυφών στρωμάτων και ο αριθμός των κρυφών νευρώνων. Η διαδικασία του καθορισμού του αριθμού των νευρώνων αυτών είναι χρονοβόρα, κάτι που είναι ένα από τα μειονεκτήματα των NN, γιατί απαιτεί μερικές διαδικασίες δοκιμής και λάθους (trial and error).

3.6 Άλλες μέθοδοι

Εκτός των πιο δημοφιλών και πιο ανεπτυγμένων μεθόδων εκτίμησης κόστους που παρουσιάστηκαν (ανάλυσης παλινδρόμησης, συλλογιστικής βασισμένης σε περιπτώσεις και νευρωνικών δικτύων) έχουν αναπτυχθεί και διάφορες άλλες μέθοδοι (όπως έμπειρα συστήματα) και μοντέλα. Έχουν αναπτυχθεί μοντέλα τα οποία βασίζονται στις μεθόδους που ήδη αναφέραμε και αποτελούν αντικείμενο περαιτέρω έρευνας βασισμένης σε αυτές τις δημοφιλείς μεθόδους, όπως για παράδειγμα η ανάπτυξη μοντέλων δυναμικής παλινδρόμησης [Hwang, 2009]. Επίσης έχουν αναπτυχθεί μοντέλα τα οποία χρησιμοποιούν τις δημοφιλείς και ανεπτυγμένες μεθόδους σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους για την βελτίωση τους, για παράδειγμα ανάπτυξη μοντέλου ανάλυσης παλινδρόμησης σε συνδυασμό με μοντέλου χρονοσειρών (time series model – TS) [Ng et al, 2004] νευρωνικών δικτύων με τη χρήση γενετικών αλγορίθμων (genetic algorithm - GA)[Kim et al 2004*] και νευρωνικών δικτύων σε συνδυασμό με τις μεθόδους γενετικών αλγορίθμων (genetic algorithm) και ασαφούς λογικής (fuzzy logic – FL) Evolutionary Fuzzy Neural Inference Model (EFNIM). Δεδομένης της σπουδαιότητας της ακριβούς εκτίμησης του κόστους μίας κατασκευής και κατά συνέπεια της εύρεσης μιας βέλτιστης μεθόδου εκτίμησης του κόστους αυτού αλλά και της διαφόρων τομέων της τεχνητής νοημοσύνης οι έρευνες για βελτιστοποίηση των ήδη υπάρχοντων μεθόδων, την ανάπτυξη νέων μεθόδων αλλά και την ανάπτυξη μοντέλων εκτίμησης κόστους που συνδυάζουν όλες τις δημοφιλείς σύγχρονες μεθόδους χρησιμοποιούμενες για την εκτίμηση κόστους είναι διαρκείς.

3.7 Συμπεράσματα

3.7.1 Συνοπτική ανασκόπηση

Όπως έχουμε ήδη παρουσιάσει, οι τρεις βασικότερες κατηγορίες μοντέλων εκτίμησης κόστους είναι οι εξής:

- **Παραδοσιακά Μοντέλα**

Τα παραδοσιακά μοντέλα εκτίμησης κόστους έχουν ως τον βασικότερο εκπρόσωπο τους την εκτίμηση του κόστους των τεχνικών έργων με μεθόδους προμετρήσεων. Έχουν παρουσιαστεί οι βασικές έννοιες σχετικά με αυτά τα μοντέλα και ο τρόπος λειτουργίας τους στο 3ο κεφάλαιο. Είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος στην ελληνική πραγματικότητα με διάφορες εκφάνσεις. Επίσης είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι πάνω σε μεθόδους προμετρητικές βασίζεται και η επίσημα νομοθετημένη προκοστολόγηση των δημοσίων τεχνικών έργων σε διάφορες μορφές (όπως παλαιότερα τα αναλυτικά 34 τιμολόγια, αλλά και τώρα οι Νέα Ενιαία Τιμολόγια). Επιπλέον πρέπει να αναφερθεί ότι συνήθως τα προγράμματα λογισμικού που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα (όπως για παράδειγμα το πακέτο ERGA της εταιρείας 4M, MyMANAGER της Qualisis Software, Costos της Nomitech). ακόμη και για ιδιωτικά έργα, χρησιμοποιούν ως βάση τους μεθόδους προμετρήσεων.

Φυσικά αναλόγως με τον τρόπο, την διαφορετική μεθοδολογία, τα διαφορετικά στοιχεία που θα επιλεγούν αλλά και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων των προμετρήσεων η ακρίβεια και η αποτελεσματικότητα των διαφορετικών μεθόδων ποικίλει.

- **Μη παραδοσιακά Μοντέλα**

Τα μη παραδοσιακά μοντέλα εκτίμησης κόστους συναντώνται στην βιβλιογραφική μας ανασκόπηση κυρίως με δυο βασικές μορφές.

1) Μοντέλα ανάλυσης παλινδρόμησης (regression analysis):

Τα μοντέλα αυτά, όπως το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης που παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 3, χρησιμοποιούν κάθε είδους στατιστικές τεχνικές για την μοντελοποίηση και ανάλυση πολλών μεταβλητών. Χρησιμοποιούν μεθόδους παλινδρόμησης ώστε με τη βοήθεια κάποιων μεταβλητών (συνήθως στην περίπτωση της εκτίμησης κόστους οικονομικών δεικτών) να προσδιορίσουν την τιμή μίας εξαρτημένης από αυτές μεταβλητής, το κόστος των τεχνικών έργων.

2) Μοντέλα συλλογιστικής βασισμένης σε περιπτώσεις (case based reasoning):

Τα μοντέλα αυτά, όπως το μοντέλο που έχουμε παρουσιάσει στο 3ο κεφάλαιο, χρησιμοποιούν μεθόδους επίλυσης προβλημάτων βασιζόμενα σε λύσεις του παρελθόντος. Στις μεθόδους αυτές είναι πολύ σημαντική η σωστή εκτίμηση της ομοιότητας μιας νέας περίπτωσης με μια παλαιότερη και σαν αποτέλεσμα η σωστή επιλογή συντελεστών βαρύτητας για κάθε εξεταζόμενο στοιχείο ομοιότητας.

- **Μοντέλα νέου κύματος**

Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται τα μοντέλα εκτιμήσεως κόστους που χρησιμοποιούν μεθόδους συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης. Κυριότερος εκπρόσωπος της κατηγορίας αυτής είναι τα μοντέλα νευρωνικών δικτύων (neural networks). Τα νευρωνικά δίκτυα χρησιμοποιούν ένα μαθηματικό μοντέλο για την επεξεργασία πληροφοριών που προσεγγίζει την υπολογιστική και αναπαραστατική δυνατότητα μέσω συνάψεων, όπως παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 3.

3.7.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κάθε μεθόδου

Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε τα βασικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των τεσσάρων βασικότερων μεθόδων εκτίμησης κόστους που παρουσιάζονται στην βιβλιογραφία.

- **Μέθοδοι προμετρήσεων**

Οι παραδοσιακές μέθοδοι εκτίμησης κόστους είναι πιο δημοφιλείς στους μηχανικούς. Παρόλα αυτά εκτιμούν πως, όσο η οργάνωση στοιχείων σχετικών με κατασκευές και το κόστος τους βελτιώνεται, θα είναι πιθανότερο να χρησιμοποιούνται πιο σύγχρονες μέθοδοι. Το βασικότερο πλεονέκτημα των μεθόδων που βασίζονται στις προμετρήσεις είναι η απλότητα τους σε διάφορους τομείς. Η κατανόηση των ίδιων των μεθόδων αλλά και το πως πρέπει να αυτές τελικά να εφαρμοστούν τις καθιστά πολύ καλή λύση για τους μηχανικούς. Επίσης η σαφήνεια τους, αλλά και το πόσο αναλυτικά μπορούν να παρουσιαστούν τα αποτελέσματά τους (για διάφορες εργασίες και υλικά), έχει κάνει τα απαιτούμενα από την νομοθεσία έγγραφα για προκοστολόγηση των δημοσίων έργων να

βασίζονται σε μεθόδους προμετρικές. Η απλή εφαρμογή τους δεν απαιτεί πολύ σημαντική εμπειρία του μηχανικού μιας και είναι μέθοδοι απλά μαθηματικές και δεν έχουν κάποια σημεία στα οποία να απαιτείται αναλυτικότερη εμπειρία για την εφαρμογή τους, σε σχέση πάντα με άλλες μεθόδους.

Αυτό φυσικά δε σημαίνει ότι κάποιος μηχανικός με μεγαλύτερη εμπειρία δεν θα μπορέσει να βγάλει πιο ακριβή αποτελέσματα, με σωστότερη εμπειρική εκτίμηση των εκπτώσεων που θα μπορέσει πετύχει στην αγορά υλικών, στα ημερομίσθια ή στον απαιτούμενο χρόνο για κάθε εργασία σε σύγκριση με τον αναφερόμενο στις αναλύσεις τιμών. κλπ. Επίσης ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα των μεθόδων προμετρήσεων είναι το πόσο εύκολα σε κατανόηση και χρήση είναι τα προγράμματα λογισμικού εκτίμησης κόστους που βασίζονται σε τέτοιες μεθόδους, όπως διαπιστώσαμε με η ανάγνωση βασικών επεξηγήσεων.

- **Μέθοδοι πολλαπλής ανάλυσης παλινδρόμησης**

Οι μέθοδοι πολλαπλής ανάλυσης παλινδρόμησης είναι σύνθετες μέθοδοι που προσδιορίζουν το κόστος κάποιων τεχνικών έργων με σύνθετες μεθόδους στατιστικής. Η κατανόηση τους εξ' αρχής είναι αρκετά πιο δύσκολη από την κατανόηση των πιο παραδοσιακών μεθόδων. Επίσης η επιλογή των κατάλληλων μεταβλητών – δεικτών κόστους αλλά και η αξιολόγηση τους, για την επίτευξη του ακριβέστερου από τα μοντέλα παλινδρόμησης για κάθε περίπτωση, είναι δύσκολη, σύνθετη αλλά και χρονοβόρα διαδικασία. Επιπλέον, εκτός της βαθιάς κατανόησης και γνώσης των μεθόδων παλινδρόμησης, απαιτείται η ύπαρξη ιστορικών στοιχείων για τις διάφορες χρησιμοποιούμενες μεταβλητές ώστε να μπορεί να διαπιστωθεί και να αξιολογηθεί η επιρροή που έχει η καθεμία μεταβλητή - δείκτης στο κόστος.

- **Μέθοδοι συλλογιστικής βασισμένης σε περιπτώσεις (case based reasoning)**

Οι μέθοδοι συλλογιστικής βασισμένης σε περιπτώσεις είναι μέθοδοι εκτίμησης του κόστους με βάση προηγούμενες περιπτώσεις. Η διαδικασία και ο τρόπος προσέγγισης του προβλήματος τους είναι πιο εύκολα κατανοητή, μιας και είναι παρόμοια με τη συλλογιστική κάποιου εμπειρογνώμονα που βασίζεται στην εμπειρία του για να βρει ομοιότητες ανάμεσα σε ένα παλιό και καινούριο πρόβλημα ώστε να λύσει το δεύτερο. Προφανώς πολύ μεγάλη σπουδαιότητα στις μεθόδους αυτές έχει η σωστή καταχώρηση και ανάκτηση παρόμοιων περιπτώσεων του παρελθόντος. Μεγάλης σπουδαιότητας αλλά και δυσκολίας είναι ο προσδιορισμός των συντελεστών βαρύτητας για τα διάφορα στοιχεία (πχ τοποθεσία, είδος θεμελίωσης κλπ). Είναι κοινή άποψη ότι τα αποτελέσματα των μεθόδων εκτίμησης κόστους με τη χρήση μοντέλων συλλογιστικής βασισμένης σε περιπτώσεις είναι κατά πολύ ακριβέστερα από αυτά των παραδοσιακών μεθόδων αλλά ακόμα και των μεθόδων με χρήση μοντέλων πολλαπλής παλινδρόμησης. Επίσης ένα σημαντικό πλεονέκτημα των μοντέλων αυτών είναι η παρουσίαση μιας κατανοητής εξήγησης των αποτελεσμάτων της στους μηχανικούς αλλά και το ότι βοηθούν σημαντικά στην διαδικασία λήψης αποφάσεων σχετικά με το κόστος παρέχοντας παραδείγματα κόστους από περιπτώσεις του παρελθόντος. Κάτι που αποτελεί και βασικό πλεονέκτημα των μοντέλων αυτών έναντι των μοντέλων νευρωνικών δικτύων.

- **Μέθοδοι νευρωνικών δικτύων**

Τα μοντέλα νευρωνικών δικτύων για την εκτίμηση κόστους κατασκευών αποτελούν την πιο σύγχρονη δημοφιλή μέθοδο εκτίμησης κόστους. Σημαντικό πλεονέκτημα της μεθόδου αποτελείτο γεγονός ότι ένα εκπαιδευμένο μοντέλο νευρωνικού δικτύου μπορεί να έχει αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα χρησιμοποιώντας μόνο πολύ βασικά στοιχεία της κατασκευής και χωρίς την χρήση πιο λεπτομερών στοιχείων. Ένα σημαντικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι ο υψηλός βαθμός πολυπλοκότητας που την κάνει πολύ δύσκολη για κατανόηση αλλά και χρήση από τους μηχανικούς.

Η διαδικασία δημιουργίας ενός μοντέλου νευρωνικού δικτύου είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα μιας και απαιτούνται διαδικασίες δοκιμής και λάθους (trial and error). Τα αποτελέσματα των μεθόδων νευρωνικών δικτύων παρουσιάζουν πολύ μεγάλη ακρίβεια, ακόμη μεγαλύτερη από αυτή των μεθόδων συλλογιστικής βασισμένης σε περιπτώσεις σύμφωνα με συγκριτικές έρευνες. Όμως αν και ακριβή τα αποτελέσματα τους δεν παρουσιάζουν αρκετή σαφήνεια και αρκετές εξηγήσεις στους μηχανικούς αφού είναι μια “τεχνική μαύρου κουτιού” (black box technique). Έτσι ο χρήστης δεν μπορεί να κατανοήσει και να εξηγήσει τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων που παρέχονται από τα μοντέλα νευρωνικών δικτύων.

Συνοπτικός Πίνακας παρουσίασης πλεονεκτημάτων μεθόδων εκτίμησης κόστους

	Προμετρική	Ανάλυσης παλινδρόμησης	Συλλογιστικής βασισμένης σε περιπτώσεις	Νευρωνικών δικτύων
Ευκολία κατανόησης	✓✓✓	✓	✓✓	
Ευκολία χρήσης	✓✓✓	✓	✓✓	
Ταχύτητα μεθόδου	✓✓✓	✓	✓	
Ακρίβεια αποτελεσμάτων	✓	✓✓	✓✓✓	✓✓✓✓
Εξήγηση αποτελεσμάτων	✓✓✓	✓	✓✓	

Κεφάλαιο 4

Μέθοδοι Παρακολούθησης Κόστους

4.1 Γενικά

Κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης ενός έργου, οι διαδικασίες για τον έλεγχο του έργου και την τήρηση αρχείων γίνονται απαραίτητα εργαλεία για τους διαχειριστές και τους άλλους συμμετέχοντες στη διαδικασία της κατασκευής. Τα εργαλεία αυτά έχουν ως διττό σκοπό την καταγραφή των οικονομικών συναλλαγών που λαμβάνουν χώρα καθώς και την παροχή των διαχειριστών μια ένδειξη για την πρόοδο και τα προβλήματα που συνδέονται με το έργο. Τα προβλήματα του ελέγχου του έργου συνοψίζονται εύστοχα σε ένα παλιό ορισμό του έργου *“κάθε συλλογή από αόριστα συναφείς δραστηριότητες που κατά ενενήντα τοις εκατό ολοκληρωμένες, αργά και πάνω από τον προϋπολογισμό”*. Το καθήκον των συστημάτων ελέγχου του έργου είναι να δώσουν έγκαιρα μια ένδειξη για την ύπαρξη και την έκταση των προβλημάτων αυτών.

Ακόμη και μετά την ολοκλήρωση του έργου, τα λογιστικά αποτελέσματα μπορεί να προκαλέσουν σύγχυση. Ως εκ τούτου, οι διαχειριστές πρέπει να γνωρίζουν πώς να ερμηνεύσουν τα λογιστικά στοιχεία για τους σκοπούς της διαχείρισης του έργου. Η διαδικασία ελέγχου ενός έργου έχει σαν κύριο στόχο τον προσδιορισμό αποκλίσεων από το σχέδιο έργου και όχι να προτείνει πιθανούς τομείς για την εξοικονόμηση πόρων.

Το διάστημα κατά το οποίο μεγάλες οικονομίες μπορούν να επιτευχθούν είναι στα στάδια του προγραμματισμού και του σχεδιασμού του έργου. Κατά τη διάρκεια της πραγματικής κατασκευής, οι αλλαγές είναι πιθανόν να καθυστερήσουν το έργο και να οδηγήσουν σε υπέρμετρη αύξηση του κόστους. Ως αποτέλεσμα, το επίκεντρο του ελέγχου του έργου είναι στην εκπλήρωση του αρχικού σχεδιασμού και στον εντοπισμό αποκλίσεων από τα σχέδια αυτά, παρά στην αναζήτηση για σημαντικές βελτιώσεις και την εξοικονόμηση κόστους. Μόνο όταν μια επιχείρηση διάσωσης απαιτείται, θα πρέπει σημαντικές αλλαγές να εφαρμοστούν στο αρχικό σχέδιο της κατασκευής.

Οι δραστηριότητες της διαχείρισης του έργου και διάφορα λειτουργικά προβλήματα του έργου συνδέονται στενά. Παρόλα αυτά οι τεχνικές παρακολούθησης που χρησιμοποιούνται σε ένα έργο, σε πολλές περιπτώσεις, δεν διευκολύνουν την συνολική ή ολοκληρωμένη εξέταση των δραστηριοτήτων και τον προβλημάτων σε αυτό. Για παράδειγμα, οι πληροφορίες χρονοδιαγράμματος και παρακολούθησης του κόστους συνήθως φυλάσσονται χωριστά. Ως αποτέλεσμα, οι ίδιοι διαχειριστές του έργου πρέπει να συνθέσουν μια ολοκληρωμένη εικόνα από τις διάφορες εκθέσεις για το έργο συν τις δικές τους παρατηρήσεις στον τομέα τους. Ειδικότερα, οι διαχειριστές είναι συχνά αναγκασμένοι να συμπεράνουμε τις επιπτώσεις του κόστους των αλλαγών προγράμματος, αντί να παρέχονται με τις βοηθήματα για τη διαδικασία αυτή. Η σύνδεση των διαφόρων τύπων των πληροφοριών που μπορούν να εξυπηρετήσουν μια σειρά χρήσιμων σκοπούς, αν και απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή στη θέσπιση διαδικασιών ελέγχου του έργου.

4.2 Διάσπαση του έργου σε θέσεις κόστους

Ο Καστρινάκης αναφέρει πως ο πετυχημένος χωρισμός του έργου σε θέσεις κόστους παίζει σημαντικότατο ρόλο στη διαδικασία υπολογισμού του πραγματικού κόστους. Θέσεις κόστους έχουμε τις κύριες, τις βοηθητικές, τα γενικά έξοδα του εργοταξίου και το μέρος

των γενικών εξόδων της εργολαβικής επιχείρησης που επιμερίζεται στο υπό κοστολόγηση έργο.

4.2.1 Κυρίες θέσεις κόστους

Κατ' αρχήν ως κύριες θέσεις κόστους λαμβάνουμε τα σημαντικότερα κονδύλια της εργολαβίας. Πολύ συχνά όμως μπορεί να γίνει ανάλυση ενός σημαντικού κονδυλίου σε περισσότερες θέσεις κόστους ή το αντίστροφο, πολλά δευτερεύοντα κονδύλια μπορεί να αποτελέσουν μία θέση κόστους. Η συγχώνευση πολλών κονδυλίων σε μια θέση κόστους γίνεται γιατί πρόκειται για ομοειδή μικροκονδύλια ή γιατί υπάρχουν σοβαρές δυσχέρειες να διασπαστούν οι δαπάνες.

4.2.2 Βοηθητικές θέσεις κόστους

Βοηθητικές θέσεις κόστους χρησιμοποιούνται για κονδύλια τα οποία μπορεί να έχουν κοινές εργασίες πχ μηχανήματα, αδρανή προσωπικό σχετικά με την παραγωγή μπετόν. Επίσης κάθε μηχανήμα χρησιμοποιείται ως βοηθητική θέση κόστους.

4.2.3 Έμμεσο κόστος εργολαβικής επιχείρησης και έμμεσο κόστος έργου και εργοταξίου

Το έμμεσο κόστος εργολαβικής επιχείρησης σε μια χρονική περίοδο (συνήθως 1 έτος), επιμερίζεται στα διάφορα εργοτάξια της ανάλογα με τις πιστοποιήσεις τους (τζίρο), κατά την ίδια χρονική περίοδο. Προσθέτοντας το επιμερισμένο έμμεσο κόστος της εργολαβικής επιχείρησης στο έμμεσο κόστος του έργου και του εργοταξίου έχουμε το συνολικό έμμεσο κόστος κατασκευής, το οποίο δεν πληρώνεται από τον κύριο του έργου ιδιαίτερα, ενώ είναι εντελώς απαραίτητο για να λειτουργήσει το εργοτάξιο. Για να έχουμε συνεπώς αληθινή εικόνα του πραγματικού κόστους κάθε κονδυλίου πρέπει να επιμερίσουμε το συνολικό έμμεσο κόστος κατασκευής σε' αυτά.

