

ΠΑΝΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ & ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ & ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

PANTEION UNIVERSITY OF SOCIAL & POLITICAL SCIENCES

DEPARTMENT OF ECONOMIC & REGIONAL DEVELOPMENT



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΕΦΗΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ»

(APPLIED ECONOMICS AND REGIONAL DEVELOPMENT)

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ : ΑΣΤΙΚΗΣ & ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ : ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΑΚΙΝΗΤΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΓΙΑ ΤΗΝ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ ΤΩΝ ΑΚΙΝΗΤΩΝ**

**(ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΕ ΑΡΧΙΚΟ ΣΤΑΔΙΟ ΜΕ ΤΗΝ
ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΠΟΛΥΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ)**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΔΙΑΠΗΣ

ΣΥΝΤΑΚΤΗΣ: ΠΑΔΡΑΣ ΜΙΧΑΛΗΣ (Α.Μ: 0814Μ042)

ΑΘΗΝΑ, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2016

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Λιάπη Κ. και τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Καντιάνη Δ. για την καθοδήγηση και υποστήριξη σε όλο το διάστημα εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής.

“It is not the cheaper things in life that we want to possess,
but the expensive things that cost less”

John Ruskin (1819–1900)

Copyright Notice

All rights reserved. No reproduction, copy, translation or transmission of this thesis or part of this thesis may be made without the written permission from the author.

Για τη μερική ή ολική, αντιγραφή, μετάφραση, αναδημοσίευση αυτής της διπλωματικής εργασίας, καθώς και για την αναπαραγωγή αυτής με οποιοδήποτε μέσο, απαιτείται η γραπτή άδεια του συντάκτη.

Περίληψη

Ο κλάδος των Κατασκευών συμβάλλει ουσιαστικά στην οικονομία κάθε χώρας, ως βασικός συντελεστής διαμόρφωσης του ΑΕΠ, τόσο με άμεσο τρόπο (κατασκευή οικιστικών, εμπορικών, βιομηχανικών κτηρίων και δημοσίων έργων και υποδομών) όσο και με έμμεσο τρόπο (συμβολή στην βιομηχανική παραγωγή οικοδομικών υλικών, παροχή υπηρεσιών κ.λπ.). Στα πλαίσια του δομημένου περιβάλλοντος, το τμήμα των κατοικιών, δηλαδή η κατασκευή χώρων στέγασης για νοικοκυριά, αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό του κλάδου.

Η έγκαιρη και με ακρίβεια πρόβλεψη και διαχείριση του κόστους κατασκευής αποτελούν ιδιαίτερα κεφάλαια της Διαχείρισης Κόστους (Cost Management) και της επιστήμης της Διοικητικής Λογιστικής (Management Accounting) και εργαλεία για όλους τους εμπλεκόμενους φορείς στον χώρο των κατασκευών: πελάτες / επενδυτές / developers, χρηματοδοτικούς οργανισμούς, εκτιμητές, αρχιτέκτονες / μηχανικούς / τεχνικά γραφεία / εργολάβους / υπεργολάβους.

Η παρούσα διπλωματική εργασία, η οποία εκπονείται στο πλαίσιο του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών του τμήματος Οικονομικής και Περιφερειακής ανάπτυξης του Παντείου Πανεπιστημίου, έχει ως σκοπό την περιγραφή του γενικού πλαισίου της Διαχείρισης του Κατασκευαστικού Κόστους στη διάρκεια της κατασκευαστικής περιόδου (από την σύλληψη της αρχικής ιδέας μέχρι και την ολοκλήρωση του έργου) και την έρευνα για τη δυνατότητα εφαρμογής οικονομετρικού μοντέλου για τον προσδιορισμό σε αρχικό στάδιο του κόστους κατασκευής οικιακών κτιριακών έργων με τη χρήση ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών και χωρίς τη χρήση μοναδιαίων τιμών κόστους υλικών και εργασίας.

Abstract

The construction sector is an important contributor to every country's economy, as a major coefficient in the formation of the GDP, both directly (through the construction of residential, commercial and industrial buildings and through public infrastructure) and indirectly (through its contribution to the industrial production of building material and to the sector of services). Residential space is a major part of the concept of Built Environment.

The early and accurate prediction, management & control of the construction cost, are all chapters of the Cost Management theory and of the Management Accounting discipline. They are also important tools for all parties involved in the construction business: clients / investors / developers / financial institutions / valuers / architects / engineers / construction companies / contractors / sub-contractors.

The purpose of this dissertation, which is conducted for the Graduate Program of the Department of Economic & Regional Development at Panteion University (Athens, Greece), is to study and record the Construction Project Cost Management framework (from the early stage of the project inception to the finalization of the construction work) and the possibility of applying an econometric model for forecasting the residential construction cost in the early stages, with the use of quantitative and qualitative characteristics and without using price rates.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

- 1.1 Γενικά
- 1.2 Αντικείμενο Εργασίας
- 1.3 Θεωρία
- 1.4 Έρευνα
- 1.5 Συμπεράσματα

Κεφάλαιο 2: Διαχείριση Κατασκευαστικού Κόστους

- 2.1 Ο κατασκευαστικός κλάδος στην οικονομία
- 2.2 Η Διαχείριση του κατασκευαστικού κόστους
 - 2.2.1 Έλεγχος κόστους - Cost Control
 - 2.2.2 Ανάλυση κόστους - Cost Analysis
 - 2.2.3 Σχεδιασμός Κόστους - Cost Planning
 - 2.2.4 Εκτίμηση Κόστους - Cost Estimating
 - 2.2.5 Κατάρτιση Προϋπολογισμού – Determining the Budget

Κεφάλαιο 3: Εκτίμηση του Κόστους Κατασκευής

- 3.1 Γενικά
- 3.2 Οι single-rate μέθοδοι εκτίμησης
 - 3.2.1 «Unit of Accommodation»
 - 3.2.2 «Building Volume» ή «Cube method»
 - 3.2.3 «Superficial» ή «Floor Area method»
 - 3.2.4 «Storey Enclosure method»
- 3.3 Οι multi-rate μέθοδοι εκτίμησης
 - 3.3.1 «Elemental cost plan method»
 - 3.3.2 «Approximate quantities method»
 - 3.3.3 «Analytical estimating method»
 - 3.3.4 «Operational estimating method»
- 3.4 Πόσο ακριβείς είναι οι μέθοδοι πρόβλεψης του κόστους κατασκευής
- 3.5 Η εφαρμογή Διεθνών Προτύπων ICMS

Κεφάλαιο 4 : Έρευνα

- 4.1 Γενικά
- 4.2 Η Γραμμική Παλινδρόμηση
 - 4.2.1 Η μέθοδος της Απλής Γραμμικής Παλινδρόμησης
 - 4.2.2 Η μέθοδος της Γραμμικής Πολυμεταβλητής Παλινδρόμησης
- 4.3 Η εκτίμηση του υποδείγματος
 - 4.3.1 Η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων
 - 4.3.2 Ο πίνακας ANOVA
 - 4.3.3 Ο Συντελεστής Προσδιορισμού R^2
 - 4.3.4 Έλεγχος της παλινδρόμησης με την F-κατανομή

- 4.3.5 Έλεγχος συντελεστών παλινδρόμησης με τη Στατιστική t
- 4.3.6 Συντελεστής Συσχέτισης & Πίνακες Συσχετίσεων
- 4.4 Έρευνα
 - 4.4.1 Εισαγωγή
 - 4.4.2 Μεθοδολογία
 - 4.4.3 Στόχος και Αντικείμενα της έρευνας
 - 4.4.4 Συλλογή δεδομένων και επεξεργασία
 - 4.4.5 Επιλογή τεχνικής εκτίμησης του κατασ/τικού κόστους
 - 4.4.6 Επιλογή των σημαντικότερων μεταβλητών και κατάρτιση του μαθηματικού υποδείγματος
 - 4.4.7 Περιορισμοί
 - 4.4.8 Συμπεράσματα έρευνας