Το συνολικό έμμεσο κόστος κατασκευής μιας χρονικής περιόδου (συνήθως 1 έτος), διαιρούμενο δια του συνολικού άμεσου κόστους των κονδυλίων που εκτελέστηκαν κατά την ίδια περίοδο, μας δίνει ένα πρώτο συντελεστή, ενώ διαιρούμενο δια των πιστοποιήσεων (πληρωμών) του συνόλου επίσης των εκτελεσθέντων κονδυλίων της περιόδου μας δίνει ένα δεύτερο συντελεστή.

Ο επιμερισμός του συνολικού έμμεσου κόστους γίνεται προσθέτοντας στο άμεσο κόστος κάθε κονδυλίου, την προσαύξηση που πρόκειται αν πολλαπλασιάσουμε αυτό το κονδύλιο με τον πρώτο ή τον δεύτερο συντελεστή που προαναφέραμε. Αν θέλουμε να βρούμε το πραγματικό κόστος μονάδας κάθε κονδυλίου, διαιρούμε το παραπάνω άθροισμα με τις πραγματικές ποσότητες των εργασιών.

4.2.4 Άλλες διασπάσεις του κόστους

- **Κατά τομείς έργου**

Για να είναι δυνατή η σύγκριση αλλά και για τη δημιουργία άμιλλας μεταξύ των υπευθύνων, ένα μεγάλο έργο μπορεί να διασπαστεί "γεωγραφικά" (πχ διάφορα τμήματα μιας οδού), η "λειτουργικά" (πχ γεφυροποιία – οδοποιία – λοιπά τεχνικά έργα).

- **Κατά κατηγορία δαπάνης**

Εργατικά – Μηχανήματα – Υλικά – Υπεργολαβίες. Με τη συνεχή τήρηση των στοιχείων έχουμε επίσης συνεχή προσαρμογή και βελτίωση των κοστολογικών μας συντελεστών (πχ αυτών που αναφέρονται στις πραγματικές προσαυξήσεις ωρομισθίων λόγω ΙΚΑ, δώρων, ημεραργιών, αποζημιώσεων, απολύσεων, κλπ).

- **Κατά χρονικές περιόδους**

Συνήθως κατά μήνα ή σπανιότερα μπορεί και κατά εβδομάδα. Εφόσον παρακολουθούμε τη μεταβολή του κόστους από τη μια χρονική περίοδο στην άλλη, μπορούμε να εκτιμήσουμε και την αποτελεσματικότητα των διορθωτικών μέτρων που λαμβάνουμε. Επίσης με την παρακολούθηση των καμπύλων κόστους μονάδας ανά κατηγορία δαπάνης (πχ προσωπικού, υλικών, μηχανημάτων), είναι δυνατόν να γίνουν προεκτάσεις στο μέλλον για πιθανή πρόβλεψη της επιρροής του πληθωρισμού.

4.3 Συλλογή και καταχώρηση των κοστολογικών στοιχείων – Εντυπολόγιο

Για την αποδοτική παρακολούθηση του κόστους σε ένα έργο το πρώτο και βασικό εργαλείο είναι η χρήση των κατάλληλων εντύπων συνοπτικά παρουσιάζονται οι βασικότερες κατηγορίες.

- **Εργατικά**

Ο προϊστάμενος κάθε συνεργείου (πχ ο εργοδηγός), καταγράφει κάθε μέρα στην ημερήσια κατάσταση εργαζομένων (έντυπο 1), ποια άτομα απασχολούνται στο συνεργείο του, σε ποιες θέσεις κόστους εργάστηκαν και επί πόσες ώρες.

- **Μηχανήματα**

Ο υπολογισμός του πραγματικού κόστους είναι λεπτή εργασία που μπορεί να μας οδηγήσει σε τροποποιήσεις αποφάσεων (πχ ενοικίαση μηχανημάτων αντί χρήσης ιδιοκτητών, κλπ).

Ο κοστολόγος συμπληρώνει για κάθε μηχανήμα το απογραφικό δελτίο, στο οποίο φαίνονται τα δικαιώματα του ιδιοκτήτη (απόσβεση μηχανήματος και τόκοι ή μίσθωμα), κόστος ελαστικών, ανταλλακτικών και επισκευών (έντυπο 2)

- **Υλικά**

Σημαντική πηγή στοιχείων για τα υλικά που καταναλώθηκαν είναι το μηνιαίο δελτίο εξαγωγής υλικών αποθήκης (έντυπο 3), που συντάσσεται από τον υπεύθυνο αποθήκης.

- **Υπεργολαβίες**

Ο κοστολόγος συμπληρώνει το μηνιαίο φύλλο κόστους υπεργολαβίας στο οποίο φαίνεται: σε ποιες θέσεις κόστους δούλεψε ο κάθε υπεργολάβος, οι ποσότητες κάθε εργασίας που εξετέλεσε, οι αντίστοιχες τιμές μονάδας που έχει συμφωνήσει με τον

ανάδοχο και τελικά το μηνιαίο κόστος κάθε εργασίας ανά θέση κόστους για το μήνα που εξετάζουμε (έντυπο 4).

- Επιμετρήσεις

Ο επιμετρητής κάθε μήνα συντάσσει τις επιμετρήσεις (έντυπο 5), που πρέπει να συνοδεύονται από αναλυτικούς υπολογισμούς και από τα αντίστοιχα επιμετρητικά σχέδια της κατασκευής.

Στο ίδιο έντυπο πρέπει να περιέχεται η κατανομή των τυχόν βοηθητικών εργασιών στις οποίες πρέπει να φαίνεται η περιγραφή, η μονάδα μέτρησης και η ποσότητα κάθε βοηθητικής εργασίας που "καταναλώθηκε" σε κάθε κύρια θέση κόστους.

- Περιγραφή μεθόδων κατασκευής – συνθηκών εκτέλεσης

Ιδιαίτερα σημαντικό είναι το έντυπο 6 στο οποίο πρέπει κάθε μέρα και σε κάθε θέση κόστους να περιγράφονται από τους υπευθύνους των συνεργιών ή ακόμη κι από τον ίδιο τον εργοταξιάρχη οι μέθοδοι κατασκευής (πχ τυπική σύνθεση συνεργείων, μέσες αποστάσεις μεταφοράς κλπ) και οι συνθήκες εκτέλεσης του έργου (πχ εδαφολογικές συνθήκες, απρόοπτα περιστατικά όπως πυρκαγιές θεομηνίες, σεισμοί κλπ), που μπορεί να επηρεάσουν την κατασκευή του έργου.

Με τον τρόπο αυτό αποκτάται μια σαφής εικόνα των πραγματικών συνθηκών της κατασκευής του συγκεκριμένου έργου, πολύτιμη για την αξιολόγηση όλων των στοιχείων που μπορεί να χρησιμοποιήσουμε από αυτό στο μέλλον.

Ακολουθούν μερικά παραδείγματα των εντύπων που αναφέρθηκαν:

ΕΝΤΥΠΟ 1

ΟΝ/ΝΥΜΟ	ΘΕΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ	ΑΠΟ	ΕΩΣ	ΩΡΕΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ		
				ΚΑΝΟΝ.	ΥΠΕΡΩΡ.	ΣΥΝΟΛΟ
	A A B Γ					

ΕΝΤΥΠΟ 2

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ	ΤΥΠΟΣ	ΔΙΚΑΙΩΜΑ ΙΔΙΟΚΤΗΤΗ	ΕΛΑΣΤΙΚΑ	ΑΝΤΑΛΛΑΚΤΙΚΑ	ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ

ΕΝΤΥΠΟ 3

ΗΜ/ΝΙΑ	ΥΛΙΚΑ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΘΕΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ	ΠΟΣΟΤ.	ΘΕΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ	ΠΟΣΟΤ.
1	A B Γ		Θ1 Θ1 Θ1		Θ2	
2	A B		Θ1 Θ1		Θ2	

ΕΝΤΥΠΟ 4

α/α	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΥΠΕΡΓΟΛΑΒΟΥ	ΕΡΓΑΣΙΕΣ	ΘΕΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ	ΕΚΤΕΛΕΣΘΕΙΣΑ ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΜΗΝΙΑΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΘΕΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ
1						
2						

ΕΝΤΥΠΟ 5

α/α	ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	ΘΕΣΕΙΣ ΚΟΣΤΟΥΣ	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
1		ΚΥΡΙΑ Α ΚΥΡΙΑ Β ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ Γ			

ΕΝΤΥΠΟ 6

ΗΜ/ΝΙΑ	ΘΕΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ	ΆΛΛΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
1				
2				
3				
4				

4.4 Μέθοδοι Παρακολούθησης Κόστους

Για τους σκοπούς της διαχείρισης του έργου και τον έλεγχο, δεν αρκεί να εξετάζονται μόνον οι δαπάνες και τα έσοδα που έχουν προκύψει κατά το παρελθόν σε ένα έργο. Καλά διευθυντικά στελέχη θα πρέπει να εστιάσουν την προσοχή τους στα μελλοντικά έσοδα, στο μελλοντικό κόστος και στα τεχνικά προβλήματα. Για το σκοπό αυτό, τα παραδοσιακά συστήματα οικονομικής λογιστικής δεν είναι επαρκή για να αντικατοπτρίσουν τη δυναμική φύση ενός έργου. Οι λογιστές ασχολούνται κυρίως με την καταγραφή τρεχουσών δαπανών και των προηγούμενων δαπανών που σχετίζονται με τις διάφορες δραστηριότητες.

Σε γενικές γραμμές, οι καταβεβλημένες δαπάνες αντιστοιχούν σε μη ανακτήσιμες δαπάνες (sunk costs) που δεν μπορούν να μεταβληθούν στο μέλλον και σε κάποιες περιπτώσεις ίσως να είναι χρήσιμες για το μέλλον. Για παράδειγμα, μετά την ολοκλήρωση ορισμένων δραστηριοτήτων, μπορεί να διαπιστωθεί ότι κάποιο ελάττωμα (κακή ποιότητα ή λάθος στην κατασκευή) καθιστά την δραστηριότητα αυτή άχρηστη.

Δυστυχώς, οι πόροι που δαπανήθηκαν για την ελαττωματική κατασκευή θα είναι γενικά μη ανακτήσιμοι και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν εκ νέου για την κατασκευή (αν και μπορεί να είναι δυνατή η αλλαγή του ποιος χρεώνεται για αυτούς τους πόρους με οικονομικές παρακρατήσεις ή επιβαρύνσεις, οι ιδιοκτήτες συνήθως προσπαθούν να υποχρεώνουν τους κατασκευαστές ή τους μελετητές να χρεωθούν για τις αλλαγές που οφείλονται σε ποιοτικές ατέλειες). Δεδομένου ότι η οικονομικοί λογαριασμοί είναι ιστορικής φύσης, μερικά μέσα πρόβλεψης ή εκτίμησης της μελλοντικής πορείας του έργου είναι απαραίτητα για τον έλεγχο της διαχείρισης. Στην συνέχεια περιγράφονται κάποιες μέθοδοι για τον έλεγχο του κόστους και απλές προβλέψεις κόστους.

Ένα παράδειγμα προβλεπόμενου κόστους που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της κατάστασης του έργου παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί. Σε αυτό το παράδειγμα, τα κόστη χωρίζονται σε πέντε κατηγορίες, που αντιπροσωπεύουν το άθροισμα του συνόλου των διαφόρων λογαριασμών του κόστους που συνδέεται με κάθε κατηγορία:

- Προϋπολογισθέν κόστος (Budgeted Cost)

Το προϋπολογισθέν κόστος προκύπτει από την αναλυτική εκτίμηση του κόστους που έχει γίνει στην αρχή του έργου. Οι παράγοντες του κόστους θα πρέπει να αναφέρονται σε μορφή λογαριασμών και κάποια σχετική περιγραφή.

- Συνολικό Εκτιμώμενο Κόστος (Estimated Total Cost)

Το Συνολικό Εκτιμώμενο Κόστος σε κάθε κατηγορία είναι η ακριβέστερη δυνατή τρέχουσα εκτίμηση του κόστους με βάση την πρόοδο και όποιες τυχόν αλλαγές δεδομένου από τη διαμόρφωση του προϋπολογισμού και μετά. Εκτιμώμενο συνολικό κόστος είναι το άθροισμα του κόστους μέχρι σήμερα και των προβλεπόμενων οικονομικών μελλοντικών υποχρεώσεων. Οι μέθοδοι για τον υπολογισμό του συνολικού κόστους που περιγράφονται παρακάτω.

- Καταβεβλημένο Κόστος και Πρόσθετο Κόστος (Cost Committed and Cost Exposure).

Το Εκτιμώμενο Κόστος για την ολοκλήρωση σε κάθε κατηγορία χωρίζεται σε Καταβεβλημένο Κόστος και το εκτιμώμενο Πρόσθετο κόστος. Το καταβεβλημένο μπορεί να εκφράζει τις παραγγελίες υλικού ή υπεργολαβίες για τις οποίες έχουν ήδη καταβληθεί ή χρεωθεί χρηματικά ποσά από την επιχείρηση.

- Κόστος μέχρι σήμερα (Cost to Date)

Το πραγματικό κόστος μέχρι σήμερα αναφέρεται στη στήλη 6 και μπορεί να προκύψει από την τήρηση οικονομικών αρχείων και τους λογαριασμούς.

- Επιπλέον ή (Λιγότερο) (Over or (Under))

Η τελευταία στήλη του Πίνακα δείχνει το ποσό πάνω ή κάτω από τον προϋπολογισμό για κάθε κατηγορία. Αυτή η στήλη είναι ένας δείκτης του βαθμού απόκλισης από τον προϋπολογισμό του έργου. Υλικά ή εργασίες με ασυνήθιστα μεγάλες υπερβάσεις αποτελούν στοιχεία ιδιαίτερα ανησυχητικά. Πρέπει να σημειωθεί ότι η διακύμανση χρησιμοποιείται στην ορολογία της παρακολούθησης του έργου για να εκφράσει τη διαφορά ανάμεσα στον προϋπολογισμό και τις πραγματικές δαπάνες. Η έκφραση αυτή ορίζεται και χρησιμοποιείται πολύ διαφορετικά στις στατιστικές ή μαθηματική ανάλυση.

Στον πίνακα , το κόστος εργασίας είναι υψηλότερο από το αναμενόμενο, ενώ το κόστος για τις συμβάσεις υπεργολαβίας είναι λιγότερο από το αναμενόμενο.

Παράγοντας	Εργασία	Υλικά	Υπεργολαβίες	Μηχανήματα	Άλλα	Σύνολο
Προϋπολογισμένο	99406	88499	198458	37543	72693	496599
Συνολικό εκτιμώμενο	102342	88499	196323	37543	81432	506139
Καταβεβλημένο	49596	42506	83352	23623	49356	248433
Πρόσθετο	---	45993	97832	---	---	143825
Μέχρι σήμερα	52746	---	15139	13920	32076	113881
Επιπλέον ή (λιγότερο)	-2936	0	2135	0	-8739	

Για τον έλεγχο έργων, οι διαχειριστές πρέπει να δίνουν ιδιαίτερη προσοχή στα στοιχεία που δείχνουν σημαντική απόκλιση από το προϋπολογισμένο κόστος. Ειδικότερα, οι υπερβάσεις του κόστους στην κατηγορία “Εργασία” και στην κατηγορία δαπανών “Άλλα” απαιτούν προσοχή από τον διαχειριστή του έργου στον πίνακα. Το επόμενο βήμα θα ήταν να εξετάσουμε λεπτομερέστερα τις διάφορες συνιστώσες των κατηγοριών αυτών. Οι υπερβάσεις του κόστους μπορεί να οφείλονται σε χαμηλότερη από την αναμενόμενη παραγωγικότητα, υψηλότερες από τις αναμενόμενες δαπάνες για ημερομίσθια, μεγαλύτερο από το αναμενόμενο κόστος υλικών, ή άλλους παράγοντες. Επιπλέον, η χαμηλή παραγωγικότητα μπορεί να προκαλείται από ανεπαρκή εκπαίδευση, την έλλειψη του απαιτούμενων πόρων όπως εξοπλισμός και τα εργαλεία, ή υπέρμετρες ποσότητες επιπλέον εργασίας για να διορθωθούν κάποια προβλήματα ποιότητας.

Επανεξέταση της έκθεσης για την κατάσταση του έργου είναι μόνο το πρώτο βήμα στον έλεγχο του έργου.

Η έκθεση για την κατάσταση του έργου που παρουσιάζεται στον Πίνακα βοηθά στις σαφείς εκτιμήσεις του τελικού κόστους σε κάθε κατηγορία δαπάνης. Οι εκτιμήσεις αυτές χρησιμοποιούνται για να προσδιοριστεί η πραγματική πρόοδος και η παρούσα κατάσταση μιας κατηγορίας δαπανών. Οι εκτιμήσεις μπορούν να γίνουν από απλές γραμμικές προεκτάσεις της παραγωγικότητας ή το κόστος των εργασιών μέχρι σήμερα σε κάθε σημείο του έργου. Οι παρακάτω προβλέψεις αναφέρονται σε συνολικό κόστος,

Cf :

- Αλγεβρικά, μια γραμμική σχέση εκτίμησης είναι γενικά μία από τις δύο μορφές.
 $Cf = Ct/pt (1)$

Όπου Ct είναι το κόστος που έχει υπάρξει μέχρι την στιγμή t και pt είναι το ποσοστό της δραστηριότητας που έχει ολοκληρωθεί μέχρι τη στιγμή t. Για παράδειγμα μια δραστηριότητα η οποία είναι ολοκληρωμένη κατά 50 % με ένα κόστος 40.000€ εκτιμάται να έχει ένα συνολικό κόστος $40.000€/0,5=80.000€$. Πιο ακριβείς μέθοδοι πρόβλεψης κόστους θα ανέλυαν δαπάνες σε διάφορες κατηγορίες, με το συνολικό κόστος του αθροίσματος των προβλεπόμενων δαπανών σε κάθε κατηγορία.

- *Εναλλακτικά, η χρήση του κόστους ανά μονάδα δραστηριότητας – εργασίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη των συνολικών δαπανών. Η βασική μέθοδος για την πρόβλεψη του κόστους από το κόστος ανά μονάδα είναι:*

$$Cf = W ct \text{ (2)}$$

*Cf είναι η πρόβλεψη του συνολικού κόστους, το W είναι το σύνολο των μονάδων εργασίας, και ct είναι το μέσο κόστος ανά μονάδα εργασίας που έχει πραγματοποιηθεί μέχρι την στιγμή t. Εάν το μέσο κόστος ανά μονάδα είναι 50€ ανά μονάδα εργασίας σε μια συγκεκριμένη δραστηριότητα και υπάρχουν συνολικά 1.600 μονάδες εργασίας, τότε το κόστος θα είναι 1.600*50€=80.000€ για την ολοκλήρωσή του.*

- *Το μοναδιαίο κόστος στην εξίσωση (2) μπορεί να αντικατασταθεί με την ωριαία παραγωγικότητα και το μοναδιαίο κόστος ανά ώρα (ή άλλο κατάλληλο χρονικό διάστημα), με αποτέλεσμα την εξίσωση:*

$$Cf = W ht ut \text{ (3)}$$

όπου το κόστος ανά μονάδα εργασίας ct αντικαθίσταται από το χρόνο ανά μονάδα, ht, διαιρούμενο με το κόστος ανά μονάδα του χρόνου, ut.