Κεφάλαιο 5. Γενικά Συμπεράσματα

- 1.1 Θεωρία
- 1.2 Πρακτική
- 1.3 Έρευνα
- 1.4 Συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική έρευνα

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

- Πίνακας 1 Συντελεστών Συσχέτισης με το Συνολικό Κόστος
- Πίνακας 2 Συντελεστών Συσχέτισης μεταξύ των Μεταβλητών
- Πίνακας 3 Διαφορές μεταξύ πραγματικού και εκτιμώμενου κόστους (υποδείγματα παλινδρομήσεων με μια μεταβλητή)
- Equation #1
- Equation #2
- Equation #3
- Equation #4
- Equation #5
- Equation #6
- Equation #6A
- Equation #6B
- ΕΛ. ΣΤΑΤ. «Ετήσιο Αρχείο Δεικτών Τιμών Κατηγοριών Έργων» 2000-2015

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Οι σύγχρονες ανθρώπινες κοινωνίες είναι συνυφασμένες με τη δημιουργία πόλεων και γενικότερα με την έννοια του δομημένου περιβάλλοντος, καθώς από τη βιομηχανική επανάσταση, η εξέλιξη της τεχνολογίας και η οικονομική ανάπτυξη, συγκέντρωσαν και συνεχίζουν να συγκεντρώνουν τους πληθυσμούς σε μεγάλα αστικά κέντρα. Η έννοια του δομημένου περιβάλλοντος, περιλαμβάνει τον κατασκευασμένο χώρο στον οποίο οι άνθρωποι ζουν, εργάζονται και δημιουργούν σε καθημερινή βάση (Roof *et al.*, 2008) και αποτελείται από κάθε είδους κατασκευές: έργα υποδομής, κατοικίες, χώρους εργασίας, εκπαίδευσης, περίθαλψης, άθλησης, ψυχαγωγίας κ.λπ.

Κάθε κατασκευαστικό έργο προϋποθέτει ένα κόστος κατασκευής και λειτουργίας. Η διαχείριση αυτού του κόστους περιλαμβάνει έννοιες όπως: εκτίμηση/πρόβλεψη του κόστους κατασκευής και λειτουργίας του έργου (cost estimating), εύρεσης εναλλακτικών οικονομικών λύσεων στον τρόπο κατασκευής που ταυτόχρονα θα ικανοποιεί τις απαιτήσεις του σκοπού του έργου (alternative planning), κατάρτιση προϋπολογισμού (budgeting), έλεγχο του κόστους κατά τη διάρκεια της κατασκευής (cost control), αποπεράτωση της κατασκευής αλλά και λειτουργία του έργου εντός ενός αποδεκτού εκ των προτέρων προϋπολογισμού (delivery within budget).

Κρίσιμο ζήτημα για κάθε κατασκευαστικό έργο είναι «Πόσο θα κοστίσει;».

Η πρόσφατη αλλά και οι παλαιότερες οικονομικές κρίσεις, ανέδειξαν σε παγκόσμιο επίπεδο το πρόβλημα και τις συνέπειες που προκαλεί η έλλειψη κεφαλαίων στους παραγωγικούς κλάδους και ίσως πιο έντονα από όλους στον κλάδο των κατασκευών. Σε συνθήκες πληθωρισμού, η αύξηση επιτοκίων συχνά οδηγεί στην ακόμα μεγαλύτερη αύξηση του κόστους κατασκευής (Ashworth, 2004). Όταν η αύξηση αυτή υπερβαίνει τον πληθωρισμό, δημιουργείται η εντύπωση ότι η βιομηχανία των κατασκευών δεν λειτουργεί αποτελεσματικά (Seeley, 1983). Συνέπεια των παραπάνω υπήρξε και η εισαγωγή της έννοιας «value for money» στην βιομηχανία των κατασκευών. Πρόκειται για την τάση προς βελτιστοποίηση των μεθόδων κατασκευής και λειτουργίας των κτιρίων, με απώτερο σκοπό την εξάλειψη της σπατάλης των υλικών και την καλύτερη αξιοποίηση των περιορισμένων πόρων.

Κανένα έργο πλέον δεν μπορεί να ξεκινήσει χωρίς να προηγείται κάποια εκτίμηση κόστους. Η πρόβλεψη αυτή σε αρχικό στάδιο είναι ίσως η κρισιμότερη διαδικασία και καθορίζει τη «μοίρα» του νέου έργου (Sodikov, 2005). Όπως είναι φυσικό, μια τέτοια εκτίμηση εξαρτάται από τις διαθέσιμες πληροφορίες και είναι λογικό ότι σε αρχικό στάδιο (πριν τη σχεδίαση) οι πληροφορίες, ιδιαίτερα όσον αφορά το τεχνικό μέρος, είναι αρκετά περιορισμένες και συνεπώς μια εκτίμηση κόστους έχει μεγαλύτερα περιθώρια απόκλισης από το τελικό. Όσο εξελίσσεται η σχεδίαση και η κατασκευή ενός έργου, τόσο οι εκτιμήσεις προσεγγίζουν περισσότερο το πραγματικό κόστος.

Συνεπώς, η κοστολόγηση ενός έργου είναι μια δυναμική διαδικασία, που όμως η κρισιμότερη φάση της είναι η αρχική, όταν δηλαδή θα πρέπει να γίνει εκτίμηση του συνολικού κόστους του έργου και με βάση αυτή την εκτίμηση να ληφθούν αποφάσεις σχετικά με το αν το έργο θα λάβει έγκριση για εκκίνηση, αν θα πρέπει να επαναξιολογηθεί ή ακόμα και αν θα πρέπει να εγκαταλειφτεί ολοκληρωτικά.

Η ακρίβεια στις εκτιμήσεις κόστους που ξεκινούν από το αρχικό στάδιο μέχρι και την κατάθεση των προσφορών, μπορεί να αποβεί καθοριστική για την επιτυχία ή την αποτυχία ενός έργου. Πολλές κατασκευαστικές αποτυχίες προκλήθηκαν από ανακριβείς ή λάθος εκτιμήσεις κόστους (Ahuja *et al.*, 1994). Κατά συνέπεια είναι πολύ σημαντική η ανάγκη για εξέλιξη των μεθόδων πρόβλεψης του τελικού κόστους κατασκευής, αλλά και των επιμέρους τμημάτων και εργασιών των έργων, ενώ η χρήση της τεχνολογίας παρέχει νέες προοπτικές, ειδικότερα όσον αφορά στην μοντελοποίηση των εναλλακτικών σεναρίων σε θέματα σχεδιασμού και επιλογής μεθόδων κατασκευής των κτιρίων (Ashworth, 2004).

1.2 Αντικείμενο εργασίας

Αντικείμενα εργασίας της παρούσας διπλωματικής αποτελούν:

- Η επισκόπηση της θεωρίας σχετικά με τη Διαχείριση του Κατασκευαστικού Κόστους και η μελέτη των μεθόδων και τεχνικών εκτίμησης αυτού
- Η κατασκευή ενός μαθηματικού υποδείγματος (παραμετρικό μοντέλο) βασισμένου σε ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά, για την πρόβλεψη του συνολικού κόστους κατασκευής οικιστικών κτιρίων.

Όπως προαναφέρθηκε, ίσως η κρισιμότερη εκτίμηση κόστους είναι αυτή που γίνεται σε αρχικό στάδιο, όταν δηλαδή το έργο βρίσκεται σε φάση στρατηγικού σχεδιασμού, πριν ξεκινήσει η δαπάνη του σχεδιασμού και φυσικά πολύ πριν ξεκινήσει οποιαδήποτε κατασκευαστική εργασία.

Πελάτες/επενδυτές, μηχανικοί, κατασκευαστές/εργολάβοι, project managers και quantity surveyors, ενδιαφέρονται όλοι για το κόστος κατασκευής και την ανάπτυξη μεθόδων που το υπολογίζουν, με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια και σε όσο το δυνατόν νωρίτερο χρόνο. Ωστόσο, το «κόστος κατασκευής» δεν είναι για όλους το ίδιο ποσό.

Για παράδειγμα:

Οι επενδυτές, οι οποίοι τις περισσότερες φορές δεν έχουν καμία εμπειρία κατασκευών ούτε κοστολόγησης, ενδιαφέρονται για το συνολικό (μεικτό) ποσό που θα χρειαστεί να καταβάλουν μέχρι και την ολοκλήρωση του κτιρίου (συμπεριλαμβανομένου και του κέρδους του κατασκευαστή), προκειμένου να υπολογίσουν την απόδοσή του σε σχέση με την αντίστοιχη επένδυση κεφαλαίων ROI (return on investment).

Οι αρχιτέκτονες και μηχανικοί, οι οποίοι ασχολούνται κυρίως για τα τεχνικά χαρακτηριστικά και την αισθητική του έργου, ενδιαφέρονται για τα επιμέρους κόστη και τις επιλογές εναλλακτικών λύσεων στην σχεδίαση, που μπορεί να επηρεάσουν την τελική αισθητική και λειτουργία του έργου.

Οι ανάδοχοι (κατασκευαστές, εργολάβοι, υπεργολάβοι), οφείλουν να γνωρίζουν το συνολικό καθαρό και το επιμέρους κόστος κατασκευής, καθώς και την διάρθρωση κάθε κόστους σε άμεσο (direct cost) και έμμεσο κόστος (indirect cost ή αλλιώς overheads) και σε συντελεστές παραγωγής (εργασία, υλικά, μηχανήματα/εξοπλισμό), ώστε να δύναται να ολοκληρώσουν ένα έργο ή τμήματα αυτού εντός ενός εγκεκριμένου προϋπολογισμού, στα πλαίσια των συμφωνημένων τεχνικών προδιαγραφών, εξασφαλίζοντας παράλληλα την μεγιστοποίηση του κέρδους τους.

Οι κοστολόγοι, οι quantity surveyors και οι project managers, είναι υπεύθυνοι για τον έλεγχο του συνολικού και επιμέρους κόστους και συντονίζουν τα παραπάνω μέρη (πελάτες/επενδυτές, μηχανικούς, αναδόχους/εργολήπτες κ.λπ.) στην υλοποίηση του έργου με διαρκείς αξιολογήσεις και αναφορές.

Συνεπώς στην Διαχείριση κόστους αλλά και στις εκτιμήσεις, οφείλουμε να ορίζουμε ακριβώς σε ποιο κόστος αναφερόμαστε.

Για το ερευνητικό μέρος της παρούσας διπλωματικής, εκτιμούμε το συνολικό κόστος κατασκευής που σχετίζεται με την κατασκευή οικιστικών έργων (κατοικίες και πολυκατοικίες) κυρίως με τη χρήση υπεργολάβων, που είναι και ο συνηθέστερος τρόπος κατασκευής κατοικιών στην περιοχή της Αττικής. Στην περίπτωση αυτή, το συνολικό κόστος κατασκευής περιλαμβάνει:

- Το κόστος σχεδίασης του έργου (αρχιτεκτονικές, στατικές και μηχανολογικές μελέτες).
- Το κόστος έκδοσης αδείας.
- Το κόστος διαμόρφωσης του οικοπέδου σε εργοτάξιο.
- Το κόστος κατασκευής και ολοκλήρωσης του έργου μέσω υπεργολάβων (συμπεριλαμβανομένου και του κέρδους αυτών).
- Το κόστος κατασκευής που αφορά τις εργασίες που γίνονται συνήθως με αυτεπιστασία.
- Το κόστος των ασφαλιστικών εισφορών που συνδέονται με την άμεση εργασία.
- Το κόστος σύνδεσης με τα δίκτυα

Δεν συμπεριλαμβάνονται το κέρδος του υπερ-εργολάβου (γενικού αναδόχου) και τα έμμεσα κόστη (overheads) του αναδόχου (π.χ. έξοδα λειτουργίας, λογιστικά, φορολογικά κτλ. της ανάδοχης εταιρείας).

1.3 Θεωρία

Διαχείριση κόστους έργου (Project Cost Management), ονομάζεται η διαδικασία κατά την οποία εφαρμόζεται ο μεγαλύτερος δυνατός έλεγχος σχετικά με στο κόστος ενός κατασκευαστικού έργου (Newton, 2015). Αποτελεί δε ένα από τα δέκα γνωστικά αντικείμενα του Project Management. Απαραίτητο εργαλείο για τη διενέργεια της διαχείρισης κόστους είναι η εκτίμηση του κόστους.

Οι εκτιμήσεις κόστους, σύμφωνα με την CMAA – Construction Management Association of America, κατατάσσονται σε «αρχικές» (conceptual estimations), που χρησιμοποιούνται κατά κανόνα σε αρχικό στάδιο στρατηγικού σχεδιασμού και σε «λεπτομερείς» (detailed estimations), που εφαρμόζονται κυρίως όταν υπάρχουν

βασικά ή λεπτομερή σχέδια, οπότε μπορούν να υπολογιστούν οι επιμέρους φάσεις εργασιών, καθώς και οι σχετικές ποσότητες υλικών και εργασίας (CMAA, 2008).

Ο όρος «early-cost estimation» (προ-εκτίμηση κόστους) χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη διαδικασία της πρόβλεψης του κόστους πριν ξεκινήσει ή πριν ολοκληρωθεί η σχεδιάσή του (Sanders *et al.*, 1992).

Στις αρχικές (conceptual) εκτιμήσεις έχουμε τις εξής μεθόδους:

- Αναλογικές μέθοδοι εκτίμησης (top down), που χρησιμοποιούν πραγματικούς υπολογισμούς τελικού κόστους από προηγούμενα παρόμοια έργα.
- Παραμετρικά μοντέλα εκτίμησης, που χρησιμοποιούν τα χαρακτηριστικά των έργων με τη μορφή μαθηματικών εξισώσεων (π.χ. κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο, κόστος ανά μονάδα χώρου)
- Bottom-Up μέθοδοι εκτίμησης, που χρησιμοποιούν τα επιμέρους στοιχεία του έργου τα οποία κοστολογούνται επιμέρους και αθροίζονται για να αποδώσουν το συνολικό κόστος.
- Υπολογιστικά μοντέλα, τα οποία συνδυάζουν χαρακτηριστικά του έργου με στοιχεία κόστους από τις εθνικές βάσεις δεδομένων.

Οι εκτιμήσεις κόστους προκειμένου να οδηγούν σε χρήσιμα συμπεράσματα οφείλουν να είναι έγκυρες και αξιόπιστες στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό. Όσον αφορά στην εγκυρότητα των αρχικών εκτιμήσεων, σύμφωνα με τη ισχύουσα βιβλιογραφία το ποσοστό διακύμανσης είναι αρκετά μεγάλο. Όταν υπάρχουν περιορισμένες πληροφορίες για το έργο, οι εκτιμήσεις μπορεί να παρουσιάζουν διακύμανση από $\pm 25\%$ έως και $\pm 50\%$ (Schexnayder *et al.*, 2003), ενώ συνήθως συναντούμε ποσοστά από $\pm 25\%$ έως $\pm 30\%$ (Ritz, 1994). Κατά AACEI (Association for the Advancement of Cost Engineering International) η διακύμανση θα πρέπει να κυμαίνεται από -30% έως $+50\%$.