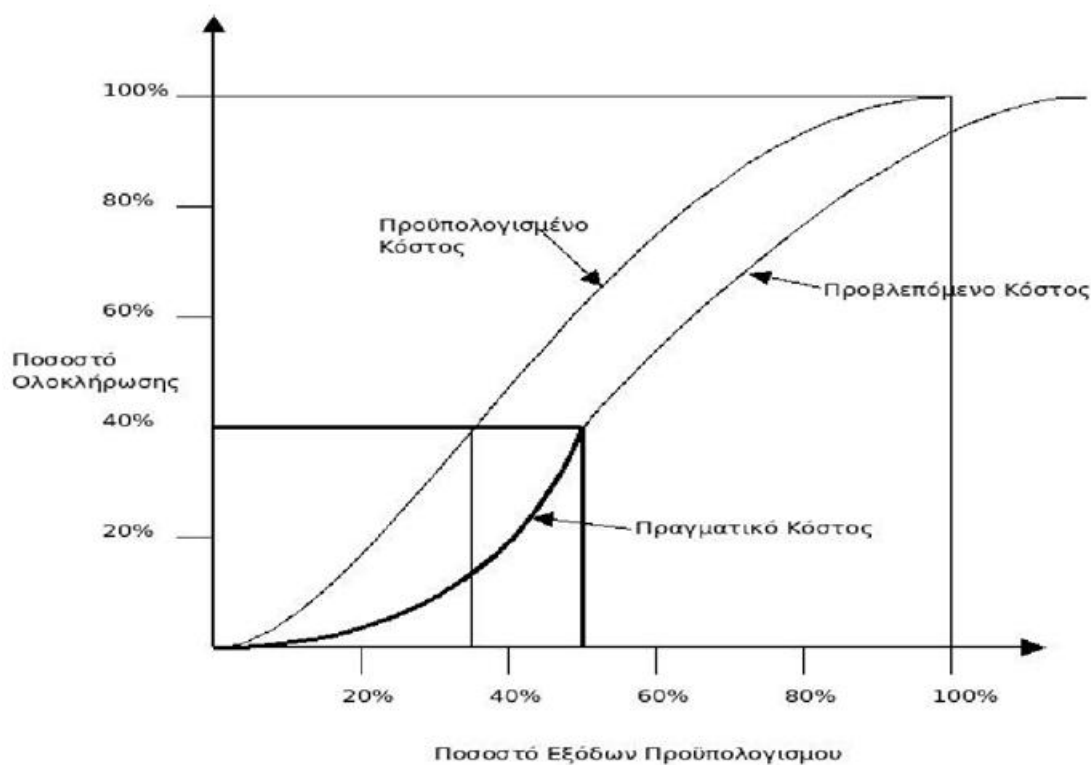
- *Πιο εξεζητημένα συστήματα πρόβλεψης θα μπορούσαν να αναγνωρίσουν ιδιόμορφα προβλήματα που συνδέονται με τις εργασίες για συγκεκριμένα θέματα και να τροποποιήσουν αυτές τις απλές αναλογικές εκτιμήσεις κόστους. Για παράδειγμα, αν η παραγωγικότητα βελτιώνεται καθώς οι εργαζόμενοι και οι μηχανικοί εξοικειωθούν περισσότερο με τις δραστηριότητες του έργου, η εκτίμηση του συνολικού κόστους για ένα αντικείμενο μπορεί να αναθεωρηθεί προς τα κάτω. Στην περίπτωση αυτή, η εξίσωση εκτίμησης θα μπορούσε γίνει:*

$$Cf = Cf + (W-Wt)ct \text{ (4)}$$

*όπου προβλεπόμενο συνολικό κόστος, Cf, είναι το άθροισμα των δαπανών που πραγματοποιήθηκαν μέχρι σήμερα, Ct, καθώς και το κόστος που προκύπτει από την υπόλοιπη εργασία (W - Wt) πολλαπλασιαζόμενη με το αναμενόμενο κόστος ανά μονάδα χρονικής περιόδου για το υπόλοιπο της δραστηριότητας, ct. Ως ένα αριθμητικό παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι το μέσο κόστος ανά μονάδα είναι 50€ ανά μονάδα εργασίας, αλλά κατά την πιο πρόσφατη εικόνα αυτής της εργασίας κατά τη διάρκεια ενός έργου είναι 45€ ανά μονάδα εργασίας. Αν ο διαχειριστής του έργου ήταν βέβαιος ότι η βελτίωση της παραγωγικότητας θα μπορούσε να διατηρηθεί για το υπόλοιπο του έργου (που αποτελείται από 800 μονάδες της εργασίας από τις συνολικά των 1600 μονάδων εργασίας), η εκτίμηση του κόστους θα είναι 50€*800 + 45€ * 800 = 76.000€ για την ολοκλήρωση της δραστηριότητας. Να σημειωθεί ότι η πρόβλεψη αυτή χρησιμοποιεί το πραγματικό μέσο όρο της παραγωγικότητας που επιτυγχάνει την πρώτη 800 μονάδες και οι χρήσεις πρόβλεψη της παραγωγικότητας για το υπόλοιπο έργο. Πραγματικές αλλαγές στην παραγωγικότητα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να εκπροσωπεί αυτό το είδος των μη γραμμικών μεταβολών στην παραγωγικότητα εργασίας για συγκεκριμένες δραστηριότητες κατά την πάροδο του χρόνου.*

Εκτός από τις αλλαγές στην παραγωγικότητα, και άλλα στοιχεία του τύπου υπολογισμού μπορεί να προσαρμοστούν ανάλογα με την περίπτωση ή να αντικατασταθούν από περισσότερο λεπτομερείς εκτιμήσεις. Για παράδειγμα, η μεταβολή των τιμών ανά μονάδα λόγω των νέων εργασιακών συμβάσεων ή αλλαγές στις τιμές κάποιου προμηθευτή υλικών που οι οποίες θα μπορούσαν να εκφράζονται στην εκτίμηση μελλοντικών δαπανών. Όπως είναι φυσικό ο αριθμός και η έκταση των αβεβαιοτήτων ελαττώνεται καθώς προχωρά το στάδιο του έργου. Η μόνη εξαίρεση στον κανόνα αυτό είναι ο κίνδυνος των ποιοτικών προβλημάτων στις ολοκληρωμένες εργασίες που θα απαιτήσουν κάποιες διορθωτικές εργασίες ή ακόμα και την εκ νέου κατασκευή.

Κάθε μία από τις μεθόδους εκτίμησης και παρακολούθησης του κόστους που περιγράφεται παραπάνω απαιτεί πληροφορίες για την παρούσα κατάσταση της ολοκλήρωσης εργασίας για συγκεκριμένες δραστηριότητες. Υπάρχουν πολλές μέθοδοι βάση των οποίων μπορεί να εκτιμηθεί η κατάσταση αυτή.



Απεικόνιση Ποσοστού Ολοκλήρωσης και Κόστους μιας Δραστηριότητας

Ολοκληρωμένες Μονάδες Εργασίας (Units of Work Completed)

Για εύκολα μετρούμενες ποσότητες το πραγματικό ποσοστό των ολοκληρωμένων εργασιών μπορεί να μετρηθεί. Για παράδειγμα, το μήκος των σωληνώσεων που έχουν εγκατασταθεί μπορεί να συγκριθεί με το απαιτούμενο ποσό των σωληνώσεων για την εκτίμηση του ποσοστού των εργασιών σωληνώσεων που έχουν ολοκληρωθεί.

Στοιχειώδη Ορόσημα (Incremental Milestones)

Συγκεκριμένες δραστηριότητες μπορούν να υποδιαιρεθούν σε μικρότερες ή να αποσυντεθούν σε μία σειρά βασικών στόχων, και τα κύρια σημεία μπορούν να χρησιμοποιούνται για να δηλώσουν το ποσοστό της ολοκληρωμένης εργασίας πλήρους βάσει των ιστορικών μέσων όρων. Για παράδειγμα, η εργασία που απαιτείται για την εγκατάσταση σωληνώσεων μπορεί να διαιρεθεί σε τέσσερα στάδια: Τοποθέτηση σωλήνων στη θέση τους (το 20% των εργασιών και το 20% του συνόλου των εργασιών, συγκόλληση άκρων (40% των εργασιών και το 60% του συνόλου των εργασιών), διαμόρφωση άκρων (τέλους σωλήνα) (το 30% των εργασιών και το 90% του συνόλου των εργασιών), έλεγχος (10% των εργασιών και το 100% του συνόλου των εργασιών). Έτσι, μια εργασία σωληνώσεων στην οποία έχουν συγκολληθεί τα άκρα θα δηλώνεται ως 60% πλήρης.

Γνωμοδότηση (Opinion)

Υποκειμενικές κρίσεις του ολοκληρωμένου ποσοστού εργασιών μπορεί να εκφράζονται από τους επιβλέποντες των συγκεκριμένων εργασιών ή γενικά του έργου. Σαφώς, αυτή η τεχνική εκτίμησης μπορεί να επηρεάζεται από αισιοδοξία, απαισιοδοξία ή ανακριβείς παρατηρήσεις. Έμπειροι και ικανοί εκτιμητές αλλά και επαρκείς επιτόπιες παρατηρήσεις απαιτούνται για να επιτευχθεί επαρκής ακρίβεια, με αυτή τη μέθοδο.

Λόγος Κόστους (Cost Ratio)

Το πραγματικό κόστος μέχρι την συγκεκριμένη ημερομηνία μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της προόδου εργασιών. Για παράδειγμα, εάν μια δραστηριότητα - εργασία που έχει εκτιμηθεί στον προϋπολογισμό με κόστος 20.000€ και το κόστος μέχρι μια συγκεκριμένη ημερομηνία ήταν 10.000€, τότε το εκτιμώμενο ποσοστό ολοκλήρωσης με τη μέθοδο του λόγου κόστους θα είναι $10.000 / 20000 = 0,5$ ή 50%. Η μέθοδος αυτή δεν παρέχει ανεξάρτητη ενημέρωση σχετικά με το πραγματικό ποσοστό ολοκληρωμένων εργασιών ή τυχόν λάθη στον προϋπολογισμό δραστηριότητας καθώς το προβλεπόμενο κόστος θα είναι πάντα το ποσό που εγγράφεται στον προϋπολογισμό. Ως εκ τούτου, οι διαχειριστές πρέπει να χρησιμοποιούν το εκτιμώμενο κόστος για την ολοκλήρωση μιας δραστηριότητας που προέρχεται από τη μέθοδο λόγου κόστους με εξαιρετική προσοχή.

Συστηματική εφαρμογή αυτών των διαφορετικών μεθόδων υπολογισμού για τις διάφορες δραστηριότητες του σχεδίου δίνει τη δυνατότητα υπολογισμού του ποσοστού ολοκλήρωσης ή εκτιμήσεις της παραγωγικότητας.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, αυτοματοποιημένη λήψη δεδομένων για τις ολοκληρωμένες εργασίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν. Για παράδειγμα, αναμεταδότες μπορεί να μετακινούνται προς τα νέα όρια των εργασιών κάθε ημέρας έτσι ώστε οι νέες θέσεις υπολογίζονται αυτόματα και συγκρίνονται με τα σχέδια του έργου. Αυτές οι μετρήσεις της πραγματικής προόδου θα πρέπει να αποθηκεύονται σε κεντρική βάση δεδομένων και στη συνέχεια υφίστανται επεξεργασία για την επικαιροποίηση του χρονοδιαγράμματος του έργου.

4.5 Αυτοματοποιημένες Μέθοδοι Παρακολούθησης Κόστους

Αρκετές κατασκευαστικές εταιρείες έχουν αρχίσει την εκμετάλλευση της χρήσης των ψηφιακών εικόνων για την υποστήριξη της οπτικής επιθεώρησης, ελέγχου προόδου ενός έργου. Τακτικά εικόνες που έχουν ληφθεί στο εργοτάξιο χρησιμοποιούνται για την εξέταση της προόδου των εργασιών, ελαχιστοποιώντας την ανάγκη για την επίσκεψη του χώρου. Η κύρια χρήση της ψηφιακής απεικόνισης, ωστόσο, μέχρι στιγμής περιορίζεται μόνο στην υποστήριξη του έργου της οπτικής επιθεώρησης με τους διαχειριστές του έργου να πρέπει να εξετάζουν τις εικόνες αυτές για να αποκτήσουν μία εικόνα για την πρόοδο των εργασιών.

Η υπολογιστική όραση (computer vision) είναι η τεχνολογία που ασχολείται με το να παρέχει στους υπολογιστές λειτουργίες παρόμοιες με την ανθρώπινη όραση και που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην απεικόνιση τρισδιάστατων αντικειμένων από δισδιάστατες εικόνες, και παρέχει την ευκαιρία για αυτοματοποιημένη ανάλυση των ληφθέντων εικόνων και μέτρησης του εξελισσόμενου έργου. Ένα παράδειγμα μεθόδου αυτοματοποιημένης παρακολούθησης κόστους είναι το IBIS (Integrated Building Information System).

4.5.1 Υπολογιστική Όραση (Computer Vision)

Η υπολογιστική όραση ασχολείται με τη μοντελοποίηση και προσομοίωση της ανθρώπινης όρασης, με τη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών (software και hardware). Πρόκειται για έναν ταχέως εξελισσόμενη τεχνολογία που μελετά πώς να συνθέσει, να ερμηνεύσει και να κατανοήσει μια τρισδιάστατη εικόνα από δισδιάστατες εικόνες.

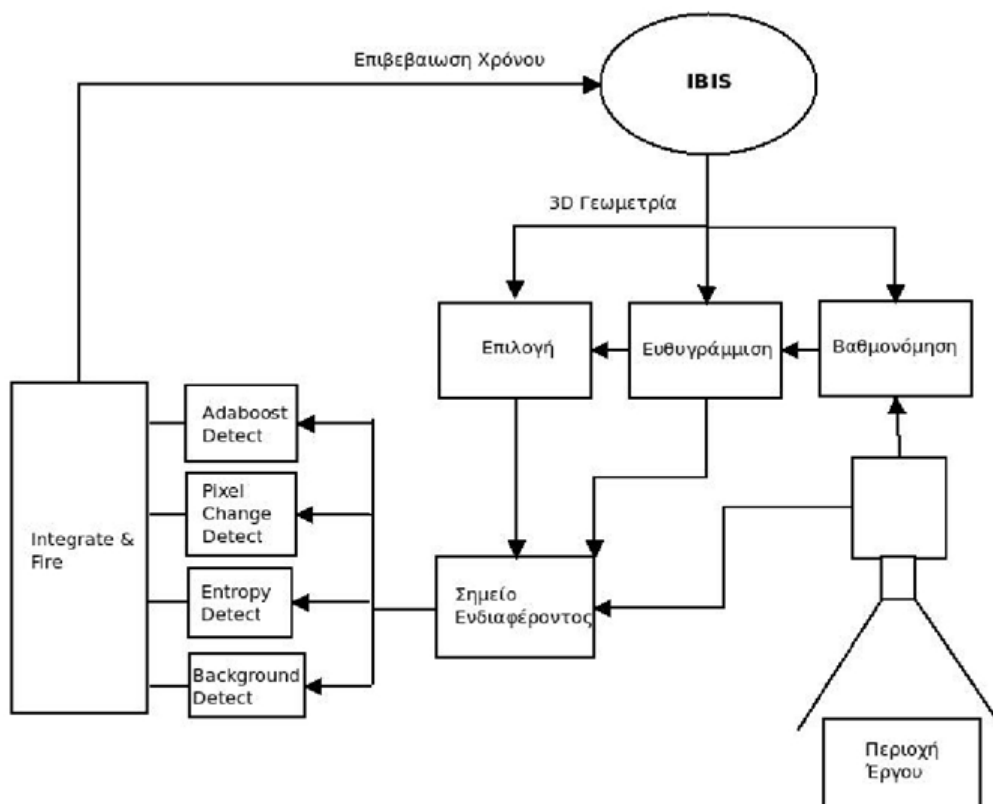
Οι τυπικές λειτουργίες των συστημάτων υπολογιστικής όρασης είναι οι εξής:

- Αναγνώριση: να προσδιοριστεί αν τα δεδομένα των εικόνων περιέχουν ορισμένα συγκεκριμένα αντικείμενα, χαρακτηριστικά ή δραστηριότητες.
- Κίνηση: εκτίμηση της ταχύτητας, είτε σε κάθε σημείο της εικόνας ή στην τρισδιάστατη απεικόνιση.
- Σύνθεση εικόνας: η δημιουργία ενός τρισδιάστατου μοντέλου της τοποθεσίας.
- Διόρθωση εικόνας: η αφαίρεση του θορύβου (θόρυβος αισθητήρα, θαμπάδα κίνησης, κλπ.) από τις εικόνες.

4.5.2 Παρακολούθηση Προόδου

Αν και η εφαρμογή της υπολογιστικής όρασης μπορεί να περιοριστεί σε ορισμένα στάδια της κατασκευής, όταν η πρόοδος της κατασκευής είναι πιο εμφανής οπτικά (πχ. ανάπτυξη της ανωδομής) και ενώ μπορεί να μην είναι δυνατή η πλήρης αυτοματοποίηση της μέτρησης της προόδου των εργασιών στο έργο (πχ. Ορισμένες δραστηριότητες θα μπορούσε είναι πάρα πολύ πολύπλοκες για να αναλυθούν ή δεν σχετίζονται άμεσα με την κατασκευή των επιμέρους δομικών στοιχείων), η χρήση της υπολογιστικής όρασης παρέχει την ευκαιρία για την υποβοήθηση των διαδικασιών της διαχείρισης του έργου σε κάποιο βαθμό. Για παράδειγμα, ένα σύστημα υπολογιστικής όρασης που παρακολουθεί συνεχώς την πρόοδο της κατασκευής θα μπορούσε να λειτουργεί ως σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης της καθυστέρησης των κατασκευών. Επιπλέον, η μέτρηση των εργασιών

που βρίσκονται σε εξέλιξη και ο υπολογισμός των ενδιάμεσων πληρωμών μπορεί να είναι ήμι-αυτόματος αυξάνοντας την αποτελεσματικότητα των διαδικασιών αυτών.



Διαδικασία Υπολογιστικής Όρασης του Συστήματος IBIS

4.6 Συμπεράσματα

4.6.1 Παρακολούθηση κόστους

Για την σωστή και ακριβή παρακολούθηση του κόστους ενός τεχνικού έργου είναι αναγκαία η καταγραφή των ολοκληρωμένων εργασιών, της ποσότητας τους αλλά και του κόστους τους μέχρι την δεδομένη χρονική στιγμή. Ο Καστρινάκης προτείνει ότι πρωταρχική ανάγκη είναι ο σωστός και λειτουργικός διαχωρισμός του έργου σε θέσεις κόστους, κύριες, βοηθητικές αλλά και ο προσδιορισμός του έμμεσου κόστους των έργων. Αυτό απαιτεί την σωστή κατάρτιση των υπεύθυνων και την εμπειρία σε θέματα παρακολούθησης κόστους μιας και διάφορες διασπάσεις, όπως σε τομείς έργου λειτουργικούς είτε γεωγραφικούς, σε κατηγορίες δαπανών (εργατικών, υλικών, υπεργολαβιών) μπορεί να εξυπηρετούν την ορθότερη παρακολούθηση του κόστους ενός έργου.

Σε κάθε περίπτωση η χρήση των κατάλληλων εντύπων, των οποίων η σωστή επιλογή είναι πολύ μεγάλης σημασίας. Στο σημείο αυτό φαίνεται η σπουδαιότητα της σωστής οργάνωσης του έργου σε θέσεις κόστους αλλά και η αναγκαιότητα της σωστής μηχανογραφικής οργάνωσης τους εργοταξίου.

Οι μέθοδοι που έχουν παρουσιαστεί είναι:

- Ολοκληρωμένες Μονάδες Εργασίας (Units of Work Completed)
- Στοιχειώδη Ορόσημα (Incremental Milestones)

- Γνωμοδότηση (Opinion)
- Λόγος Κόστους (Cost Ratio)

Για την παρακολούθηση του κόστους των εργασιών σε τεχνικά έργα χρησιμοποιούμενες η καθεμία σε κατάλληλες εργασίες μπορούν να δώσουν στους μηχανικούς εικόνα για το στάδιο στο οποίο βρίσκεται κάθε εργασία.

Τα υπάρχοντα προγράμματα λογισμικού, όπως ERGO και ROES της εταιρείας 4M, βοηθούν κατά πολύ στους σκοπού αυτούς, της οργάνωσης των εντύπων και του εργοταξίου, αφού εκτός του ότι παρέχουν τα σχετικά έντυπα για την καταγραφή του κόστους σε διάφορες θέσεις του εργοταξίου, ταξινομούν και οργανώνουν τα δεδομένα αναλυτικά σε κατηγορίες κόστους (εργασίες, συνεργεία, υλικά, ΙΚΑ κλπ).

Πρέπει να αναφέρουμε, πως παρά το γεγονός ότι οι παραδοσιακές μέθοδοι παρακολούθησης των ολοκληρωμένων εργασιών και χρησιμοποιούμενων υλικών από τους εργαζόμενους στο εργοτάξιο αποτελούν με διαφορά τον πλέον συνηθισμένο τρόπο παρακολούθησης του κόστους ενός έργου δεν είναι η μοναδική λύση σήμερα. Έχουν ερευνηθεί αυτοματοποιημένες μέθοδοι παρακολούθησης της προόδου των εργασιών σε κατασκευές με τεχνολογίες υπολογιστικής όρασης, όπως το Intergrated Building Information System (IBIS) των [Zhang et al 2008] που παρουσιάζεται στο δεύτερο κεφάλαιο. Η δυνατότητα της λήψης εικόνων από την πρόοδο των κατασκευών, οι οποίες στη συνέχεια επεξεργάζονται από προγράμματα λογισμικού, σε πολύ τακτά χρονικά διαστήματα και χωρίς την απαίτηση εποπτείας από ανθρώπινο δυναμικό βοηθά στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Αν και πλήρης αυτοματοποίηση της παρακολούθησης των ολοκληρωμένων εργασιών είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθεί η χρήση ήμι-αυτοματοποιημένων μεθόδων μπορεί να βοηθήσει σημαντικά τους μηχανικούς να έχουν μια πιο ακριβή εικόνα του κόστους των έργων σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές και ανά πιο τακτά χρονικά διαστήματα.

Συνοπτικός πίνακας παρουσίασης πλεονεκτημάτων μεθόδων παρακολούθησης κόστους

	Παραδοσιακή	Αυτοματοποιημένη	Ημι-αυτοματοποιημένη
Τακτές χρονικά αναφορές		✓	✓
Ταχύτητα και αποτελεσματικότητα στη λήψη δεδομένων		✓	✓
Δυνατότητα παρακολούθησης όλων των εργασιών	✓		✓
Εκμετάλλευση εμπειρίας και κρίσης μηχανικού	✓		✓
Ταχύτητα στην επεξεργασία δεδομένων και παροχή αποτελεσμάτων		✓	✓

4.6.2 Έλεγχος Κόστους

Οι παραπάνω αναφερόμενες μέθοδοι καταγραφής και παρακολούθησης του κόστους ενός τεχνικού έργου μέχρι ενός χρονικού σημείου είναι εξαιρετικής σημασίας για τον έλεγχο τους κόστους έργων. Όμως ουσιαστικά αποτελούν μόνο το πρώτο στάδιο για αυτήν, αφού η σωστή αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των καταγραφών του κόστους είναι εξίσου σημαντική.

Ο κοστολόγος καλείται να επεξεργαστεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τα στοιχεία που του παρέχονται χρησιμοποιώντας της καταλληλότερες τεχνικές για την επεξεργασία τους και την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την πρόοδο της κατασκευής και το προβλεπόμενο κόστος της με βάση τα δεδομένα που προκύπτουν από την καταμέτρηση της προόδου του έργου.