Η πρώτη έκδοση του «Building Bulletin» από το Υπουργείο Παιδείας της Μ. Βρετανίας το 1951, εξηγούσε τις τεχνικές της «ανάλυσης κόστους» (cost analysis) και του «σχεδιασμού του κόστους» (cost planning). Αυτές οι τεχνικές παρουσιάστηκαν εκείνη την εποχή ως ισχυρά εργαλεία για τον «έλεγχο του κόστους» κατασκευής (επόμενες εκδόσεις ακολούθησαν το 1957 και το 1972).

Από την πρώτη στιγμή, όταν δηλαδή συλλαμβάνεται η αρχική ιδέα, μέχρι και την ολοκλήρωση ενός κατασκευαστικού έργου, υπάρχουν διάφορα στάδια, στα οποία εφαρμόζονται διαφορετικές μέθοδοι εκτίμησης.

Σε αρχικό στάδιο (πριν τη σχεδίαση) ενός έργου, τα μοντέλα υπολογισμού κόστους βασίζονται στην εμπειρία από αντίστοιχα (σε μέγεθος και χρήση) έργα που κατασκευάστηκαν στο πρόσφατο παρελθόν. Υπολογίζουν δε το κόστος του νέου έργου, χρησιμοποιώντας τιμές που ανάγονται σε μονάδες επιφανείας (π.χ. κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο, ανά δωμάτιο ξενοδοχείου, ανά κλίνη νοσοκομείου κ.λπ.).

Στο στάδιο της σχεδίασης όπου μπορούν να διατυπωθούν αρχικά χονδρικές και στην πορεία πιο λεπτομερείς προδιαγραφές, καταρτίζονται γενικοί και αργότερα αναλυτικοί πίνακες τιμών και ποσοτήτων, που περιγράφουν τα στάδια και τις εργασίες, σε μονάδες μέτρησης ποσότητας των συντελεστών (υλικών, εργατικών, χρήση μηχανημάτων κ.λπ.). Στη συνέχεια οι ποσότητες αυτές αντιστοιχίζονται με

τιμές βασισμένες σε εμπειρικά στοιχεία και διαμορφώνεται η συνολική εκτίμηση κόστους αλλά και η ανάλυση του στα επιμέρους στάδια και εργασίες (Brook, 2004).

Η ικανότητα διενέργειας αναλύσεων κόστους είναι πολύ σημαντική για τους επαγγελματίες του χώρου. Η σύγχρονη τάση για ακριβέστερες προβλέψεις πηγάζει από την ανάγκη το κόστος του έργου να παραμείνει μέχρι και την ολοκλήρωσή του μέσα στα πλαίσια της αρχικής πρόβλεψης.

1.4 Έρευνα

Στο ερευνητικό μέρος της παρούσας διπλωματικής, επιχειρείται η διατύπωση ενός μαθηματικού μοντέλου προ-κοστολόγησης, δηλαδή της εκτίμησης σε αρχικό στάδιο του συνολικού κόστους κατασκευής ενός κατασκευαστικού έργου.

Η εκτίμηση κόστους σε αρχικό στάδιο παρουσιάζει αρκετές δυσκολίες. Οι κυριότερες αφορούν στην μικρή ποσότητα πληροφοριών γύρω από το εκτιμώμενο έργο, στην έλλειψη βάσεων δεδομένων με κοστολογήσεις προηγούμενων αντίστοιχων έργων, στην έλλειψη κατάλληλων μεθόδων/εργαλείων εκτίμησης, καθώς και στην ανάμειξη πολλών αστάθμητων (περιβαλλοντολογικών, πολιτικών και κοινωνικών) παραγόντων που μαζί με άλλους εξωγενείς παράγοντες δημιουργούν συνθήκες αβεβαιότητας για την τελική έκβαση του συνολικού κόστους. Προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι παραπάνω ανασταλτικοί παράγοντες, χρησιμοποιούνται ευρέως συμβατικά οικονομετρικά εργαλεία όπως η μέθοδος της παλινδρόμησης (Mahamid, 2011).

Η έρευνα που διενεργήσαμε, βασίζεται σε πραγματικά δεδομένα από οικιστικά έργα (κατοικίες και διαμερίσματα) στην περιοχή της Αττικής, κατά την περίοδο 2000-2015, και ως εργαλείο για τη διερεύνηση και διατύπωση μιας εξίσωσης (μοντέλο) πρόβλεψης του συνολικού κόστους κατασκευής, χρησιμοποιεί τη μέθοδο της απλής και της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης. Τα δε στοιχεία που χρησιμοποιήσαμε ως μεταβλητές για την πρόβλεψη του κόστους, προέρχονται από πληροφορίες σχετικά με ορισμένα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του έργου, που είναι εύκολα και ανέξοδα διαθέσιμες πριν την έναρξη της σχεδίασης του έργου και αποτυπώνουν γενικά τις επιθυμίες του πελάτη/χρηματοδότη του έργου.

1.5 Συμπεράσματα

Κάθε κατασκευή συνεπάγεται κάποιο κόστος. Η διαχείριση αυτού του κόστους είναι ιδιαίτερα σημαντική εργασία, καθώς από αυτήν εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό η αρχική απόφαση για την έναρξη της κατασκευής, την ολοκλήρωση και τη βιωσιμότητα του έργου.

Η εκτίμηση/πρόβλεψη του κόστους των επιμέρους εργασιών αλλά και του συνολικού κόστους ενός έργου, είναι η κρισιμότερη εργασία στην διαχείριση κόστους, η οποία επαναλαμβάνεται συχνά κατά τη διάρκεια της κατασκευής του έργου. Ανάλογα την φάση που βρίσκεται, από τον στρατηγικό σχεδιασμό, τη αρχική σχεδίαση, την οριστικοποίηση του σχεδιασμού, την εκκίνηση των εργασιών μέχρι και την ολοκλήρωσή του, η εκτίμηση του κόστους διενεργείται με διαφορετικούς τρόπους και μεθόδους. Ανάλογα με την πρόοδο του έργου, κάθε επόμενη εκτίμηση πλησιάζει περισσότερο στο πραγματικό τελικό κόστος και κάθε επόμενη εκτίμηση

διασταυρώνεται με την προηγούμενη καθώς και με το πραγματοποιηθέν κόστος. Τα συμπεράσματα από αυτές τις διασταυρώσεις στοιχείων προωθούνται στη διοίκηση και αποτελούν τη βάση των διοικητικών αποφάσεων.

Η μεγαλύτερη δυσκολία στην εκτίμηση του κόστους κατασκευής οφείλεται στην ποικιλία και την πολυπλοκότητα των κατασκευαστικών έργων αλλά και στα προβλήματα συγκέντρωσης αξιόπιστων και ομοιογενών ιστορικών δεδομένων.

Στο ερευνητικό μέρος της παρούσας διπλωματικής, χρησιμοποιήσαμε δεδομένα από δείγμα εκατόν πέντε (105) παρατηρήσεων που αφορούν σε οικιστικά κτίρια (πολυκατοικίες και κατοικίες) που κατασκευάστηκαν στην περιοχή της Αττικής κατά την περίοδο 2000-2015 και με τη μέθοδο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης καταλήξαμε σε ένα αξιόπιστο μαθηματικό υπόδειγμα για την εκτίμηση του συνολικού κόστους κατασκευής ενός αντίστοιχου οικιστικού κτιρίου.

Κεφάλαιο 2. Διαχείριση Κατασκευαστικού Κόστους

2.1 Ο Κατασκευαστικός κλάδος στην Οικονομία

Σύμφωνα με πρόσφατη (Μάρτιος 2015) μελέτη του IOBE (ΣΕΠΑΚ-IOBE, 2015), οι κατασκευές αποτελούν έναν από τους βασικούς τομείς της ελληνικής οικονομίας, περιλαμβάνοντας πλήθος προϊόντων και υπηρεσιών. Στον πυρήνα του τομέα βρίσκονται οι δραστηριότητες κατασκευής κτηρίων και έργων υποδομής από τεχνικές και οικοδομικές επιχειρήσεις (π.χ. δρόμοι και κοινωφελή έργα), καθώς και άλλες εξειδικευμένες κατασκευαστικές δραστηριότητες (κατεδαφίσεις, ηλεκτρολογικές και υδραυλικές εγκαταστάσεις κ.ά.). Στην ευρύτερη αλυσίδα εφοδιασμού των Κατασκευών ενσωματώνονται και άλλες δραστηριότητες από τους κλάδους εξόρυξης, μεταποίησης, εμπορίου και υπηρεσιών. Αξίζει να σημειωθεί ότι στον κλάδο δραστηριοποιούνται σαράντα έξι (46) κατηγορίες επαγγελματιών με βάση την 3ψηφια ταξινόμηση ΣΤΕΠ (Στατιστική Ταξινόμηση Επαγγελματιών), ενώ στον ευρύτερο τομέα εντοπίζονται ογδόντα έξι (86) κατηγορίες επαγγελματιών, στις οποίες ενσωματώνονται εκατοντάδες επιμέρους επαγγέλματα.

Στις αμιγώς κατασκευαστικές δραστηριότητες απασχολούνταν το 2013 περίπου 162 χιλ. άτομα και σχεδόν 87.000 επιχειρήσεις (στοιχεία 2012), οι οποίες δημιούργησαν περισσότερα από €3,1 δισεκ. προστιθέμενης αξίας στην ελληνική οικονομία. Στη μεταποίηση, η οποία περιλαμβάνει τους βασικούς προμηθευτές των κατασκευών (παραγωγή δομικών και μεταλλικών και άλλων προϊόντων) απασχολούνταν 62 χιλ. άτομα σε 14,2 χιλ. επιχειρήσεις, οι οποίες δημιούργησαν το 2013 περίπου €2,6 δισεκ. προστιθέμενης αξίας στην ελληνική οικονομία.

Το 2013 η προστιθέμενη αξία του ευρύτερου τομέα διαμορφώθηκε σε €8,1 δισεκ., περίπου 4% του ΑΕΠ, έναντι συμμετοχής 8,7% το 2008 και 9,2% κατά μέσο όρο την περίοδο 2000-2008. Σημαντική ήταν η επίπτωση της κρίσης και στην απασχόληση, η οποία συνολικά στον ευρύτερο τομέα των κατασκευών διαμορφώθηκε το 2013 σε 287 χιλ. άτομα (8,7% της συνολικής απασχόλησης), έναντι 589 χιλ. το 2008 (13% της συνολικής απασχόλησης).

Είναι γεγονός ότι οι Κατασκευές επηρεάστηκαν ασύμμετρα σε σύγκριση με το σύνολο και τους υπόλοιπους κλάδους της οικονομίας, τόσο σε όρους προστιθέμενης αξίας όσο και απασχόλησης. Η σωρευτική μείωση της προστιθέμενης αξίας των Κατασκευών μεταξύ 2008-2013 έφτασε το 76%, ενώ της απασχόλησης το 59%, ξεπερνώντας σε μεγάλο βαθμό τη μείωση που καταγράφεται στο σύνολο και στους υπόλοιπους τομείς της ελληνικής οικονομίας.

Η συρρίκνωση της κατασκευαστικής δραστηριότητας στην Ελλάδα ήταν αποτέλεσμα της δραστηρικής μείωσης των επενδύσεων σε κατοικίες και άλλα κατασκευαστικά έργα, μετά το 2007. Ειδικότερα, η συνολική επενδυτική δαπάνη για κατασκευαστικά έργα μειώθηκε από €33 δισεκ. το 2007 σε περίπου €10 δισεκ. το 2013 (μείωση 69%). Το μεγαλύτερο μέρος της μείωσης οφείλεται στην υποχώρηση της δαπάνης ανέγερσης νέων κατοικιών, η οποία την ίδια περίοδο μειώθηκε κατά 81%, από €24 δισεκ. το 2007 σε €4,6 δισεκ. το 2013. Ως αποτέλεσμα, το μερίδιο των επενδύσεων σε κατοικίες επί του συνόλου των επενδύσεων σε κατασκευαστικά έργα, μειώθηκε από 74% το 2007 σε 46% το 2013.

Η δαπάνη για κατασκευές νέων κατοικιών αποτελούσε το 2013 το 19,3% των συνολικών επενδύσεων, ενώ σύμφωνα με τα τελευταία διαθέσιμα στοιχεία, στο 9μηνο του 2014 οι επενδύσεις σε κατοικίες έχουν υποχωρήσει σε περίπου 10,4% των συνολικών επενδύσεων.

Το 2007 οι επενδύσεις σε κατοικίες αντιστοιχούσαν στο 10,8% του ΑΕΠ, με κατακόρυφη όμως πτώση το 2013 στο 2,2% του ΑΕΠ (και 1,1% στο 9μηνο του 2014). Οι επενδύσεις σε λοιπές κατασκευές μέχρι το 2008 δεν σημείωναν μεγάλες διακυμάνσεις, καθώς διαμορφώνονταν περίπου σε €9,9 δισεκ. ή 4,4% του ΑΕΠ και το 20,5% των συνολικών επενδύσεων κατά μέσο όρο. Από το 2009 όμως εμφανίζουν πτωτική τάση, η οποία επιταχύνθηκε μετά το 2011 λόγω της περιστολής του Προγράμματος Δημοσίων Επενδύσεων (ΠΔΕ) που τροφοδοτεί το μεγαλύτερο τμήμα των επενδύσεων σε λοιπές κατασκευές.

Οι μειωμένες επενδύσεις σε κατοικίες «αφαίρεσαν» από το ΑΕΠ περίπου 1,4 μονάδες ετησίως κατά μέσο όρο, ή διαφορετικά η ύφεση θα ήταν κατά 1,4 μονάδες ηπιότερη, αν δεν είχαν μειωθεί οι επενδύσεις σε κατοικίες, γεγονός που καταδεικνύει τη σημαντική συμβολή των κατασκευών στην οικονομία. Έτσι, από τις 29,4 ποσοστιαίες μονάδες μείωσης του ΑΕΠ μεταξύ 2008 και 2013, οι 8,6 μονάδες οφείλονται αποκλειστικά στη μείωση των επενδύσεων σε κατοικίες, μέγεθος που αυξάνεται σε 10,1 ποσοστιαίες μονάδες αν συμπεριληφθούν οι επενδύσεις σε λοιπά κατασκευαστικά έργα. Περισσότερο δηλαδή από το 30% της ύφεσης συνδέεται με την πτώση των επενδύσεων στις κατασκευές.

Από τα παραπάνω στοιχεία της έκθεσης του IOBE, διαπιστώνεται η σημαντικότητα του κατασκευαστικού κλάδου στην οικονομία και στην απασχόληση και η βαρύτητα του τομέα των κατοικιών στο σύνολο του κλάδου και της οικονομίας της χώρας.

2.2 Η διαχείριση του Κατασκευαστικού Κόστους

Καθημερινή προτεραιότητα σε κάθε επιχείρηση με σκοπό το κέρδος, είναι η μεγιστοποίηση των εσόδων και η διαχείριση του κόστους. Έτσι και η επιτυχία κάθε κατασκευαστικού έργου, ως επιχειρηματική δράση, εξαρτάται από την ικανότητα ελέγχου και διαχείρισης του κατασκευαστικού κόστους.