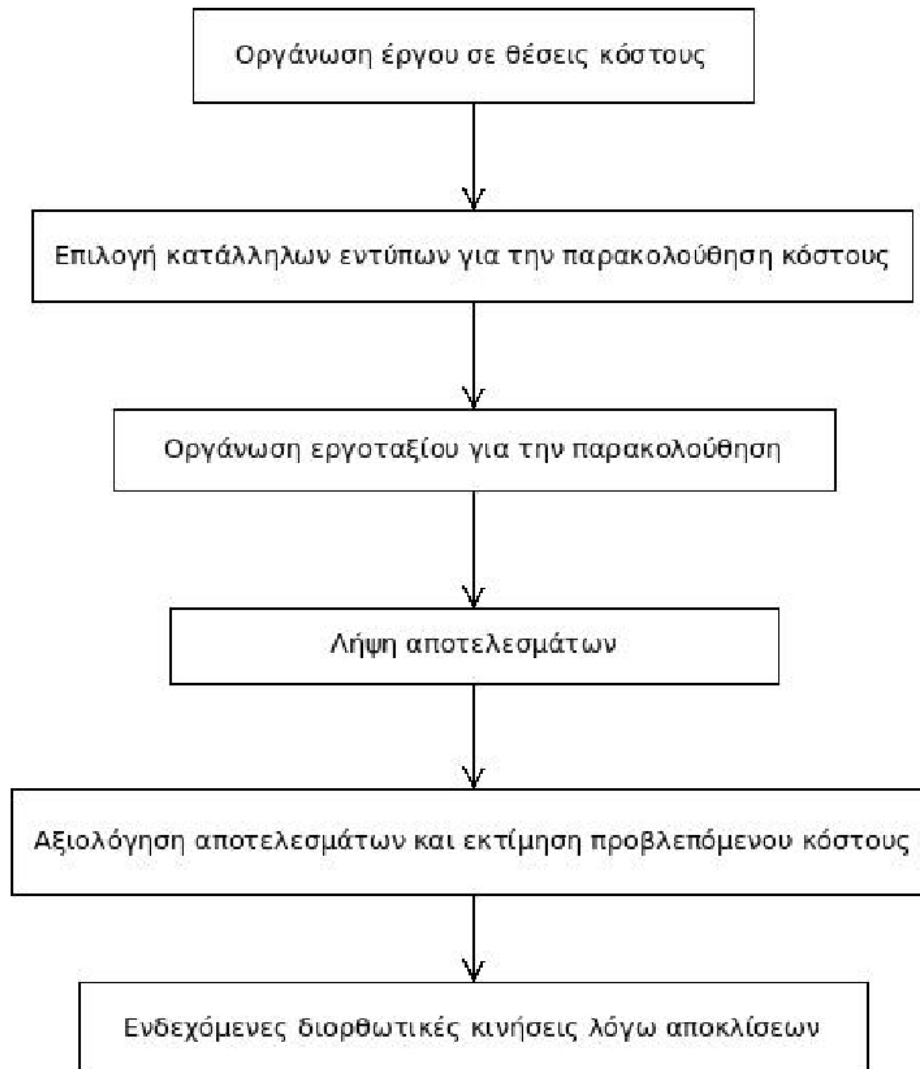
Οι περισσότερες και συνηθέστερες μέθοδοι επεξεργασίας των στοιχείων που προκύπτουν από την καταγραφή της προόδου των εργασιών και του κόστους τους μέχρι κάποιο χρονικό σημείο είναι παραδοσιακές και απλά αλγεβρικές μέθοδοι. Αυτές υπολογίζουν το προβλεπόμενο κόστος της κατασκευής ανά πάσα στιγμή με βάση το πραγματικό κόστος μέχρι την συγκεκριμένη στιγμή. Επίσης συγκρίνουν το προϋπολογισθέν κόστος μέχρι την παρούσα χρονική στιγμή με το καταβεβλημένο κόστος και υπολογίζουν την διαφορά τους. Αυτές οι συγκρίσεις θεωρούνται πολύ σημαντικές αφού ενημερώνουν τους διαχειριστές του έργου για την ομαλή ή όχι πρόοδο των εργασιών, αλλά και του κόστους βοηθώντας τους να εντοπίσουν πιθανά προβλήματα και ανωμαλίες και σε ποία μέρη του έργου αυτά παρουσιάζονται. Οι συνηθέστερες αλγεβρικές προσεγγίσεις για την εκτίμηση του συνολικού κόστους με βάση το καταβεβλημένο κόστος σε κάποια χρονική στιγμή χρησιμοποιούν:

- **Γραμμική προέκταση κόστους**
- **Κόστος ανά μονάδα εργασίας**
- **Παραγωγικότητα και ωριαίο κόστος**

Αυτές οι παραδοσιακές μέθοδοι ελέγχου του πραγματικού και εκτίμησης του προβλεπόμενου κόστους απαιτούν σημαντική εμπειρία αλλά και κριτική ικανότητα των διαχειριστών του έργου οι οποίοι θα πρέπει εκτός του να επιλέξουν ανάλογα με την περίπτωση τις κατάλληλες μεθόδους αλλά και να λάβουν υπόψιν συνθήκες και ιδιομορφίες χρονικές γεωγραφικές κλπ των διαφορετικών μερών ενός τεχνικού έργου. Παρά την δημοφιλία ακόμα και σήμερα των απλούστερων και πιο παραδοσιακών μεθόδων που αναφέρθηκαν, έχουν αναπτυχθεί σύγχρονες μέθοδοι για τον υπολογισμό και την εκτίμηση της οικονομικής ροής τεχνικών έργων σε τακτά χρονικά διαστήματα.

Οι περισσότερες εκ των οποίων χρησιμοποιούν καμπύλες μορφής S για την πρόβλεψη των οικονομικών ροών στα τεχνικά έργα, οι οποίες βασίζονται σε στοιχεία από έργα του παρελθόντος και συνήθως διαμορφώνονται με πολυώνυμα 3ου 4ου ή και 5^{ου} βαθμού.

Στις σύγχρονες μεθόδους τεχνητής νοημοσύνης που αυτές χρησιμοποιούν και ενσωματώνουν περιλαμβάνονται οι γενετικοί αλγόριθμοι (genetic algorithms), ασαφής λογική (fuzzy logic), και τα νευρωνικά δίκτυα (neural networks), όπως το Evolutionary fuzzy neural inference model (EFNIM).



Στάδια παρακολούθησης και ελέγχου κόστους σε τεχνικά έργα.

Κεφάλαιο 5

Λογισμικό Κόστους Τεχνικών Έργων

Για την ακριβέστερη και ταχύτερη προκοστολόγηση και παρακολούθηση του κόστους των τεχνικών έργων η χρήση προγραμμάτων Ηλεκτρονικού Υπολογιστή είναι σχεδόν απαραίτητη. Αυτά τα προγράμματα μπορεί να είναι είτε μικρότερα προγράμματα τα οποία είναι γραμμένα σε κάποιο λογιστικό φύλλο, πχ Microsoft Excel, OpenOffice Calc, από τους ίδιους τους υπεύθυνους ενός έργου, είτε ολοκληρωμένα ανεξάρτητα εμπορικά προγράμματα λογισμικού.

Στην Ελληνική αγορά είναι διαθέσιμα διάφορα προγράμματα λογισμικού όπως για παράδειγμα το πακέτο ERGA από την εταιρεία 4M, CostOS και On-Screen TakeOff από την Nomitech, MyManager Τεχνικό από την Qualisys Software, και το autocost το οποίο διατίθεται δωρεάν από την ιστοσελίδα www.treesoft.gr.

5.1 Πακέτο διαχείρισης Έργων ERGA από την εταιρεία 4M

Ένα από τα διαθέσιμα προγράμματα σχετικά με τη διαχείριση κόστους τεχνικών έργων, την προκοστολόγηση, και την παρακολούθηση του κόστους δημοσίων αλλά και ιδιωτικών έργων είναι το Πακέτο Διαχείρισης Έργων ERGA της εταιρείας 4M. Περιλαμβάνει, εκτός των άλλων, λογισμικό σχετικό με την διαχείριση του κόστους δημοσίων έργων (πρόγραμμα ΤΕΥΧΗ προκοστολόγησης και πρόγραμμα ERGO παρακολούθησης κόστους. Επίσης περιλαμβάνει το πρόγραμμα ROES για την οικονομική παρακολούθηση ιδιωτικών έργων. Ακολουθεί μια σύντομη παρουσίαση των τριων αυτών προγραμμάτων, των δυνατοτήτων τους και των λειτουργιών τους.

5.2 ΤΕΥΧΗ

Γενικά

Το πρόγραμμα ΤΕΥΧΗ καλύπτει την προκοστολόγηση οποιουδήποτε έργου και παράγει το σύνολο των απαιτούμενων Τευχών Δημοπράτησης (Προμέτρηση, Αναλυτικό Τιμολόγιο, Τιμολόγιο Μελέτης, Κοστολόγηση-Προϋπολογισμό, Βασικές Τιμές). Συνοδεύεται με όλα τα αρχεία επίσημων άρθρων αλλά και χιλιάδες νέα άρθρα, καθώς επίσης και από τις πρόσφατες επίσημες τιμαριθμικές, οι οποίες ενημερώνονται ανά τρίμηνο από την 4M. Η εφαρμογή κυκλοφορεί για μεμονωμένους χρήστες ή για δίκτυο (client-server). Είναι αναπτυγμένη σε περιβάλλον windows και είναι δυνατό να εγκατασταθεί σε όσους υπολογιστές έχουν Windows 2000 ή Windows XP.

5.3 ERGO

Γενικά

Το πρόγραμμα ERGO καλύπτει τις ανάγκες παρακολούθησης Δημόσιων Έργων από τη δημοπράτηση μέχρι την περάτωσή τους, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία. Το ERGO παρέχει άμεση παρακολούθηση των δαπανών και πληρωμών, εποπτεία στην έκδοση Λογαριασμών με εύκολη και γρήγορη καταχώρηση κινήσεων των υλικών και των

απολογιστικών εργασιών. Ευελιξία στην κατάρτιση και στην δήλωση έγκρισης Ανακεφαλαιωτικών πινάκων, Αναθεωρητικών Λογαριασμών, Π.Π.Α.Ε. κλπ. Επίσης παρέχει ολοκληρωμένη διαχείριση των τιμών των συντελεστών αναθεώρησης εργασιών και υλικών, που ενημερώνονται ανά τρίμηνο από την 4Μ και πλήρη εικόνα της πορείας των εργασιών και της κίνησης των υλικών με πίνακες και διαγράμματα.

5.4 ROES

Γενικά

Το πρόγραμμα ROES είναι ένα Ολοκληρωμένο Πρόγραμμα Οικονομικής Παρακολούθησης Έργων. Οι ROES αναπτύχθηκαν για να καλύπτουν εύκολα και αποτελεσματικά όλες τις ανάγκες Οικονομικής Παρακολούθησης οποιουδήποτε έργου, με μοναδική προϋπόθεση την απλή καταχώρηση των πραγματοποιούμενων κινήσεων (εισπράξεις, πληρωμές κλπ). Πέρα από πολλές χρήσιμες δυνατότητες για πλήρη και λεπτομερή οικονομική παρακολούθηση, οι ROES αυτοματοποιούν ορισμένες διαδικασίες που είναι απαραίτητες σε κάθε έργο, αλλά που απαιτούν χρόνο και προσπάθεια, όπως είναι για παράδειγμα τα έντυπα για το Ελάχιστο Κόστος (ΕΚΚΟ) και το ΙΚΑ (Καταστάσεις).

Παρουσίαση και σύγκριση λογισμικών

	ΤΕΥΧΗ	ERGO	ROES
Λειτουργία προγράμματος	Προκοστολόγηση	Παρακολούθηση κόστους	Παρακολούθηση κόστους
Απαιτούμενα στοιχεία	Προμετρήσεις	Επιμετρήσεις	Καταχώρηση εσόδων/εξόδων
Διευκολύνσεις με νομοθεσία δημοσίων έργων	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ
Ενσωμάτωση βιβλιοθήκης στοιχείων	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ

Κεφάλαιο 6

6.1 Έρευνα

Αφού έχουμε εξετάσει διεθνή βιβλιογραφία, θα προσπαθήσουμε σύμφωνα με τα συμπεράσματα και τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει να ερευνήσουμε τι συμβαίνει στην ελληνική πραγματικότητα σχετικά με θέματα, μεθόδους και προβλήματα εκτίμησης κόστους τεχνικών έργων αλλά και σχετικά με την παρακολούθηση και των έλεγχου του κόστους των έργων. Στόχος είναι βάση του ερωτηματολογίου, να δοθεί μια σαφής εικόνα της κατάστασης και των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι Έλληνες μηχανικοί.

Ερωτηματολόγιο

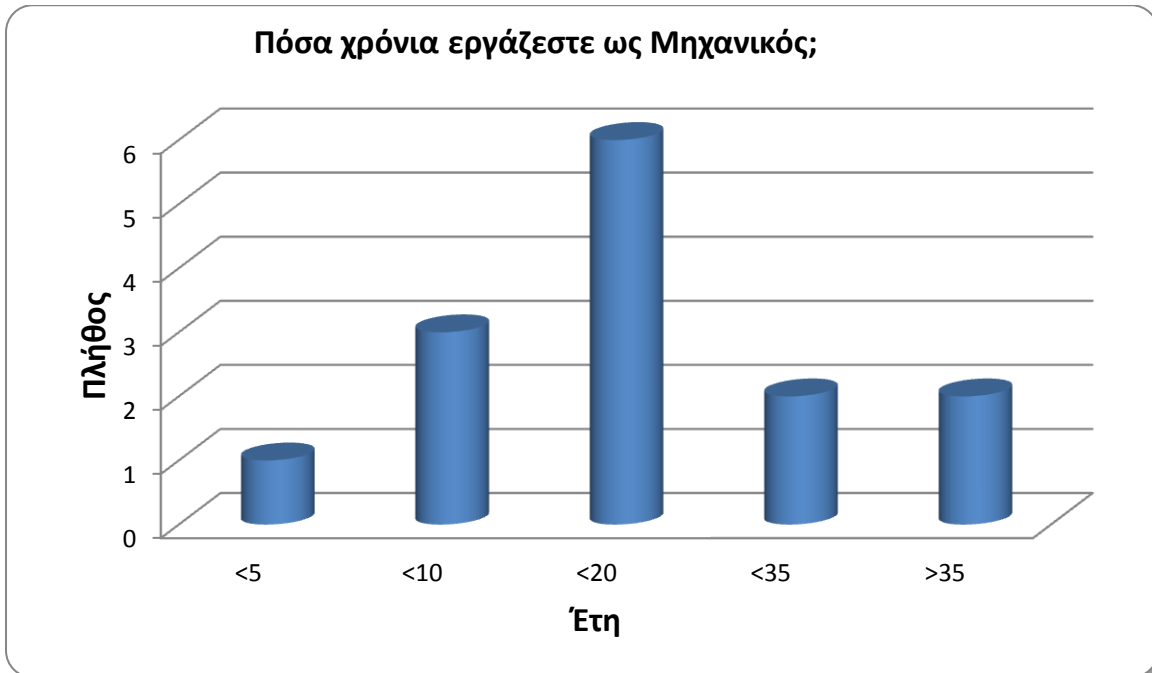
- Πόσα χρόνια εργάζεστε ως Μηχανικός (<5, <10, <20, <35, περισσότερα από 35)
- Πόσο απασχολείστε με την κοστολόγηση έργου, στην παρούσα εργασία σας; (κλίμακα 1-10):.....
- Πόσα χρόνια θεωρείτε ότι έχετε ασχοληθεί με θέματα κοστολόγησης τεχνικών έργων; (1-5 χρόνια, 5-10 χρόνια, >10 χρόνια)
- Ποια είναι η σπουδαιότητα της σωστής κοστολόγησης ενός τεχνικού έργου; (κλίμακα 1-10):.....
- Πόσο μεγάλη βαρύτητα δίνετε στη διαδικασία σωστής κοστολόγησης των έργων που αναλαμβάνετε; (κλίμακα 1-10):.....
- Ποιες μεθόδους χρησιμοποιείτε για την κοστολόγηση των τεχνικών έργων που αναλαμβάνετε; ιδιωτικών και δημοσίων;
 - Ιδιωτικά : κλασσική προμετρητική ή πιο σύγχρονη (όνομα :.....)
 - Δημόσια : κλασσική προμετρητική ή πιο σύγχρονη (όνομα :.....)
- Χρησιμοποιείτε λογισμικό σχετικό με την κοστολόγηση των έργων;
 - Ιδιωτικά : εμπορικό λογισμικό (όνομα:.....), ιδιωτικό/προσωπικό λογισμικό, προσωπικά λογιστικά φύλλα, καθόλου λογισμικό
 - Δημόσια : εμπορικό λογισμικό (όνομα:.....), ιδιωτικό/προσωπικό λογισμικό, προσωπικά λογιστικά φύλλα, καθόλου λογισμικό
- Πόσο σημαντική είναι η εμπειρία ενός μηχανικού για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της κοστολόγησης ενός έργου, ιδιωτικού και δημοσίου; (κλίμακα 1-10):....
- Μετά την λήψη των αποτελεσμάτων σχετικά με την κοστολόγηση ενός τεχνικού έργου, πόσο μεγάλες είναι οι αλλαγές που κάνετε; (κλίμακα 1-10):.....(σημ.10=μεγαλύτερες αλλαγές)
- Πόσο συχνά μετά το πέρας του έργου, για τις ίδιες εργασίες, παρατηρείται υπέρβαση του ποσού της κοστολόγησης; (πολύ συχνά – συχνά - σπάνια)

- Πόσο συχνά το τελικό κόστος είναι μικρότερο από την κοστολόγηση; (πολύ συχνά – συχνά - σπάνια)
- Ποιός κατά την γνώμη σας θα πρέπει να αναλαμβάνει το επιπλέον κόστος σε περίπτωση υπέρβασης της κοστολόγησης; (ο Κύριος του έργου, ο εργολάβος)
- Πώς αξιολογείτε τα εμπορικά προγράμματα λογισμικού που χρησιμοποιείτε σχετικά με την κοστολόγηση των δημόσιων τεχνικών έργων και πώς για την προκοστολόγηση των ιδιωτικών;
 - Ιδιωτικά (κλίμακα 1-10):.....
 - Δημόσια (κλίμακα 1-10):.....
- Σημειώστε επιγραμματικά κυριότερες αδυναμίες τους
.....
.....
- Θα ενδιαφερόσαστε για την εκμάθηση και τη χρήση λογισμικού με χρήση πιο σύγχρονων μεθόδων εκτίμησης κόστους; (ΝΑΙ/ΟΧΙ)
- Ποια είναι η σπουδαιότητα της σωστής παρακολούθησης του κόστους ενός τεχνικού έργου; (κλίμακα 1-10):....
- Πόσο μεγάλη βαρύτητα δίνετε στη διαδικασία σωστής παρακολούθησης κόστους των έργων που αναλαμβάνετε; (κλίμακα 1-10):....
- Χρησιμοποιείτε έντυπα για την καταγραφή της προόδου των εργασιών και του κόστους; Ανά ποια χρονικά διαστήματα συμπληρώνονται;
 - Ιδιωτικά : (ΝΑΙ/ΟΧΙ) , χρονικό διάστημα :.....
 - Δημόσια (ΝΑΙ/ΟΧΙ), χρονικό διάστημα :.....
- Πως επεξεργάζεστε τα στοιχεία της παρακολούθησης στα έργα;
 - Ιδιωτικά: εμπορικό λογισμικό, ιδιωτικό λογισμικό, λογιστικά φύλλα (excel), χειρόγραφο επεξεργασία.
 - Δημόσια: εμπορικό λογισμικό, ιδιωτικό λογισμικό, λογιστικά φύλλα (excel), χειρόγραφο επεξεργασία.
- Αναφέρετε τους λόγους που σας οδήγησαν στην επιλογή των μεθόδων και του λογισμικού που χρησιμοποιείτε. :.....
.....
- Εκτιμάτε σε κάποια χρονική στιγμή το προβλεπόμενο, με βάση το μέχρι τώρα, κόστος του έργου και με ποια μέθοδο;.....
.....
- Πόσο συχνά κατά τη διάρκεια των εργασιών, από την παρακολούθηση του κόστους, διαφαίνεται υπέρβαση της κοστολόγησης του έργου; (πολύ συχνά –συχνά - σπάνια)

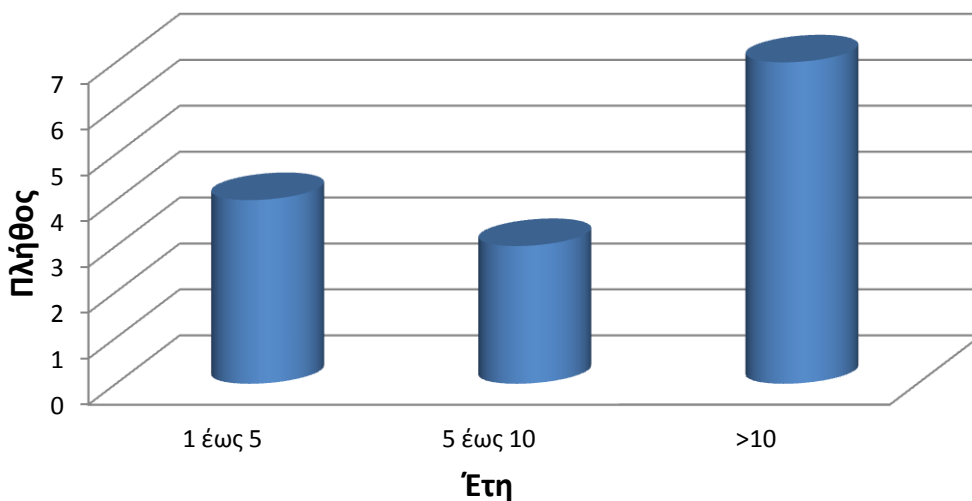
- Σε περιπτώσεις που διαφαίνεται υπέρβαση της κοστολόγησης του έργου, αναφέρετε επιγραμματικά τι μέτρα λαμβάνονται για να διορθωθεί αυτό και είτε να μην υπάρχει υπέρβαση είτε να είναι μικρότερη:.....
.....
- Σε τι βαθμό είναι δυνατό αυτή η διόρθωση να επιτευχθεί; (κλίμακα 1-10):....
- Αναφέρετε ποια είναι τα πιο συχνά προβλήματα / δυσκολίες στη διαδικασία παρακολούθησης του κόστους σε ένα έργο και στην οργάνωση της;.....
.....
.....
- Πώς αξιολογείτε τα εμπορικά προγράμματα λογισμικού σχετικά με την παρακολούθηση κόστους;
 - Ιδιωτικά (κλίμακα 1-10):.....
 - Δημόσια (κλίμακα 1-10):.....

Κεφάλαιο 7

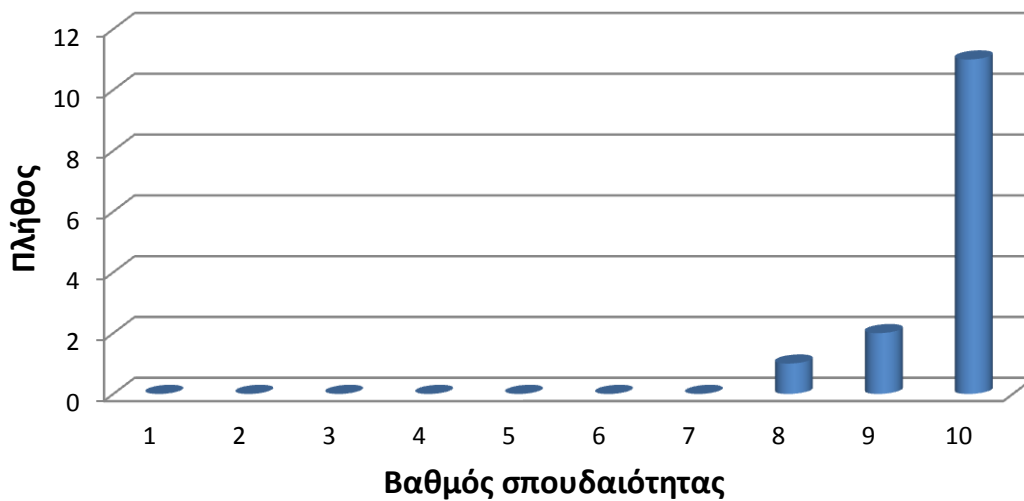
7.1 Απαντήσεις Έρευνας



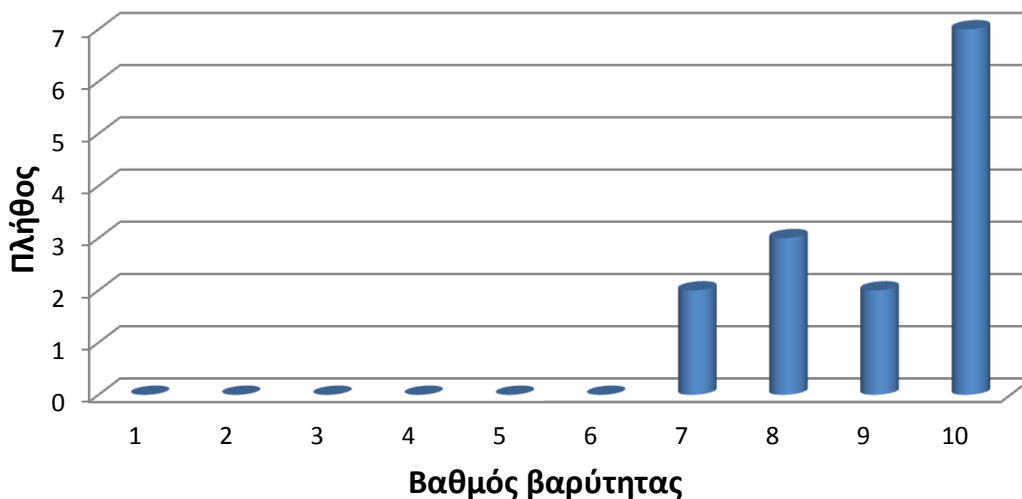
**Πόσα χρόνια θεωρείτε ότι έχετε ασχοληθεί με θέματα
κοστολόγησης τεχνικών έργων;**



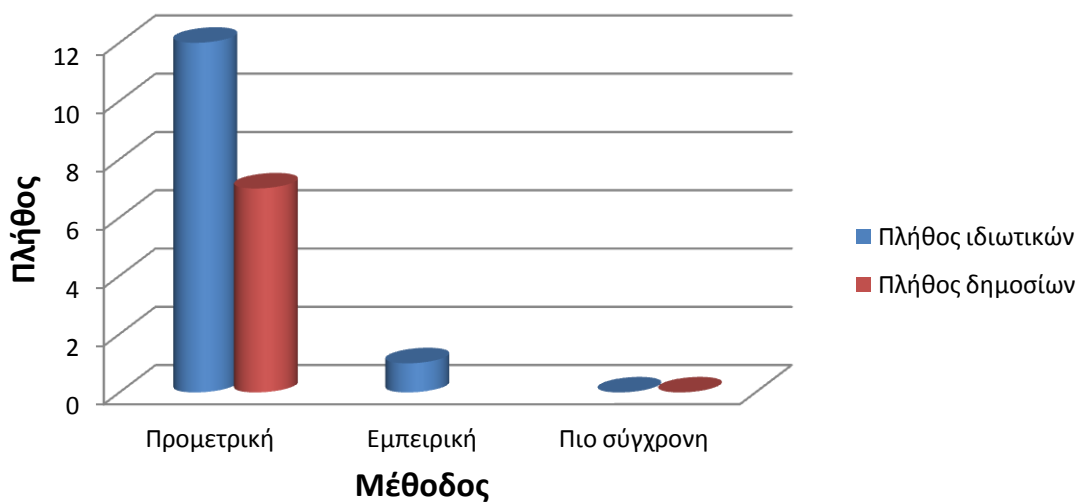
**Ποια είναι η σπουδαιότητα της σωστής κοστολόγησης ενός
τεχνικού έργου;**



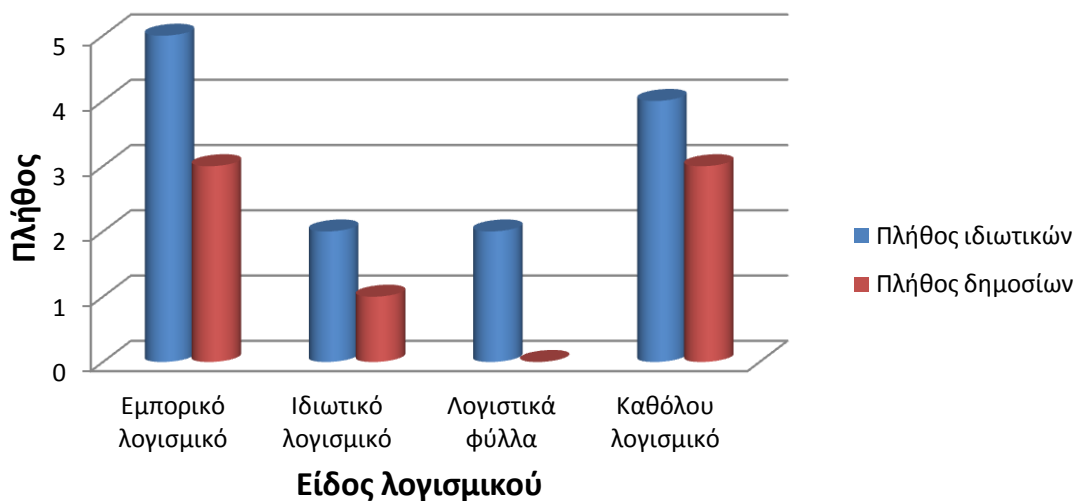
**Πόσο μεγάλη βαρύτητα δίνετε στη διαδικασία σωστής
κοστολόγησης των έργων που αναλαμβάνετε;**



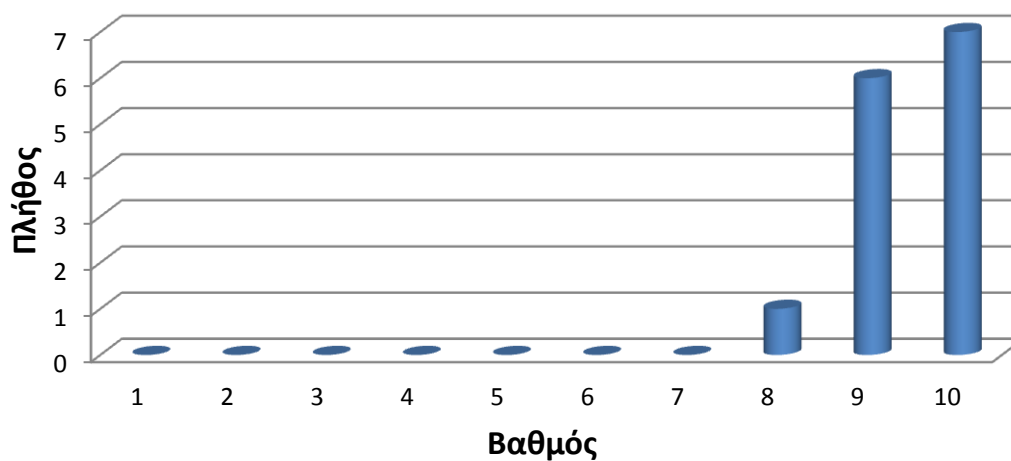
**Ποιες μεθόδους χρησιμοποιείτε για την κοστολόγηση των
τεχνικών έργων που αναλαμβάνετε, ιδιωτικών και δημοσίων;**



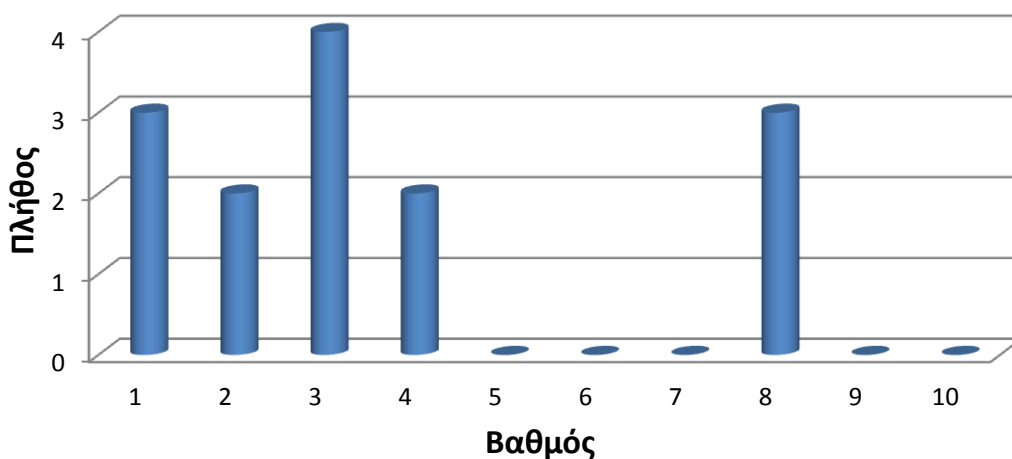
Χρησιμοποιείτε λογισμικό σχετικό με την κοστολόγηση των έργων;



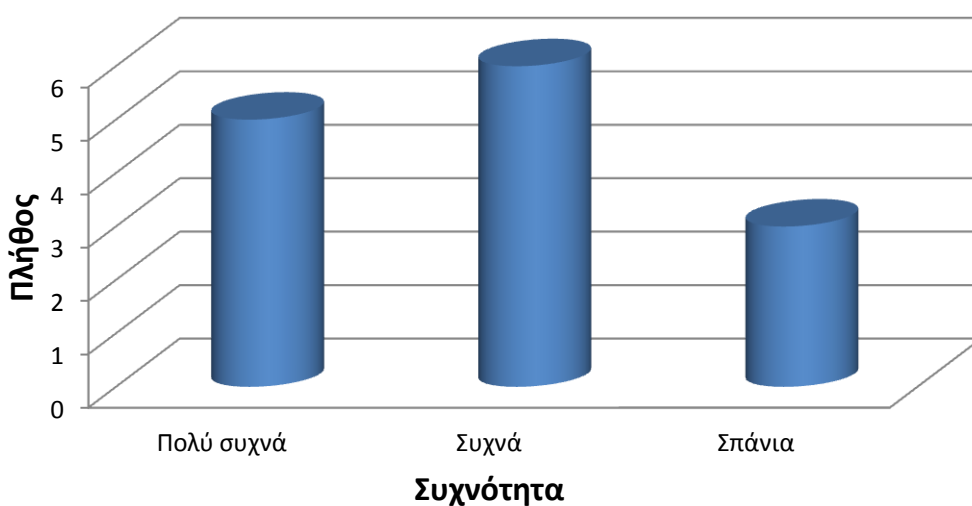
Πόσο σημαντική είναι η εμπειρία ενός μηχανικού για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της κοστολόγησης ενός έργου, ιδιωτικού και δημοσίου;



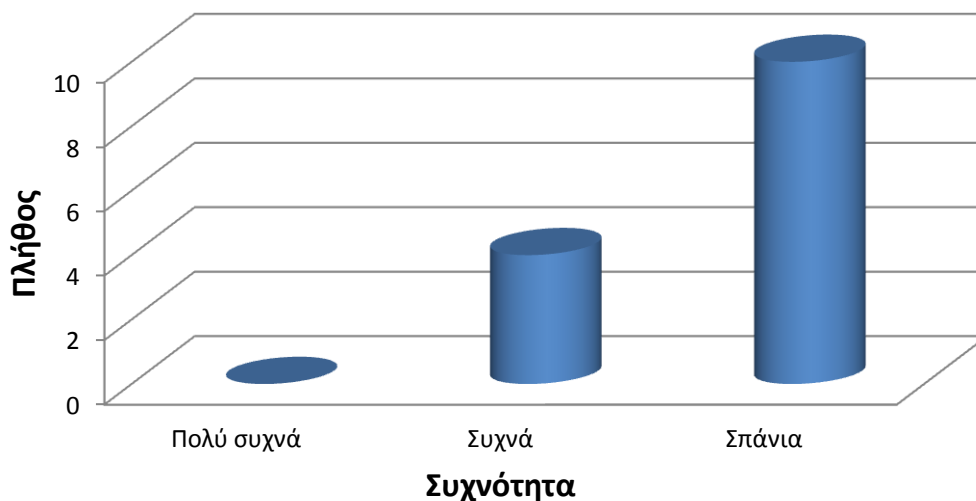
Μετά την λήψη των αποτελεσμάτων σχετικά με την κοστολόγηση ενός τεχνικού έργου, πόσο μεγάλες είναι οι αλλαγές που κάνετε;



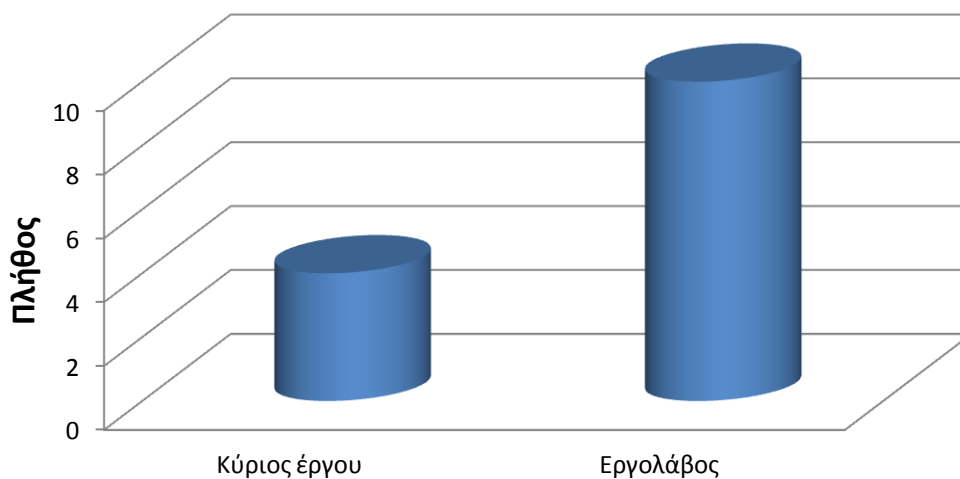
Πόσο συχνά μετά το πέρας του έργου, για τις ίδιες εργασίες, παρατηρείται υπέρβαση του ποσού της κοστολόγησης;



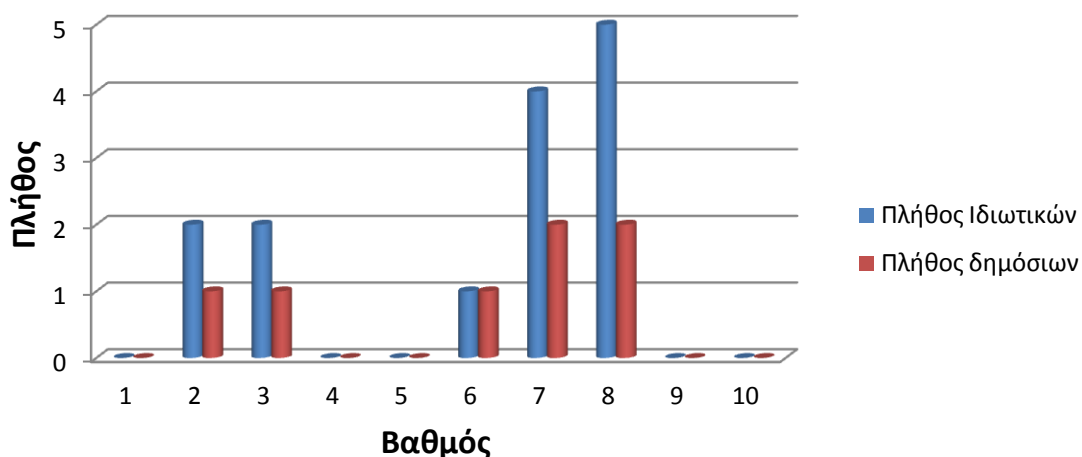
Πόσο συχνά το τελικό κόστος είναι μικρότερο από την κοστολόγηση;



Ποιος κατά την γνώμη σας θα πρέπει να αναλαμβάνει το επιπλέον κόστος σε περίπτωση υπέρβασης της κοστολόγησης προσφοράς;



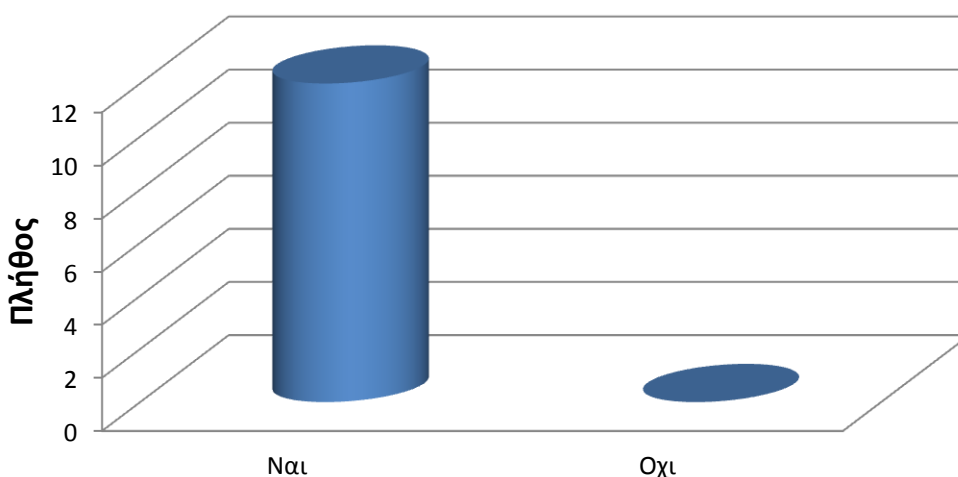
Πώς αξιολογείτε τα εμπορικά προγράμματα λογισμικού που χρησιμοποιείτε σχετικά με την κοστολόγηση των ιδιωτικών και δημόσιων τεχνικών έργων;



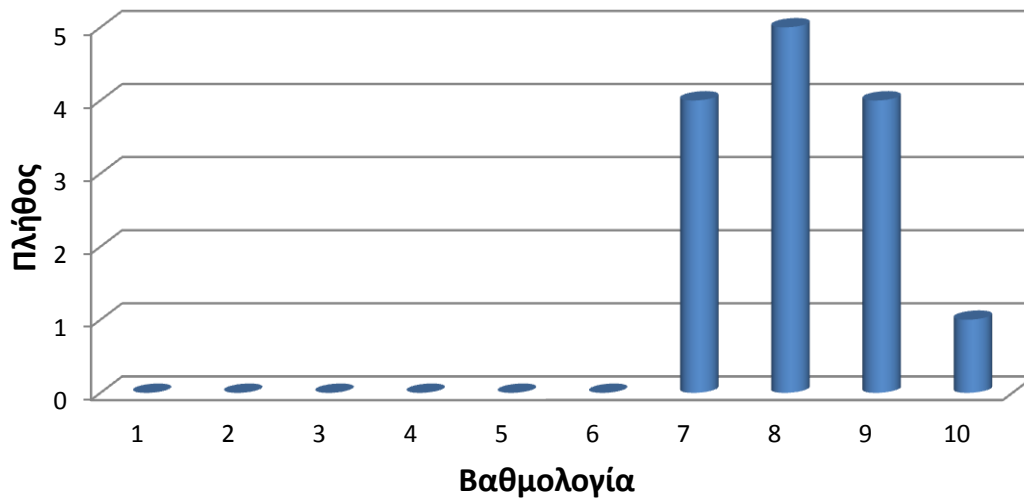
Σημειώστε επιγραμματικά τις κυριότερες αδυναμίες τους:

Στην παραπάνω ερώτηση είχαμε μόλις 5 απαντήσεις. Οι τρεις εκ των οποίων ήταν πως τα προγράμματα λογισμικού σχετικά με την προκοστολόγηση των έργων δεν είναι αρκετά εύχρηστα και φιλικά προς τον χρήστη. Μία απάντηση ήταν πως δεν υπάρχει σαφής διαχωρισμός του κόστους Α' υλών και εργασίας. Ενώ μία απάντηση ήταν πως είναι αρκετά ικανοποιητικά για το μέγεθος του έργου που αναλαμβάνει η συγκεκριμένη εταιρεία.