Διαχείριση κόστους, ορίζουμε το σύνολο των εργασιών που σχετίζονται με τις προβλέψεις και με τον μέγιστο δυνατό έλεγχο του κατασκευαστικού κόστους ενός έργου. Ο μεγαλύτερος εχθρός για κάθε επιχείρηση είναι τα απρόβλεπτα έξοδα, οπότε και η πρόβλεψη κάθε πιθανού κόστους σε έγκαιρο χρόνο αποτελεί ίσως την κρίσιμότερη ικανότητα για έναν διαχειριστή έργου (Newton, 2015).

Τον 18^ο αιώνα, οι κατασκευαστές επιμετρούνταν απολογιστικά το κόστος κατασκευής, μετά την ολοκλήρωσή των έργων. Στις αρχές του 19^{ου} αιώνα, η εισαγωγή του γενικού εργολάβου στα κατασκευαστικά έργα, έφερε στο προσκήνιο την διαδικασία των μειοδοτικών προσφορών και του ανταγωνισμού μεταξύ των κατασκευαστών. Στα πλαίσια του ανταγωνισμού, οι γενικοί εργολάβοι καλούνταν να εκτιμήσουν με βάση την εμπειρία τους τα μελλοντικά έργα. Ωστόσο, οι σύγχρονες κατασκευές είναι πολύπλοκες όχι μόνο σε θέματα σχεδιασμού και σε απαιτήσεις πελατών, αλλά κυρίως λόγω της παγκοσμιοποίησης του ανταγωνισμού και του πλήθους των εμπλεκόμενων μερών (μηχανικοί, σχεδιαστές, εκτιμητές, κυβερνητικοί

φορείς και οργανώσεις, χρηματοπιστωτικά ιδρύματα, επενδυτές, πελάτες κλπ), μετατρέποντας την εκτίμηση σε πολυσύνθετη διαδικασία.

Η Διαχείριση Κόστους Έργου (Project Cost Management) είναι ένα από τα δέκα γνωστικά αντικείμενα που περιγράφονται στον οδηγό του Project Management «A Guide to the Project Management Body of Knowledge» (PMBOK Guide, 2013). Ο οδηγός, επιμέλειας του Project Management Institute (PMI), κυκλοφόρησε πρώτη φορά το 1996 και από τότε έχουν υπάρξει πέντε συνολικά εκδόσεις με πιο πρόσφατη αυτή του 2013. Περιγράφει βασικές αρχές και κατευθυντήριες γραμμές στη Διαχείριση Έργων, καθώς επίσης δέκα γνωστικά αντικείμενα, εκ των οποίων το τέταρτο αφορά στην Διαχείριση του Κόστους.

Υπάρχουν γενικά τέσσερα (4) στάδια τα οποία εφαρμόζονται στη διαχείριση κόστους κατασκευαστικών έργων (Newton, 2015):

- i. Ο σχεδιασμός του κόστους (Planning Costs)
- ii. Η εκτίμηση του κόστους (Estimating Costs)
- iii. Ο καθορισμός του προϋπολογισμού (Determining the budget)
- iv. Ο έλεγχος του κόστους (Controlling costs)

Στην κατάρτιση προϋπολογισμού το PMI προσθέτει και το στάδιο εύρεσης κεφαλαίων και χρηματοδότησης του προϋπολογισμού (cost funding), και ο Seeley (1983) προσθέτει και αυτή της ανάλυσης κόστους (cost analysis). Οι παραπάνω έννοιες, όπως θα δούμε και στην ανάλυση που ακολουθεί, συσχετίζονται και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους σε όλες τις φάσεις (σχεδιασμό, προγραμματισμό και υλοποίηση) ενός έργου, με απώτερο σκοπό την ολοκλήρωση κάθε έργου μέσα στα πλαίσια ενός εγκεκριμένου προϋπολογισμού.

Αναλυτικότερα:

2.2.1 Έλεγχος Κόστους – Cost Control

Ο Έλεγχος Κόστους στοχεύει στο να εξασφαλίσει ότι οι πόροι χρησιμοποιούνται με την μέγιστη ωφέλεια (Seeley, 1983). Στα έργα τους οι Ashworth (2004) και Seeley (1983) αναφέρουν ότι ο έλεγχος κόστους μπορεί και πρέπει να εφαρμόζεται σε όλα τα στάδια του κατασκευαστικού έργου:

A). Στάδιο Στρατηγικού σχεδιασμού: οι πληροφορίες και τα στοιχεία από τον έλεγχο κόστους θα επηρεάσουν τις βασικές αποφάσεις όπως: αν θα πρέπει να κτίσουμε, που να κτίσουμε και πόσο χρόνο θα πρέπει να διαρκέσει το έργο. Σε αυτό το στάδιο είναι σημαντικό να διαμορφώνεται σαφής εικόνα σχετικά με το ποιες προσφορές είναι ακριβές και ποιες όχι και να παρέχονται στοιχεία που θα οδηγήσουν στην απόφαση είτε εκκίνησης του έργου, είτε τροποποίησης αυτού, είτε εγκατάλειψής του, πριν υπάρξει οποιαδήποτε εκταμίευση.

B). Στάδιο τεχνικού σχεδιασμού: ο έλεγχος του κόστους θα βοηθήσει στη λήψη αποφάσεων σχετικά με τις διάφορες σχεδιαστικές επιλογές και τεχνικές κατασκευής. Η εισαγωγή νέων τεχνικών και τεχνολογιών, νέων υλικών και προϊόντων, παρουσιάζουν κινδύνους αλλά και ευκαιρίες πάνω στον υπολογισμό του κόστους κατασκευής. Επιπλέον δημιουργούν προβληματισμούς πάνω σε

θέματα κόστους λειτουργίας και συντήρησης του κατά το σύνολο της ζωής του (whole-life cycle costing).

Γ). Στάδιο κατασκευής: ο έλεγχος κόστους διασφαλίζει ότι το τελικό κόστος θα παραμείνει εντός των συμφωνημένων ορίων. Δηλαδή ότι το ποσό της αρχικής προσφοράς θα ισούται ή θα βρίσκεται πολύ κοντά στο πραγματικό τελικό ποσό που απαιτείται για την ολοκλήρωση του έργου.

Δ). Στάδιο μετά την ολοκλήρωση του έργου: στα πλαίσια του ελέγχου κόστους διενεργούνται κατάλληλες αξιολογήσεις. Γίνεται συλλογή δεδομένων και πληροφοριών από κάθε έργο που ολοκληρώνεται και εξάγονται συμπεράσματα με τα οποία οι quantity surveyors και οι project managers ενημερώνουν τις βάσεις δεδομένων τους, προκειμένου να διενεργήσουν ακριβέστερες εκτιμήσεις στο μέλλον.

Πλέον των παραπάνω, ο έλεγχος κόστους έχει ως απώτερο σκοπό την προσφορά σε κάθε πελάτη ενός έργου που θα βελτιστοποιεί τη σχέση κόστους/ωφέλειας (Ashworth, 2004).

2.2.2 Ανάλυση Κόστους – Cost Analysis

Στοχεύει στην μελέτη των ολοκληρωμένων έργων, για τα οποία υφίστανται αναλυτικοί πίνακες υλικών και εργασιών, καθώς και στοιχεία κόστους και προσφορών (Seeley, 1983). Είναι η συστηματική ανάλυση των δεδομένων κόστους, συχνά σε επίπεδο κατασκευαστικών φάσεων/τμημάτων (π.χ. οικοδομικός σκελετός, τοιχοποιίες, ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις, υδραυλικές εγκαταστάσεις κ.λπ.).

Η ανάλυση κόστους είναι απαραίτητο εργαλείο για την εκτίμηση του κόστους κατασκευής (cost estimating) και για τον σχεδιασμό του κόστους (cost planning) για μελλοντικά έργα.