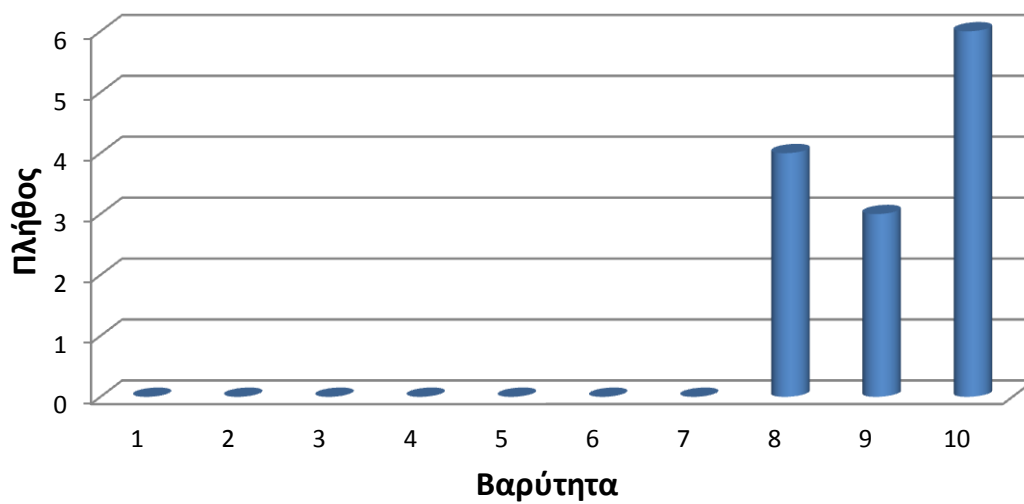
Θα ενδιαφερόσαστε για την εκμάθηση και τη χρήση λογισμικού με χρήση πιο σύγχρονων μεθόδων εκτίμησης κόστους;



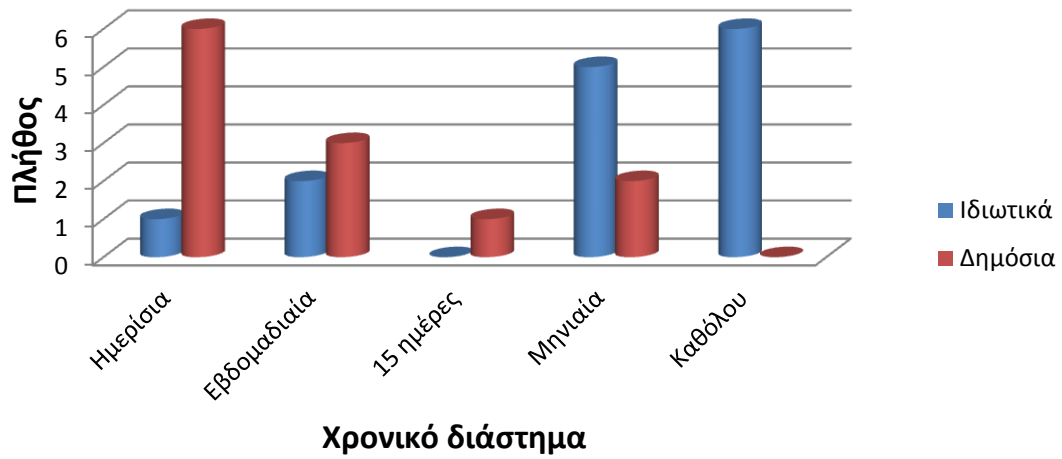
Ποια είναι η σπουδαιότητα της σωστής παρακολούθησης του κόστους ενός τεχνικού έργου;



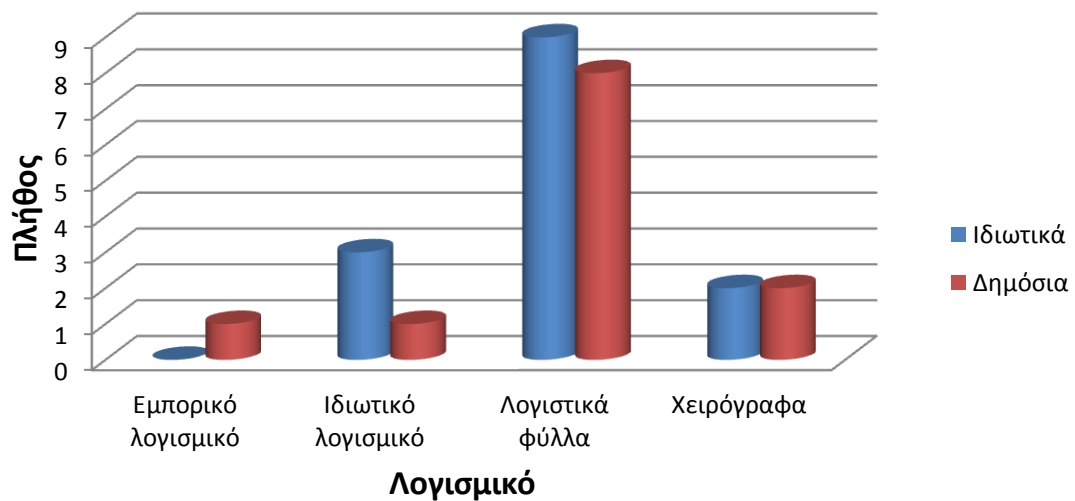
Πόσο μεγάλη βαρύτητα δίνετε στη διαδικασία σωστής παρακολούθησης κόστους των έργων που αναλαμβάνετε;



Χρησιμοποιείτε έντυπα για την καταγραφή της προόδου των εργασιών και του κόστους; Ανά ποια διαστήματα συμπληρώνονται;



Πως επεξεργάζεστε τα στοιχεία της παρακολούθησης στα έργα;

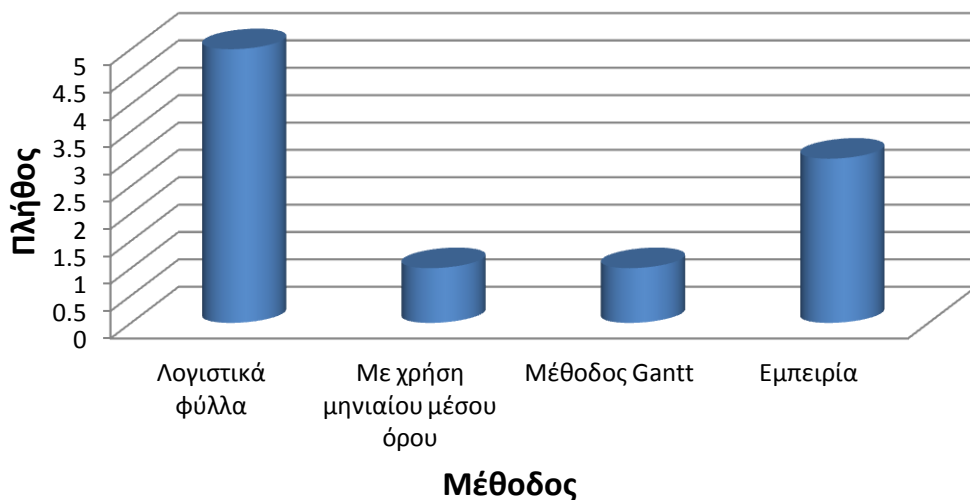


Αναφέρατε τους λόγους που σας οδήγησαν στην επιλογή των μεθόδων και του λογισμικού που χρησιμοποιείτε:

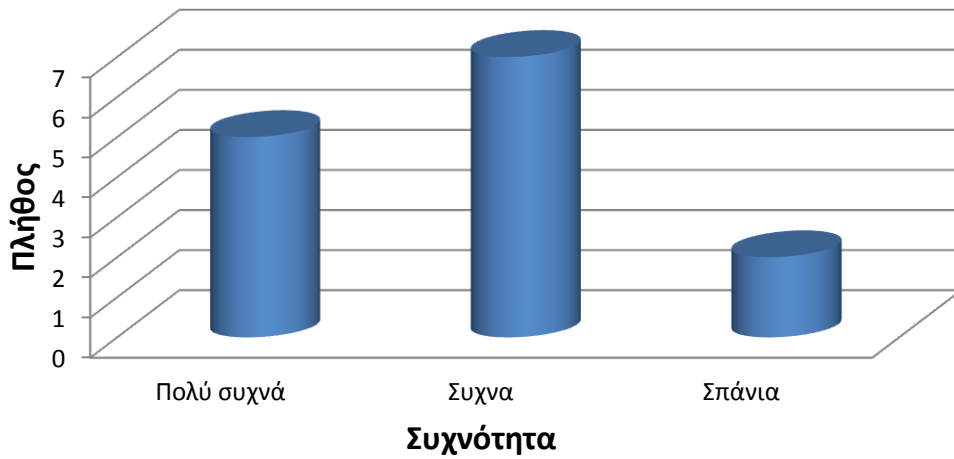
Οι λόγοι οι οποίοι μας αναφέρθηκαν για την επιλογή των μεθόδων και του λογισμικού που χρησιμοποιούν οι μηχανικοί ήταν:

- Η ευχρηστία του λογισμικού
- Η ταχύτητα
- Η αποτελεσματικότητα
- Οι λίγες διαθέσιμες επιλογές
- Το μηδενικό κόστος
- Το μέγεθος της εταιρείας και των έργων
- Ο σχεδιασμός ιδιωτικού λογισμικού με βάση την πολυετή εμπειρία
- Η παραμετροποίηση των μοντέλων – παραδοχών έτσι ώστε να προβλέπουν μελλοντικές διακυμάνσεις

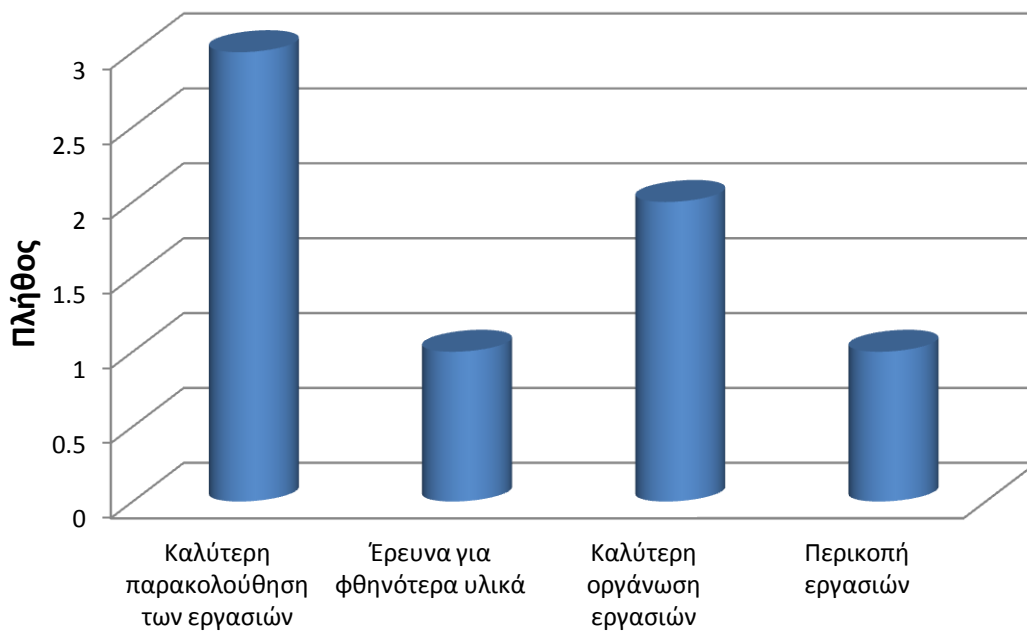
Εκτιμάτε σε κάποια χρονική στιγμή το προβλεπόμενο, με βάση το μέχρι τώρα κόστος του έργου και με ποια μέθοδο;



Πόσο συχνά κατά τη διάρκεια των εργασιών, από την παρακολούθηση του κόστους, διαφαίνεται υπέρβαση της κοστολόγησης του έργου;

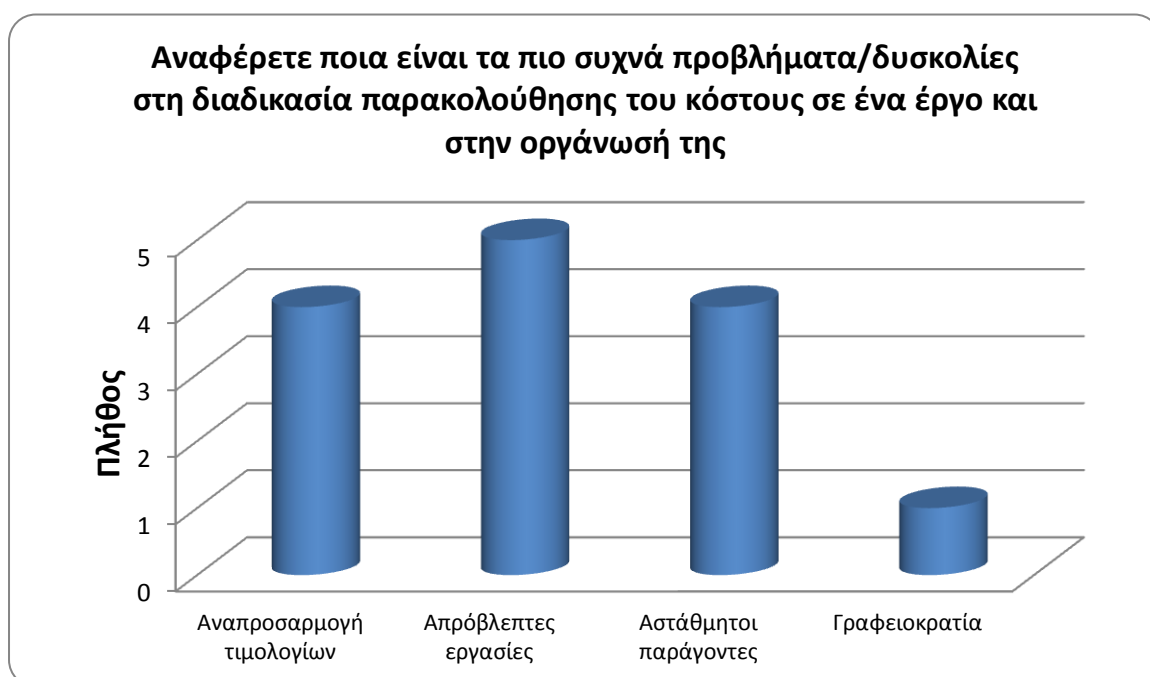


Σε περιπτώσεις που διαφαίνεται υπέρβαση της κοστολόγησης του έργου, αναφέρετε επιγραμματικά τι μέτρα λαμβάνονται για να διορθωθεί αυτό και είτε να μην υπάρχει υπέρβαση είτε να είναι μικρότερη;

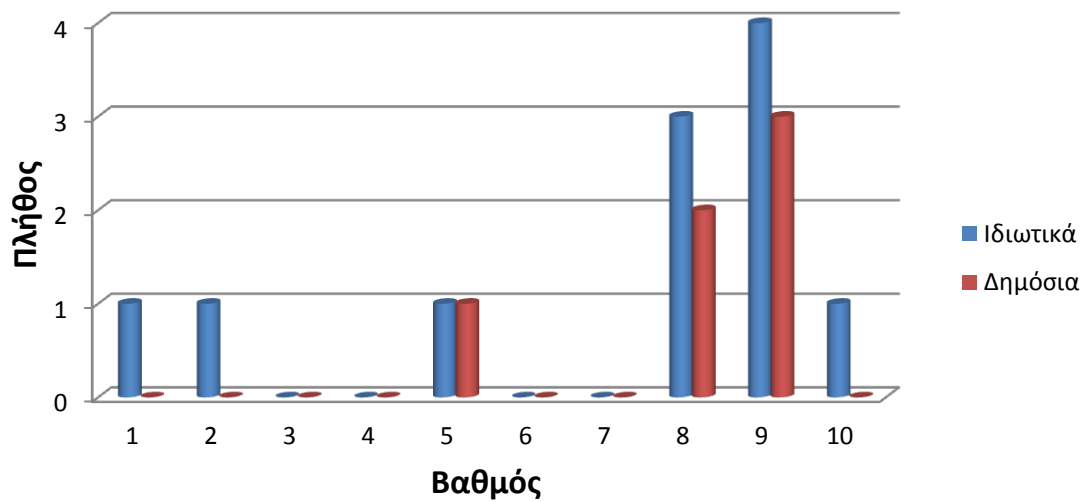


Πρέπει να αναφέρθει ότι σε αυτή την ερώτηση λάβαμε και δυο ακόμα απαντήσεις στις οποίες οι μηχανικοί δεν μας ανέφεραν συγκεκριμένα μέτρα που λαμβάνουν αλλά μας απάντησαν.

- «Είναι δύσκολο να ληφθούν τέτοια μέτρα χωρίς να έχουν επιπτώσεις στην ποιότητα του τεχνικού έργου»
- «Κάθε περίπτωση είναι ξεχωριστή και δεν μπορεί να κωδικοποιηθεί τρόπος διόρθωσης»



Πώς αξιολογείτε τα εμπορικά προγράμματα λογισμικού σχετικά με την παρακολούθηση κόστους;



Κεφάλαιο 8

8.1 Συμπεράσματα

Μετά την ολοκλήρωση της έρευνας με τα 14 συμπληρωμένα ερωτηματολόγια από μηχανικούς, θα προσπαθήσουμε να εξάγουμε κάποια συμπεράσματα σχετικά με τα θέματα κοστολόγησης και παρακολούθησης του κόστους των τεχνικών έργων στην ελληνική πραγματικότητα. Για την εξαγωγή των συμπερασμάτων αυτών θα προσπαθήσουμε να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα των απαντήσεων που λάβαμε με τα στοιχεία τα οποία συλλέξαμε στα προηγούμενα κεφάλαια της εργασίας από την ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας.

8.2 Κοστολόγηση

8.2.1 Μέθοδοι και λογισμικό

Όπως προκύπτει από την έρευνα μας οι Έλληνες μηχανικοί πιστεύουν ότι η σπουδαιότητα της σωστής κοστολόγησης ενός τεχνικού έργου είναι πολύ μεγάλη. Αυτό προκύπτει από την σχετική ερώτηση όπου η μέση τιμή του βαθμού σπουδαιότητας είναι $\chi=9,7$.

Επιπλέον η βαρύτητα που δίνουν οι Έλληνες μηχανικοί στη διαδικασία σωστής κοστολόγησης ενός έργου είναι επίσης πολύ υψηλή, στη σχετική ερώτηση όπου η μέση τιμή του βαθμού βαρύτητας που δίνεται στη διαδικασία είναι $\chi=9,00$.

Στην ερώτηση σχετικά με την μέθοδο που χρησιμοποιούν οι μηχανικοί για την κοστολόγηση ενός τεχνικού έργου παρατηρούμε ότι το σύνολο των μηχανικών χρησιμοποιεί προμετρητικές μεθόδους για την κοστολόγηση των δημοσίων έργων ενώ 1 μηχανικός απάντησε πως στα ιδιωτικά έργα εκτιμά το κόστος του έργου βασισμένο καθαρά στην εμπειρία του από παρόμοια έργα.

Το γεγονός αυτό έρχεται σε πλήρη αντίθεση με τα συμπεράσματα της βιβλιογραφικής μας έρευνας στο κεφάλαιο 3 σχετικά με τις μεθόδους κοστολόγησης των τεχνικών έργων όπου διαπιστώσαμε την ανάπτυξη μιας πληθώρας μεθόδων από τις αρχές του 1970 οι οποίες με βάση συγκριτικές έρευνες κρίνονται πιο αποτελεσματικές από τις παραδοσιακές μεθόδους.

Σχετικά με τη χρήση ή μη λογισμικού για την κοστολόγηση τεχνικών έργων αξιοσημείωτο είναι ότι 4 από τους 14 μηχανικούς δεν χρησιμοποιούν καθόλου λογισμικό για την κοστολόγηση των ιδιωτικών έργων που αναλαμβάνουν, ενώ το ίδιο συμβαίνει και σε 3 περιπτώσεις για τα δημόσια έργα. Οι υπόλοιποι μηχανικοί δείχνουν μια προτίμηση στη χρήση λογιστικών φύλλων, κυρίως στα ιδιωτικά τεχνικά έργα ενώ εμπορικό και ιδιωτικό λογισμικό χρησιμοποιούν λιγότεροι μηχανικοί, η χρήση εμπορικών προγραμμάτων λογισμικού φαίνεται να αυξάνεται στα δημόσια έργα πιθανότατα για λόγους ευκολιών που αυτά παρέχουν σχετικά με δημόσια έργα.

Οι Έλληνες μηχανικοί αξιολογούν ως πολύ σημαντική την εμπειρία του μηχανικού στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της κοστολόγησης σε ένα έργο. Στην σχετική ερώτηση βλέπουμε πως ο βαθμός η μέση τιμή του βαθμού σπουδαιότητας είναι $\chi=9,44$.

Σχετικά με το μέγεθος των αλλαγών που κάνουν μετά την λήψη των αποτελεσμάτων της κοστολόγησης ενός έργου σε κλίμακα 1-10 η μέση τιμή του μεγέθους των αλλαγών είναι $\chi=3,6$. Αυτό μας δείχνει πως το μέγεθος των αλλαγών που γίνεται από τους Έλληνες

μηχανικούς μετά τα αποτελέσματα της κοστολόγησης αν και δεν είναι ιδιαίτερα υψηλό δεν μπορεί να θεωρηθεί αμελητέο.

Το τελικό κόστος των τεχνικών έργων προκύπτει αρκετά συχνά μεγαλύτερο από το ποσό της κοστολόγησης και σχετικά σπάνια μικρότερο από το ποσό της κοστολόγησης. Αυτό φαίνεται από τις αντίστοιχες απαντήσεις των μηχανικών.

Οι απόψεις σχετικά με το ποιος θα πρέπει να αναλαμβάνει το επιπλέον κόστος σε περίπτωση υπέρβασης της κοστολόγησης – προσφοράς καταλήγουν ότι ο εργολάβος είναι υπεύθυνος, με 10 απαντήσεις έναντι 4.

8.2.2 Κρίσεις

Η βαθμολόγηση, σε κλίμακα 1-10, που γίνεται για τα προγράμματα λογισμικού σχετικά με την κοστολόγηση των ιδιωτικών τεχνικών έργων από τους ερωτηθέντες μηχανικούς έχει μέση τιμή του δείγματος $\chi=6$. Ενώ αντίστοιχα η βαθμολόγηση του λογισμικού σχετικά με τα δημόσια έργα έχει μέση τιμή του δείγματος $\chi=6,28$. Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι λόγω των λίγων απαντήσεων που λάβαμε στην συγκεκριμένη ερώτηση και της αρκετά μεγάλης τυπικής απόκλισης των βαθμολογιών, θα μπορούσαμε να πούμε πως τα προγράμματα αξιολογούνται από μέτρια έως ικανοποιητικά.

Τέλος, η πλειονότητα των μηχανικών, απάντησε ότι θα ενδιαφερόταν για εκμάθηση και χρήση λογισμικού με πιο σύγχρονες μεθόδους εκτίμησης του κόστους των τεχνικών έργων.

8.3 Παρακολούθηση Κόστους

8.3.1 Μέθοδοι και Λογισμικό

Η σπουδαιότητα της σωστής παρακολούθησης του κόστους ενός τεχνικού έργου είναι πολύ μεγάλη. Αυτό προκύπτει από την σχετική ερώτηση όπου η μέση τιμή του βαθμού σπουδαιότητας είναι $\chi=8,14$.

Επιπλέον η βαρύτητα που δίνουν οι Έλληνες μηχανικοί στη διαδικασία σωστής παρακολούθησης του κόστους ενός έργου είναι επίσης πολύ υψηλή, στη σχετική ερώτηση όπου η μέση τιμή του βαθμού βαρύτητας που δίνεται στη διαδικασία είναι $\chi=9,1$.

Η χρήση εντύπων για την παρακολούθηση του κόστους εφαρμόζεται από την πλειοψηφία των ερωτηθέντων μηχανικών, 6 απάντησαν πως για ιδιωτικά έργα δεν χρησιμοποιούν έντυπα για την παρακολούθηση του κόστους. Το χρονικό διάστημα συμπλήρωσης των εντύπων αυτών είναι συνήθως ημερήσιο ενώ υπάρχουν και μηχανικοί που τα χρησιμοποιούν σε εβδομαδιαία, δεκαπενθήμερη και μηνιαία βάση.

Ο συνηθέστερος τρόπος επεξεργασίας των στοιχείων που προκύπτουν από την παρακολούθηση του κόστους σε ένα έργο φαίνεται να είναι η χρήση λογιστικών φύλλων (Excel). Στα ιδιωτικά έργα πρέπει να σημειωθεί ότι κανένας μηχανικός δεν μας απάντησε ότι χρησιμοποιεί εμπορικό λογισμικό για την επεξεργασία των στοιχείων της παρακολούθησης του κόστους, ενώ 1 χρησιμοποιεί εμπορικό πρόγραμμα για τα δημόσια έργα. Τα δημοφιλέστερα κριτήρια επιλογής των μεθόδων και του λογισμικού παρακολούθησης κόστους που αναφέρθηκαν από του μηχανικούς είναι η ευχρηστία του λογισμικού, η ταχύτητα του, η αποτελεσματικότητα οι αλλαγές που μπορούν να κάνουν στα λογιστικά φύλλα οι ίδιοι ανάλογα με τη φύση κάθε έργου. Ενώ επίσης αναφέρθηκαν οι λίγες διαθέσιμες επιλογές λογισμικού στην ελληνική αγορά, το μηδενικό κόστος (σχετικά με την ανάπτυξη λογιστικών φύλλων), το μέγεθος της εταιρείας και των έργων που αυτή

αναλαμβάνει και η παραμετροποίηση των μοντέλων – παραδοχών έτσι ώστε να προβλέπουν μελλοντικές διακυμάνσεις.

Η εκτίμηση του προβλεπόμενου κόστους, με βάση το πραγματικό μέχρι κάποια χρονική στιγμή κόστος του έργου, είναι μια διαδικασία που το μεγαλύτερο μέρος των μηχανικών την εφαρμόζει στα τεχνικά έργα που αναλαμβάνει, 10 από τους 14 μηχανικούς απάντησαν θετικά. Σχετικά με την μέθοδο εκτίμησης του τελικού κόστους με βάση το πραγματικό κόστος σε κάποια χρονικά στιγμή οι δημοφιλέστερη απάντηση, ήταν με τη βοήθεια λογιστικών φύλλων. Πιο συγκεκριμένες απαντήσεις ήταν ότι οι προβλέψεις αυτές γίνονται με βάση την ημερήσια απόδοση, με χρήση του μηνιαίου μέσου όρου, η αναθεώρηση της κοστολόγησης μέχρι το στάδιο ελέγχου και γραμμική ανάλυση πρόβλεψης για υπόλοιπες εργασίες, χρήση της μεθόδου GANT και με βάση την εμπειρία.

Σύμφωνα με τους ερωτηθέντες μηχανικούς πολύ συχνά ή συχνά διαφαίνεται υπέρβαση του τελικού κόστους του τεχνικού έργου από την παρακολούθηση του κόστους. Μόλις δυο απάντησαν ότι κάτι τέτοιο συμβαίνει σπάνια.

Ενώ τα μέτρα που λαμβάνονται για περιορισμό του κόστους σε τέτοια περίπτωση είναι:

- Καλύτερη παρακολούθηση των εργασιών, προμηθειών, εργατοωρών
- Καλύτερη οργάνωση και συντονισμός των εργασιών
- Έρευνα για φθηνότερα υλικά
- Περικοπή εργασιών

Δύο αξιοσημείωτες απαντήσεις είναι οι παρακάτω:

- «Είναι δύσκολο να ληφθούν τέτοια μέτρα χωρίς να έχουν επιπτώσεις στην ποιότητα του τεχνικού έργου»
- «Κάθε περίπτωση είναι ξεχωριστή και δεν μπορεί να κωδικοποιηθεί τρόπος διόρθωσης»

Η επίτευξη της διόρθωσης της διαφαινόμενης υπέρβασης του κόστους είναι κάτι όχι ιδιαίτερα εύκολο στην επίτευξη του. Στην σχετική ερώτηση κατά πόσο κάτι τέτοιο είναι δυνατό να επιτευχθεί (κλίμακα 1-10) η μέση τιμή του βαθμού επίτευξης είναι $\chi=4,78$.

Όσον αφορά τα προβλήματα και τις δυσκολίες στη διαδικασία παρακολούθησης του κόστους σε ένα έργο, με διαφορά η πιο δημοφιλής απάντηση ήταν:

- αναπροσαρμογή τιμολογίων, αύξηση τιμών (αναφέρθηκε σε τέσσερις απαντήσεις)
- απρόβλεπτες εργασίες (αναφέρθηκε σε δύο απαντήσεις)
- αστάθμητοι παράγοντες

Ενώ επίσης αναφέρθηκαν τα παρακάτω προβλήματα:

- οργάνωση λογιστηρίου
- κακή εκτίμηση κόστους χωματουργικών εργασιών
- γραφειοκρατία

8.3.2 Κρίσεις

Η βαθμολόγηση, σε κλίμακα 1-10, που γίνεται για τα προγράμματα λογισμικού σχετικά με την παρακολούθηση του κόστους των ιδιωτικών τεχνικών έργων από τους ερωτηθέντες μηχανικούς έχει μέση τιμή του δείγματος $\chi=7,09$. Ενώ αντίστοιχα η βαθμολόγηση του λογισμικού σχετικά με τα δημόσια έργα έχει μέση τιμή του δείγματος $\chi=8,25$. Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι λόγω των λίγων απαντήσεων και της αρκετά μεγάλης τυπικής απόκλισης των βαθμολογιών θα μπορούσαμε όμως να πούμε πως τα προγράμματα αξιολογούνται από πάρα πολύ καλά κάτι που επίσης παρατηρήθηκε στα αντίστοιχα προγράμματα κοστολόγησης.

Κεφάλαιο 9

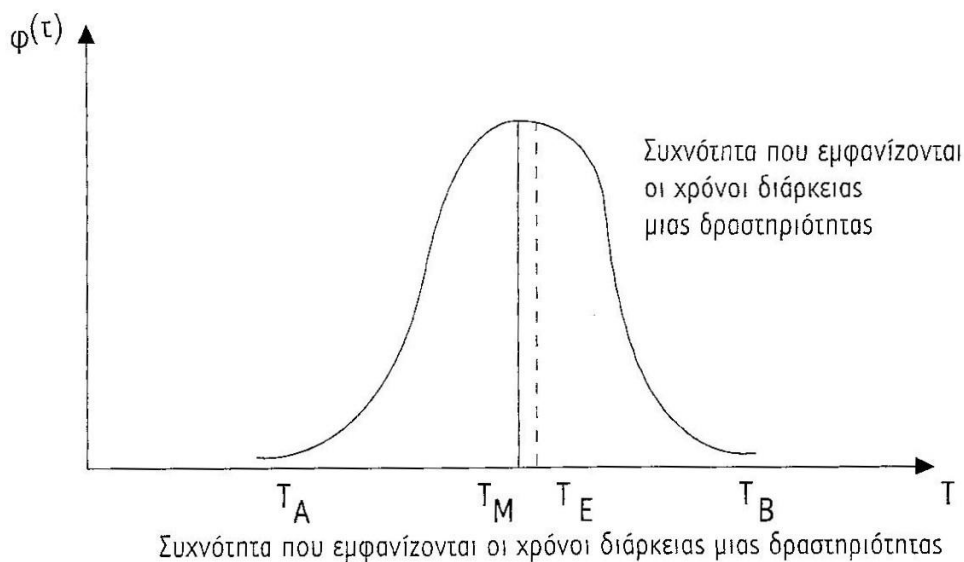
Αβεβαιότητα χρόνου – Μέθοδος Pert (Project Evaluation of Review Technique)

9.1 Γενικά

Η μεγαλύτερη δυσκολία για τη σωστή κατάρτιση ενός δικτύου χρόνου δραστηριοτήτων είναι ο υπολογισμός του χρόνου που διαρκεί κάθε δραστηριότητα. Οι διάρκειες των δραστηριοτήτων εξαρτώνται σημαντικά από τις υφιστάμενες κατά την κατασκευή συνθήκες. Συνεπώς υπάρχει αβεβαιότητα όσον αφορά τον καθορισμό τους. Με τη μέθοδο PERT (Project Evaluation of Review Technique) προσπαθούμε να αντιμετωπίσουμε αυτή τη δυσκολία, υπολογίζοντας για διάρκεια κάθε μιας δραστηριότητας όχι ένα, αλλά ανάλογα με τις συνθήκες, τους 3 παρακάτω χρόνους:

- Τον αισιόδοξο T_A που είναι ο μικρότερος χρόνος που χρειάζεται για να γίνει η δραστηριότητα αν υπάρξουν ευνοϊκότερες συνθήκες.
- Τον απαισιόδοξο T_B που είναι ο μεγαλύτερος χρόνος που χρειάζεται για να γίνει η δραστηριότητα αν υπάρξουν δυσμενέστερες συνθήκες.
- Τον πιθανότερο T_M που είναι η διάρκεια που θα εμφανιζόταν συχνότερα αν επαναλαμβάναμε τη δραστηριότητα αυτή πολλές φορές.

Η συχνότητα που εμφανίζονται αυτοί οι χρόνιοι ακολουθεί με ικανοποιητική προσέγγιση στην πράξη, τη β' κατανομή. Αφού η συχνότητα που εμφανίζονται οι χρόνοι διάρκειας μιας δραστηριότητας ακολουθεί την β' κατανομή, χρησιμοποιούμε ορισμένους τύπους που αναφέρονται σε παραμέτρους αυτής της κατανομής.



Ο αναμενόμενος χρόνος T_E για τη διάρκεια της δραστηριότητας είναι:

$$T_E = \frac{T_A + T_B + 4T_M}{6}$$

Επίσης μας χρειάζεται η διακύμανση, που είναι:

$$\sigma^2 = \left[\frac{T_B - T_A}{6} \right]^2$$

9.1.2 Υπολογισμός των χρόνων των γεγονότων του δικτύου – Πιθανότητες να πραγματοποιηθούν αυτοί.

Παίρνοντας ως διάρκειες δραστηριοτήτων τους αναμενόμενους χρόνους που υπολογίσαμε προηγούμενα, επιλύουμε το δίκτυο και βρίσκουμε τις κρίσιμες δραστηριότητες. Φυσικά επειδή οι χρόνοι που διαρκούν οι δραστηριότητές μας έχουν υπολογιστεί με αβεβαιότητα, υπάρχουν πολλά ερωτηματικά αν έχουν έννοια σ'ατή την περίπτωση οι κρίσιμες δραστηριότητες. Σε ερευνητικά προγράμματα που εφαρμόζεται η PERT τα αποτελέσματα είναι ικανοποιητικά. Αφού όμως ο χρόνος κάθε δραστηριότητας έχει υπολογιστεί με κάποια αβεβαιότητα, άρα και οι χρόνοι των γεγονότων που βρίσκουμε στο δίκτυο έχουν αβεβαιότητα στην πραγματοποίησή τους.

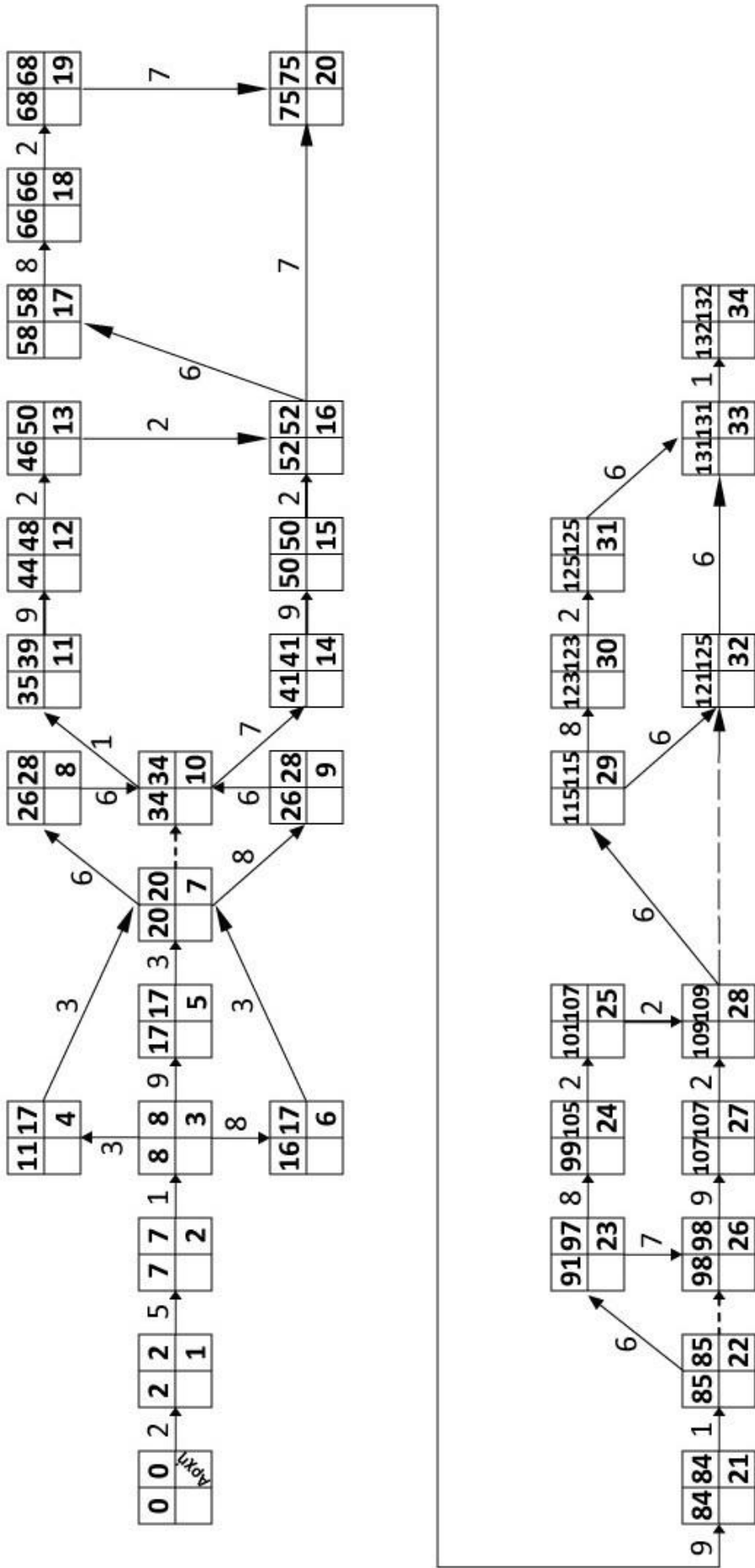
Μας ενδιαφέρει λοιπόν να βρούμε πόσες πιθανότητες έχουν για να πραγματοποιηθούν οι χρόνοι γεγονότων της κρίσιμης διαδρομής του δικτύου, όπως και τις πιθανότητες που υπάρχουν για να πραγματοποιηθούν τα γεγονότα αυτά σε χρόνους διαφορετικούς από αυτούς που είχαμε αρχικά υπολογίσει. Με τη βοήθεια στατιστικής αποδεικνύεται πως οι πιθανότητες αυτές ακολουθούν την κανονική κατανομή.

9.2 Δίκτυο εργασιών διώροφης μονοκατοικίας στα Βόρεια Προάστια

Σε αυτή την ενότητα θα γίνει ανάλυση και παρουσίαση χρονικού προσδιορισμού των εργασιών ανέγερσης μιας διώροφης οικοδομής, στην περιοχή της Πεντέλης, από την χάραξη της εκσκαφής έως και την σκυροδέτηση της πλάκας της οροφής του 2^{ου} ορόφου. Στο δίκτυο που ακολουθεί, είναι αποτυπωμένες οι εργασίες-δραστηριότητες, σύμφωνα με το χρόνο διεκπεραίωσής τους.

Κάθε εργασία λόγω αστάθμητων παραγόντων, έχει Νωρίτερο Χρόνο Αρχής, Βραδύτερο Χρόνο Αρχής, Νωρίτερο Χρόνο Τέλους και Βραδύτερο Χρόνο Τέλους. Σκοπός του διαγράμματος είναι να έχουμε σαφή χρονικό προσδιορισμό των εργασιών καταλήγοντας με αυτό τον τρόπο στην τελική διάρκεια του έργου.

Δίκτυο εργασιών δώροφης μονοκατοικίας στην Πεντέλη



9.3 Πίνακας Χρόνων Δραστηριοτήτων

Δραστ/τα	Διάρκεια	Νωρίτερο χρόνος		Βραδύτερος χρόνος		Συνολικό χρονικό περιθώριο	Ελεύθερο χρονικό περιθώριο	Κρίσιμες Δραστ/τες
		Αρχής	Τέλος	Αρχής	Τέλος			
Αρχή-1	2	0	2	0	2	0	0	*
1-2	5	2	7	2	7	0	0	*
2-3	1	7	8	7	8	0	0	*
3-4	3	8	11	14	17	6	0	
3-5	9	8	17	8	17	0	0	*
3-6	8	8	16	9	17	1	0	
4-7	3	11	14	17	20	6	6	
5-7	3	17	20	17	20	0	0	*
6-7	3	16	19	17	20	1	1	
7-8	6	20	26	22	28	2	0	
7-9	8	20	28	20	28	0	0	*
8-10	6	26	32	28	34	2	2	
9-10	6	28	34	28	34	0	0	*
10-11	1	34	35	38	39	4	0	
10-14	7	34	41	34	41	0	0	*
11-12	9	35	44	39	48	4	0	
12-13	2	44	46	48	50	4	0	
13-16	2	46	48	50	52	4	4	
14-15	9	41	50	41	50	0	0	*
15-16	2	50	52	50	52	0	0	*
16-17	6	52	58	52	58	0	0	*
16-20	7	52	59	68	75	16	16	
17-18	8	58	66	58	66	0	0	*
18-19	2	66	68	66	68	0	0	*
19-20	7	68	75	68	75	0	0	*
20-21	9	75	84	75	84	0	0	*
21-22	1	84	85	84	85	0	0	*
22-23	6	85	91	91	97	6	0	
23-24	8	91	99	97	105	6	0	
23-26	7	91	98	91	98	0	0	*
24-25	2	99	101	105	107	6	0	
25-28	2	101	103	107	109	6	6	
26-27	9	98	107	98	107	0	0	*
27-28	2	107	109	107	109	0	0	*
28-29	6	109	115	109	115	0	0	*
29-30	8	115	123	115	123	0	0	*
29-32	6	115	121	119	125	4	0	
30-31	2	123	125	123	125	0	0	*
31-33	6	125	131	125	131	0	0	*
32-33	6	121	127	125	131	4	4	

9.4 Αβεβαιότητα χρόνου - Μέθοδος PERT (Πίνακας)

A/A	Δραστηριότητες κατασκευής	Αισιόδοξος χρόνος διεκπεραίωσης εργασιών (Ταισ)	Απαισιόδοξος χρόνος διεκπεραίωσης εργασιών (Ταπ)	Μέσος χρόνος διεκπεραίωσης εργασιών (Τμ)
1	Χάραξη εκσκαφής	1	3	2
2	Εκσκαφή	3	7	5
3	Σκυρόδεμα καθαριότητας	1	1	1
4	Χάραξη πεδίων - πεδιλοδοκών	2	4	3
5	Ξυλότυπος πεδίων - πεδιλοδοκών	5	13	9
6	Σιδέρωμα πεδίων - πεδιλοδοκών	5	15	7
7	Σκυροδέτηση πεδίων - πεδιλοδοκών	2	4	3
8	Ξυλότυπος υποστηλωμάτων	4	12	5
9	Σιδηρός οπλισμός υποστηλωμάτων	5	15	7
10	Σκυροδέτηση υποστηλωμάτων	3	13	5
11	Ξυλότυπος πλάκας δαπέδου υπογείου	1	1	1
12	Σιδηρός οπλισμός πλάκας δαπέδου υπογείου	5	13	9
13	Σκυροδέτηση πλάκας δαπέδου υπογείου	1	3	2
14	Ξυλότυπος πλάκας οροφής υπογείου.	6	12	6
15	Σιδηρός οπλισμός πλάκας δαπέδου ισογείου	6	16	8
16	Σκυροδέτηση πλάκας οροφής υπογείου.	1	3	2
17	Ξυλότυπος υποστηλωμάτων ισογείου	4	12	5
18	Σιδηρός οπλισμός υποστηλωμάτων ισογείου	5	15	7
19	Σκυροδέτηση υποστηλωμάτων ισογείου	1	3	2

20	Ξυλότυπος πλάκας οροφής ισογείου	6	12	6
21	Σιδηρός οπλισμός πλάκας οροφής ισογείου.	6	16	8
22	Σκυροδέτηση πλάκας οροφής ισογείου	1	1	1
23	Ξυλότυπος υποστηλωμάτων 1ου ορόφου.	4	12	5
24	Σιδηρός οπλισμός υποστηλωμάτων 1ου ορόφου	5	15	7
25	Σκυροδέτηση υποστηλωμάτων 1ου ορόφου	1	3	2
26	Ξυλότυπος πλάκας οροφής 1ου ορόφου	6	12	6
27	Σιδηρός οπλισμός πλάκας οροφής 1ου ορόφου.	6	16	8
28	Σκυροδέτηση πλάκας οροφής 1ου ορόφου	1	3	2
29	Ξυλότυπος υποστηλωμάτων 2ου ορόφου	4	12	5
30	Σιδηρός οπλισμός υποστηλωμάτων 2ου ορόφου	5	15	7
31	Σκυροδέτηση υποστηλωμάτων 2ου ορόφου	1	3	2
32	Ξυλότυπος πλάκας οροφής 2ου ορόφου	5	11	5
33	Σιδηρός οπλισμός πλάκας οροφής 2ου ορόφου	5	11	5
34	Σκυροδέτηση πλάκας οροφής 2ου ορόφου	1	1	1

Ο παραπάνω πίνακας, αναλύει τις διαδικασίες και τους χρόνους που απαιτούνται για την ανέγερση διώροφης οικοδομής, από την χάραξη της εκσκαφής έως και την σκυροδέτηση της πλάκας της οροφής του 2^{ου} ορόφου.

Επόμενο βήμα, είναι η κατασκευή πίνακα με τον αναμενόμενο χρόνο διεκπεραίωσης των εργασιών, ώστε να υπολογίσουμε στατιστικά την πιθανότητα να έχουν ολοκληρωθεί οι εργασίες στον χρόνο που ζητήθηκε από τον πελάτη.

9.5 Υπολογισμός του αναμενόμενου χρόνου TE και της Διακύμανσης σ^2

A/A	Δραστηριότητες κατασκευής	$TE=(TA+TB+4TM)/6$	$\sigma^2=((TB-TA)/2)^2$
1	Χάραξη εκσκαφής	2	1
2	Εκσκαφή	5	4
3	Σκυρόδεμα καθαριότητας	1	0
4	Χάραξη πεδίων - πεδילוδοκών	3	1
5	Ξυλότυπος πεδίων - πεδילוδοκών	9	16
6	Σιδέρωμα πεδίων - πεδילוδοκών	8	25
7	Σκυροδέτηση πεδίων - πεδילוδοκών	3	1
8	Ξυλότυπος υποστηλωμάτων	6	16
9	Σιδηρός σπλισμός υποστηλωμάτων	8	25
10	Σκυροδέτηση υποστηλωμάτων	6	25
11	Ξυλότυπος πλάκας δαπέδου υπογείου	1	0
12	Σιδηρός σπλισμός πλάκας δαπέδου υπογείου	9	16
13	Σκυροδέτηση πλάκας δαπέδου υπογείου	2	1
14	Ξυλότυπος πλάκας οροφής υπογείου.	7	9
15	Σιδηρός σπλισμός πλάκας δαπέδου ισογείου	9	25
16	Σκυροδέτηση πλάκας οροφής υπογείου.	2	1
17	Ξυλότυπος υποστηλωμάτων ισογείου	6	16
18	Σιδηρός σπλισμός υποστηλωμάτων ισογείου	8	25

19	Σκυροδέτηση υποστηλωμάτων ισογείου	2	1
20	Ξυλότυπος πλάκας οροφής ισογείου	7	9
21	Σιδηρός οπλισμός πλάκας οροφής ισογείου.	9	25
22	Σκυροδέτηση πλάκας οροφής ισογείου	1	0
23	Ξυλότυπος υποστηλωμάτων 1ου ορόφου.	6	16
24	Σιδηρός οπλισμός υποστηλωμάτων 1ου ορόφου	8	25
25	Σκυροδέτηση υποστηλωμάτων 1ου ορόφου	2	1
26	Ξυλότυπος πλάκας οροφής 1ου ορόφου	7	9
27	Σιδηρός οπλισμός πλάκας οροφής 1ου ορόφου.	9	25
28	Σκυροδέτηση πλάκας οροφής 1ου ορόφου	2	1
29	Ξυλότυπος υποστηλωμάτων 2ου ορόφου	6	16
30	Σιδηρός οπλισμός υποστηλωμάτων 2ου ορόφου	8	25
31	Σκυροδέτηση υποστηλωμάτων 2ου ορόφου	2	1
32	Ξυλότυπος πλάκας οροφής 2ου ορόφου	6	9
33	Σιδηρός οπλισμός πλάκας οροφής 2ου ορόφου	6	9
34	Σκυροδέτηση πλάκας οροφής 2ου ορόφου	1	0

Έχοντας την διακύμανση σ^2 και τις κρίσιμες δραστηριότητες από τον πίνακα χρόνων δραστηριοτήτων, με βάση τα παρακάτω, υπολογίζουμε την πιθανότητα να πραγματοποιηθεί το έργο σε 125 ημέρες.

$$\sigma_T = \sqrt{\sum \sigma^2} = \sqrt{253} = 15.9$$

όπου $T_\chi = 125$ ημέρες (επιθυμία πελάτη)

$T = 132$ ημέρες (από Πίνακα Χρόνων Δραστηριοτήτων)

$$K = \frac{T_\chi - T}{\sigma_T} = \frac{125 - 132}{15.9} = 0.44$$

ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΙΜΩΝ ΣΤΑΘΕΡΑΣ κ ΚΑΝΟΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ

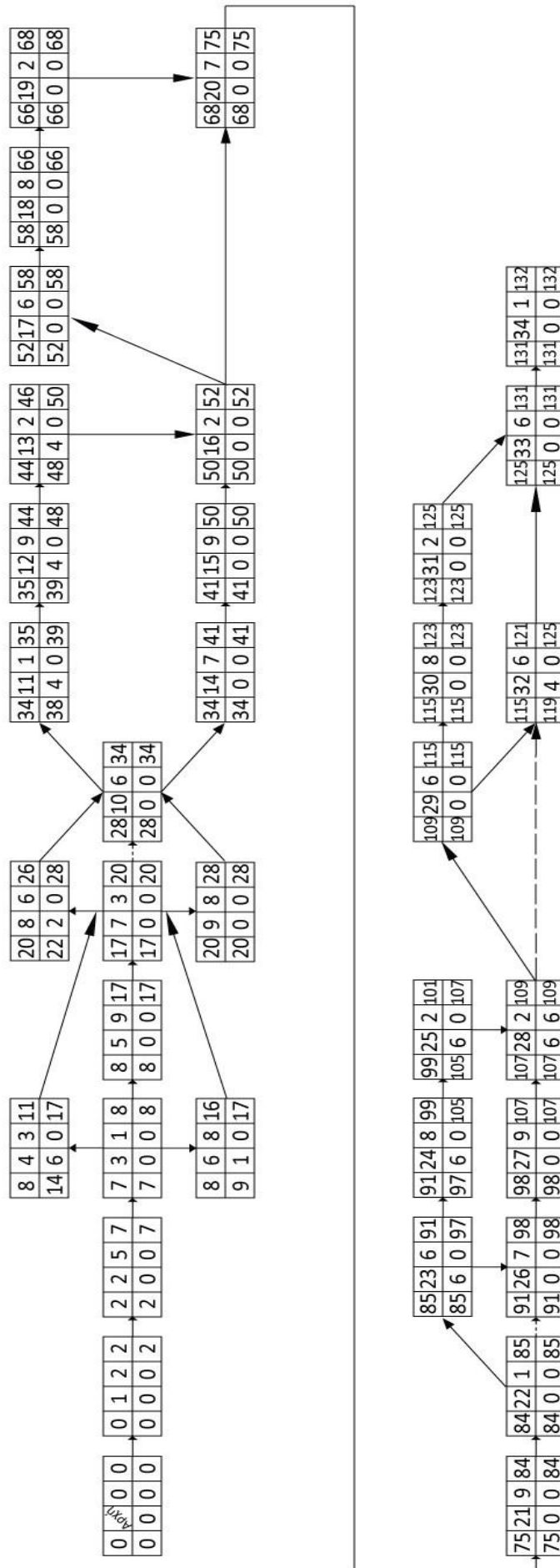
κ	ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ	κ	ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ
0,0	0,5000	-3,0	0,0013
0,1	0,5398	-2,9	0,0019
0,2	0,5793	-2,8	0,0026
0,3	0,6179	-2,7	0,0035
0,4	0,6574	-2,6	0,0047
0,5	0,6915	-2,5	0,0062
0,6	0,7257	-2,4	0,0082
0,7	0,7580	-2,3	0,0107
0,8	0,7881	-2,2	0,0139
0,9	0,8159	-2,1	0,0179
1,0	0,8413	-2,0	0,0228
1,1	0,8643	-1,9	0,0287
1,2	0,8849	-1,8	0,0359
1,3	0,9032	-1,7	0,0446
1,4	0,9192	-1,6	0,0548
1,5	0,9332	-1,5	0,0668
1,6	0,9452	-1,4	0,0808
1,7	0,9554	-1,3	0,0968
1,8	0,9641	-1,2	0,1151
1,9	0,9713	-1,1	0,1357
2,0	0,9772	-1,0	0,1587
2,1	0,9821	-0,9	0,1841
2,2	0,9861	-0,8	0,2119
2,3	0,9893	-0,7	0,2420
2,4	0,9918	-0,6	0,2743
2,5	0,9938	-0,5	0,3085
2,6	0,9953	-0,4	0,3446
2,7	0,9965	-0,3	0,3821
2,8	0,9974	-0,2	0,4207
2,9	0,9981	-0,1	0,4602
3,0	0,9998	-0,0	0,5000

Με γραμμική παρεμβολή στο -0.4 και -0.5 υπολογίζεται πιθανότητα 0.3297 για $K=0.44$. Δηλαδή υπάρχει πιθανότητα 32.97% να πραγματοποιηθούν οι εργασίες στο διάστημα των 125 ημερών. Για να αυξηθεί η πιθανότητα αυτή, πρέπει να προστεθούν επιπλέον συνεργεία στον χώρο, ώστε να μειωθεί ο χρόνος διεκπεραίωσης των εργασιών. Η επιλογή όμως αυτή θα αυξήσει το τελικό κόστος των εργασιών. Στη συνέχεια, με τη μέθοδο MPM δημιουργούμε ένα ολοκληρωμένο δίκτυο εργασιών.

Στην κομβική μορφή δικτύων οι κόμβοι αντιπροσωπεύουν τις δραστηριότητες. Τα βέλη οδηγούν από κόμβο σε κόμβο, προς τον τελικό στόχο της ολοκλήρωσης της κατασκευής του έργου, δείχνοντας τις αλληλεξαρτήσεις των δραστηριοτήτων.

9.6 Κομβικό δίκτυο εργασιών - Μέθοδος MPM

Κομβικό Δίκτυο Εργασιών (μέθοδος MPM)



N.X.A	Σ.X.Π	Διοικητικά	N.X.T
B.X.A	Ε.Χ.Π	Εκπαιδευτικά	B.X.T

N.X.A: Νωρίτερος Χρόνος Αρχής
 B.X.A: Βραδύτερος Χρόνος Αρχής
 Σ.Χ.Π: Συνολικό Χρονικό Περιθώριο
 Ε.Χ.Π: Ελεύθερο Χρονικό Περιθώριο
 N.X.T: Νωρίτερος Χρόνος Τέλους
 B.X.T: Βραχύτερος Χρόνος Τέλους

Βιβλιογραφία

Διεθνείς Αναφορές

An et al 2005:

An, Kim, Kang, A case-based reasoning cost estimating model using experience by analytic hierarchy process 2005, Building and Environment 42 (2007) 2573–2579

<http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=29576>

Arafa and Alqedra 2011:

Skitmore, Stradling, Tuohy, Mkwezalamba, Early Stage Cost of Buildings Construction Projects using ANN, 2011

Barazza et al 2000:

G.A. Barazza, W.E Back, F. Mata, Probabilistic monitoring of project performance using SS-curves, 2000

<http://www.waset.org/journals/waset/v58/v58-83.pdf>

Bari 2008:

Nor Azmi Ahmad Bari, Exploring the types of construction cost modelling for IBS projects in Malaysia, 2008

http://www.i3con.org/files/conference-1/3_Industrialised_Construction/Session_3-Paper_1-Bari-I3con_UK.pdf

Bowen and Edwards 1985:

Bowen PA, Edwards PJ. Cost modeling and price forecasting; practice and theory in perspective. Construction Management and Economics 1985;3:199–215.

<http://books.google.gr/books?id=l3buZ2PkN3kC&pg=PA497&lpg=PA497&dq=Bowen+PA,+Edwards+PJ.+Cost+modeling+and+price+forecasting;+practice+and+theory+in+perspective.+Construction+Management+and+Economics+1985;3:199%E2%80%93215.&source=bl&ots=FyJqXG6aki&sig=Sh67E7MpyHawly5bfYPcXsfCaNo&hl=en&sa=X&ei=KndIUaT1JsuwPlj7gJgK&ved=0CCoQ6AEwAA#v=onepage&q=Bowen%20PA%2C%20Edwards%20PJ.%20Cost%20modeling%20and%20price%20forecasting%3B%20practice%20and%20theory%20in%20perspective.%20Construction%20Management%20and%20Economics%201985%3B%3A199%E2%80%93215.&f=false>

Cheng et al 2008:

Cheng, Tsai, Liu, Artificial intelligence approaches to achieve strategic control over project cash flows, 2008, Automation in Construction 18 (2009) 386–393

<http://books.google.gr/books?id=Imc6kHpvN7gC&q=Cheng,+Tsai,+Liu,+Artificial+intelligence+approaches+to+achieve+strategic+control+over+project+cash+flows,+2008,+Automation+in+Construction+18+%282009%29+386%E2%80%93393&dq=Cheng,+Tsai,+Liu,+Artificial+intelligence+approaches+to+achieve+strategic+control+over+project+cash+flows,+2008,+Automation+in+Construction+18+%282009%29+386%E2%80%93393&hl=en&sa=X&ei=dndIUaX2G4TIOovPgYAE&ved=0CCsQ6AEwAA>

Cheng et al, 2008:

Cheng, Tsai, Hsieh, Web-based conceptual cost estimates for construction projects using Evolutionary Fuzzy Neural Inference Model. *Automation in Construction* 18 (2009); 164-172
http://journals.ohiolink.edu/ejc/article.cgi?issn=09265805&issue=v18i0002&article=164_wccefcuefnim

Cheung et al 2001:

Cheung, Lam, Leung, Wan, Cheung SO, Lam TI, Leung MY, Wan YW. An analytical hierarchy process based procurement selection method. *Construction Management and Economics* 2001;19(4):427–37.
<http://eprints.qut.edu.au/4130/1/4130.pdf>

Chua 2000:

Chua DKH, Key factors in bid reasoning model. *Journal of Construction Engineering and Management* 2000;126(5):349–57.
<http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%290733-9364%282000%29126%3A5%28349%29>

Chua et al 1999:

Chua DKH, Kog YC, Loh PK, Critical success factors for different project objectives. *Journal of Construction Engineering and Management* 1999;125(3):142–50.
<http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%290733-9364%281999%29125%3A3%28142%29>

Fong and Choi 2000:

Fong PSW Choi SKY, Final contractor selection using the analytical hierarchy process. *Construction Management and Economics* 2000;18(5):547–57.
http://www.academia.edu/1083613/The_evolution_of_Analytical_Hierarchy_Process_AH_P_as_a_decision_making_tool_in_property_sectors

Fortune and Lees 1994:

Fortune, C. Lees, M., Early cost advice for clients—The practitioners’ verdict. Proc., Association of Researchers in Construction Management (ARCOM) 10th Annual Conf., Loughborough Univ. of Technology, U.K., 422–432.
<http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%290733-9364%282006%29132%3A7%28750%29?journalCode=jcemd4>

Fortune and Lees 1996:

Fortune, C. Lees, M., The relative performance of new and traditional cost models in strategic advice for clients. The Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS) Research Paper Series, 2 (2).
<http://eprints.qut.edu.au/4432/1/4432.pdf>

Hendrickson 1998:

Hendrickson Chris, *Project Management for Construction*, 1998
<http://pmbook.ce.cmu.edu/>

Hwang, 2009:

Seokyon Hwang, Dynamic Regression Models for Prediction of Construction Costs. Journal of Construction Engineering and Management 2009: 360-367

<http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0000006>

Khosrowshahi and Kaka 1996:

Khosrowshahi F, Kaka AP, Estimation of project total cost and duration for housing projects in the UK. Building and Environment 1996;31(4):373–83.

<http://140.118.5.71/web/paper/EFNIM%E8%AC%9D%E6%96%87%E5%B1%B1/Web-based%20Conceptual%20Cost%20Estimates%20for%20Construction%20Projects%20Using%20Evolutionary%20Fuzzy%20Neural%20Inference%20Model.pdf>

Kim et al, 2004:

Kim, An, Kang, Comparison of construction cost estimating models based on regression analysis, neural networks, and case-based reasoning, 2004, Building and Environment 39 (2004) 1235 – 1242

<http://www.deepdyve.com/lp/elsevier/comparison-of-construction-cost-estimating-models-based-on-regression-OGXFELnqC0>

Kim et al 2004*:

Kim, Yoon, An, Cho, Kang, Neural network model incorporating a genetic algorithm in estimating construction cost, Building and Environment 39 (2004) 1333 – 1340

http://www.iaeng.org/publication/WCECS2012/WCECS2012_pp566-570.pdf

Kouskoulas and Koehn 1974:

Kouskoulas V, Koehn E., Predesign cost estimation function for building. Journal of the Construction Division 1974;December: 589–604.

<http://www.thefreelibrary.com/Predesign+cost+estimation+of+urban+railway+projects+with+parametric...-a0219450872>

Li 1995:

Li H., Neural networks for construction cost estimation. Building Research and Information 1995;23(5):279–84.

<http://itc.scix.net/data/works/att/w78-1999-2476.content.pdf>

Lowe et al 2006:

Lowe, Emsley, Harding, Predicting Construction Cost Using Multiple Regression Techniques, 2006, Journal of construction engineering and management July 2006, 750-758

<http://www.ukm.my/jsb/jbp/files/paper02.pdf>

McCaffer 1975:

McCaffer R., Some examples of the use of regression analysis as an estimating tool. Quant. Surveyor, December, 81–86.

http://www.academia.edu/2812671/The_accuracy_of_construction_price_forecasts

McKim 1993:

McKim RA, Neural network application to cost engineering. Cost Engineering 1993;35(7):315
<http://www.cais.ntu.edu.sg/~pdm/paper/Cost%20Estimation/Product%20Cost%20Estimation,%20Technique%20Classification.pdf>

Navon 1996:

R. Navon, Company level cash flow management, 1996
http://www.engr.wisc.edu/cee/faculty/russell_jeffrey/2005_CashFlowForecastingModels.pdf

Ng et al, 2004:

Ng, Cheung, Skitmore, Wong, Ng, An integrated regression analysis and time series model for construction tender price index forecasting, Construction Management and Economics (June 2004) 22, 483–493
http://www.eprints.qut.edu.au/4135/1/4135_1.pdf

Peter 1979:

Peter F., Database Structures for Project Management, 1979
http://pmbook.ce.cmu.edu/12_Cost_Control,_Monitoring,_and_Accounting.html

Riggs 1986:

Riggs, L.S., Cost and Schedule Control in Industrial Construction, 1986
http://www.nwoglca.org/PDF_Files/Construction%20Project%20Controls_%20Cost,%20Schedule%20and%20Change%20Management.pdf

Saaty 1980:

Saaty TL. The analytical hierarchy process. New York: McGraw- Hill; 1980.
http://www.colorado.edu/geography/leyk/geog_5113/readings/saaty_2008.pdf

Ελληνικές αναφορές

Καστρινάκης 2002:

Καστρινάκης Αντωνης, Διεύθυνση Κατασκευών Τεχνικών Έργων, 2002

Κοκολάκης και Σπηλιώτης 1999:

Εισαγωγή στη Θεωρία Πιθανοτήτων και Στατιστική, 1999

Μουτσοπούλου 2008:

Μουτσοπούλου,Θ. Τσιπήρας, Α. Τσιπέρα, Κόστος και Προϋπολογισμός κατασκευών, 2008