2.2.3 Σχεδιασμός Κόστους – Cost Planning

Ο ορισμός του «cost planning» διατυπώθηκε το 1951 στο Brixton, στα πλαίσια ενός σχετικού μεταπτυχιακού τμήματος και για λογαριασμό του RICS (Royal Institute of Chartered Surveyors) ως: «Η συστηματική εφαρμογή των κριτηρίων κόστους στην διαδικασία του σχεδιασμού ενός έργου, με σκοπό την διατήρηση κατ' αρχάς μιας λογικής και οικονομικής σχέσης μεταξύ κόστους, ποιότητας, χρησιμότητας και αισθητικής και κατά δεύτερον τον γενικό έλεγχο των προτεινόμενων εξόδων στο επίπεδο που επιβάλλουν οι συνθήκες».

(“A systematic application of cost criteria to the design process, so as to maintain in the first place a sensible and economic relation between cost, quality, utility and appearance and in the second place such overall control of proposed expenditure as circumstances might dictate”)

Επιπλέον, ο Grafton (1966) περιέγραψε πως: «ο σχεδιασμός του κόστους είναι μια διαδικασία προ-κοστολόγησης, που επιχειρεί να παρουσιάσει τη συνολική εικόνα του αναμενόμενου κόστους με τέτοιο τρόπο, ώστε να διατυπώνει με σαφήνεια τα θέματα και να απομονώνει τις δράσεις/ενέργειες και το σχετικό τους κόστος, παρέχοντας ταυτόχρονα οδηγό στη λήψη αποφάσεων».

Όπως διαπιστώνεται και από τον ανωτέρω ορισμό, εύκολα μπορεί να γίνει σύγχυση μεταξύ των εννοιών του «σχεδιασμού του κόστους» και της «εκτίμησης του κόστους», ειδικά όταν πρόκειται για μεθόδους εκτίμησης πολλαπλού σκοπού (multiple-purpose estimations).

Θα πρέπει ωστόσο να καταστήσουμε σαφές ότι οι εκτιμήσεις απλώς καταλήγουν σε ένα συνολικό ποσό που θα χρησιμοποιηθεί για την κατάρτιση των προσφορών ανάληψης κατασκευής, ενώ ο σχεδιασμός του κόστους κατασκευής διεισδύει βαθύτερα στην ερμηνεία του συνολικού κόστους αλλά και τμημάτων του έργου. Το έργο αποτιμάται σχεδιαστικά και η τελική απόφαση διατηρεί μια λογική ισορροπία ανάμεσα στο κόστος, την ποιότητα, τη χρησιμότητα και την αισθητική (Seeley, 1983).

2.2.4 Εκτίμηση Κόστους - Cost Estimating

Η εκτίμηση του κατασκευαστικού κόστους, εφαρμόζεται σε όλα τα στάδια του έργου. Ωστόσο, η εκτίμηση κατά την έννοια της πρόβλεψης κόστους εφαρμόζεται κυρίως στα πρώτα δύο στάδια ενός έργου, δηλαδή: α) στο Στρατηγικό Σχεδιασμό και β) στον Τεχνικό Σχεδιασμό.

Ανάλογα με το στάδιο στο οποίο βρισκόμαστε, δύναται να εφαρμοστούν διαφορετικές μέθοδοι εκτίμησης όπως: αρχική προ-εκτίμηση, κατά προσέγγιση εκτίμηση, αναλυτική εκτίμηση, εκτίμηση λειτουργικού κόστους (όπως αναλύονται παρακάτω). Τα παραπάνω αποτελούν εργασία κυρίως των quantity surveyors, οι οποίοι πέραν των εκτιμήσεων έχουν τις ακόλουθες αρμοδιότητες:

- i. Διασφαλίζουν μια καλή αν όχι την μέγιστη απόδοση κόστους/ωφέλειας σε κάθε κατασκευαστικό έργο
- ii. Επιτυγχάνουν μια λογική και ισορροπημένη κατανομή των διαθέσιμων πόρων.
- iii. Διατηρούν τις δαπάνες στα συμφωνημένα επίπεδα μεταξύ πελάτη και κατασκευαστή, επίπεδα που κατά κανόνα έχουν βασιστεί σε κατά προσέγγιση εκτιμήσεις κόστους (Seeley, 1983).

2.2.5 Κατάρτιση του προϋπολογισμού – Determining the Budget

Η κατάρτιση του προϋπολογισμού ενός έργου είναι ουσιαστικά η υλοποίηση της δουλειάς που έχει γίνει κατά την εκτίμηση του κόστους του έργου. Είναι γνωστό ότι προκειμένου να ξεκινήσει ένα έργο χρειάζεται να υπάρχει εγκεκριμένος προϋπολογισμός. Εφόσον γνωρίζουμε τα στάδια/φάσεις του έργου καθώς και έχουμε εκτιμήσει το κόστος κάθε σταδίου, μπορούμε να σχεδιάσουμε τον προϋπολογισμό αναλυτικά ανά στάδιο εργασίας ή και ανά συντελεστή παραγωγής. Από την στιγμή της έναρξης της κατασκευής, ο προϋπολογισμός θα πρέπει να αποτελεί οδηγό σε θέματα δαπανών. Ένας ακριβής προϋπολογισμός βοηθά όλα τα εμπλεκόμενα μέρη να κατανοήσουν καλύτερα τις παραμέτρους του έργου και τους πόρους που είναι διαθέσιμοι (Newton, 2015).

Ο προϋπολογισμός ενός έργου συνήθως παρέχει τις πληροφορίες για το κόστος σε συνάρτηση με τον χρόνο υλοποίησης του έργου. Συνεπώς αποτελεί οδηγό και για τον χρονικό προγραμματισμό και τη χρηματοδότηση του έργου στα διάφορα στάδιά του.

Τέλος κατά τη διαχείριση κόστους, σημαντικό είναι θα θυμόμαστε ότι:

«Η ολοκλήρωση του έργου στον προϋπολογισμένο χρόνο και στο προϋπολογισμένο κόστος είναι επιθυμητό, αλλά η ολοκλήρωση του έργου στον προϋπολογισμένο χρόνο και σε λιγότερο από το προϋπολογισμένο κόστος είναι προτιμότερο» (Newton, 2015).

Κεφάλαιο 3. Εκτίμηση του κόστους κατασκευής

3.1 Γενικά

Το πρώτο βήμα στη διαχείριση του κόστους, ξεκινάει από την ερώτηση:

«Πόσο εκτιμάται ότι θα κοστίσει; Πόσο ακριβής είναι η εκτίμηση;» (Newton, 2015)

Λίγα πράγματα έχουν αλλάξει από το πρώτο μισό του 20^{ου} αιώνα. Οκτώ (8) μέθοδοι χρησιμοποιούνταν τότε και έξι (6) από αυτές εφαρμόζονται ευρέως και σήμερα. Αυτές, όπως περιγράφονται από τους Brook (2004) και Seeley (1983), κατατάσσονται σε δύο (2) κατηγορίες, ανάλογα με τον σκοπό της εκτίμησης, τη φάση που βρίσκεται το έργο, και την αναμενόμενη ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Αυτές είναι:

A) «Single-rate» ή «Single-purpose» εκτιμήσεις: Αυτές οι μέθοδοι ονομάζονται «ενός - μεγέθους ή μονού - σκοπού», γιατί στοχεύουν στην εκτίμηση μόνο ενός μεγέθους, του συνολικού κόστους. Είναι απλές μέθοδοι στη χρήση και είναι πολύ χρήσιμες για εκτιμήσεις που γίνονται στο πρώιμο στάδιο του στρατηγικού σχεδιασμού, όταν δηλαδή το έργο υφίσταται μόνο ως αρχική ιδέα και δεν έχουν δημιουργηθεί έξοδα ούτε αρχιτεκτονικά σχέδια. Παρέχουν στους ενδιαφερόμενους μια γρήγορη και χονδρική εκτίμηση του συνολικού κόστους. Αυτός είναι και ο λόγος που στις περισσότερες περιπτώσεις οι εκτιμήσεις αυτές δίνονται με ένα εύρος τιμών μέσα στο οποίο αναμένεται να κινηθεί το πραγματικό κόστος. Σε αυτή την κατηγορία υπάρχουν 4 βασικές μέθοδοι, από τις οποίες οι 2 εξακολουθούν να εφαρμόζονται:

1. «Unit of accommodation» ή «Functional unit method»
2. «Cube method» ή «Building Volume method»
3. «Superficial floor area method»
4. «Storey-enclosure method»

B) «Multiple-rate» ή «Dual-purpose» εκτιμήσεις: Είναι πιο ακριβείς μέθοδοι εκτίμησης κόστους, σε σχέση με τις προηγούμενες. Ονομάζονται «διπλού ή πολλαπλού σκοπού» γιατί χρησιμεύουν όχι μόνο στον υπολογισμό του συνολικού κόστους, αλλά αναλύουν επίσης τις διάφορες σχέσεις κόστους/σχεδίασης μεταξύ εναλλακτικών επιλογών/λύσεων του έργου. Με αυτόν τον τρόπο εισχωρούν στο ευρύτερο πεδίο του «σχεδιασμού του κόστους» και του «ελέγχου του κόστους».

Εφαρμόζονται σε 2 στάδια:

A) Στη φάση της αρχικής σχεδίασης, προσφέροντας μια κατά προσέγγιση εκτίμηση του κόστους κατασκευής (περιπτώσεις 1 & 2)

B) Στη φάση της οριστικοποίησης του σχεδιασμού και των τεχνικών προδιαγραφών, με τη χρήση αναλυτικών πινάκων εργασιών και ποσοτήτων, οι οποίοι αντιπαρατίθενται με τις αντίστοιχες μοναδιαίες τιμές κόστους. Με αυτές τις μεθόδους οι εκτιμήσεις αποκτούν μεγάλη ακρίβεια (περιπτώσεις 3 & 4).

Και οι τέσσερις (4) εξακολουθούν και εφαρμόζονται μέχρι σήμερα:

1. «Elemental cost plan method»
2. «Approximate method» ή «Rough Quantities»
3. «Analytical estimating method»
4. «Operational pricing of bills of quantities» ή «Accurate Quantities»

Οι παραπάνω περιγράφονται αναλυτικά τόσο από τον Brook (2004) όσο και από τον Seeley (1983). Αποτελούν βασικό εργαλείο για τους μηχανικούς, σχεδιαστές, εργολάβους, επενδυτές, προκειμένου να διενεργούν προβλέψεις με σχετική ακρίβεια και να επιλέγουν τις οικονομικότερες σχεδιαστικές λύσεις κατά περίπτωση. Ωστόσο, η εκτίμηση για να είναι ακριβής πρέπει να βασίζεται σε ακριβή στοιχεία και πληροφορίες. Σε αυτό το σημείο εισέρχονται οι ομάδες μέτρησης κόστους, οι οποίες επιφορτίζονται με την ευθύνη της συλλογής δεδομένων από προηγούμενα παρόμοια έργα, ασκώντας όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια.

3.2 Οι «Single-rate» μέθοδοι εκτίμησης

3.2.1 «Unit of Accommodation»

Η μέθοδος χρησιμοποιείται συχνά από κρατικούς οργανισμούς για την εκτίμηση του κόστους κατασκευής ειδικών κτιρίων όπως σχολεία, νοσοκομεία κλπ. Η εφαρμογή της γίνεται με τον απλό πολλαπλασιασμό του πλήθους των καταλυμάτων (π.χ. δωμάτια, κλίνες κ.λπ.) με το κόστος κατασκευής της κάθε μονάδας, βασισμένο σε δεδομένα προηγούμενων όμοιων κτιρίων (Brook 2004). Εφόσον υπάρχουν διαθέσιμα συγκριτικά δεδομένα, η μέθοδος είναι χρήσιμη όπου χρειάζεται μια απλή, γρήγορη, κατά προσέγγιση εκτίμηση σε αρχικό στάδιο.

Παράδειγμα: Έστω ότι από προηγούμενη κατασκευή κτιρίου φοιτητικής εστίας, προκύπτει ότι το συνολικό κόστος κατασκευής του κτιρίου αναγόμενο σε μοναδιαία βάση (ανά φοιτητικό δωμάτιο) είναι 50.000 ευρώ. Τότε το αντίστοιχο συνολικό κόστος κατασκευής ενός όμοιου κτιρίου, για την ίδια χρήση και με ίδιες προδιαγραφές, που θα διαθέτει 50 φοιτητικά δωμάτια, εκτιμάται σε 2.500.000 ευρώ.

Η βασική αδυναμία αυτής της μεθόδου είναι η έλλειψη ακρίβειας και η δυσκολία να γίνουν προσαρμογές του εκτιμώμενου κόστους στις διαφορετικές προδιαγραφές κάθε νέου έργου (π.χ. αλλαγές/βελτιώσεις σε εγκαταστάσεις), στις ιδιαιτερότητες κάθε νέας ξεχωριστής τοποθεσίας (ευκολία/δυσκολία πρόσβασης από τις ομάδες εργασίας, απόσταση από τους προμηθευτές) και στις ειδικές συνθήκες που επικρατούν σε κάθε κατασκευή (π.χ. κλιματολογικές και εδαφολογικές διαφορές).

3.2.2 «Building Volume» ή «Cube method»

Χρησιμοποιούνταν πολύ συχνά στην περίοδο του μεσοπολέμου, αλλά από τότε έχει αντικατασταθεί από τη μέθοδο «superficial» ή αλλιώς «floor area method» (αναλύεται στην επόμενη παράγραφο). Παρουσιάστηκε από το Royal Institute of British Architects (RIBA) και προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό των τριών εξωτερικών διαστάσεων (μήκος, πλάτος, ύψος) του συνολικού κτιρίου ή των επιμέρους τμημάτων ενός κτιρίου (Seeley, 1983). Ο όγκος που προκύπτει εκφράζεται σε κυβικά μέτρα και τοποθετείται ως παρονομαστής σε κλάσμα με αριθμητή το

συνολικό κόστος κατασκευής. Ο συντελεστής που προκύπτει (κόστος/κυβικό μέτρο) από προγενέστερα όμοια κτίρια χρησιμοποιείται για να εκτιμηθεί το συνολικό κόστος του νέου έργου.

Παράδειγμα: Έστω ότι από προηγούμενα έργα προκύπτει ότι το συνολικό κόστος κατασκευής του κτιρίου αναγόμενο σε μοναδιαία βάση ανέρχεται σε 350 ευρώ/m³. Τότε το αντίστοιχο συνολικό κόστος κατασκευής ενός όμοιου κτιρίου, για την ίδια χρήση και με ίδιες προδιαγραφές, που θα διαθέτει εξωτερικές διαστάσεις: μήκος 25m, πλάτος 15m και ύψος 16m (συνολικά 25m*15m*16m = 6.000m³), εκτιμάται ότι θα κοστίσει 6.000m³ * 350 ευρώ/m³ = 2.100.000 ευρώ.

Ενώ η μέθοδος, όπως και η προηγούμενη, υστερεί σε ακρίβεια και παρουσιάζει δυσκολίες προσαρμογής στις ιδιαιτερότητες κάθε νέου έργου, έχει ένα επιπλέον μειονέκτημα, τη δυσκολία να εξηγηθεί το κόστος σε μονάδες όγκου, όταν οι περισσότεροι ενδιαφερόμενοι χρησιμοποιούν σαν μέτρο υπολογισμού τις μονάδες επιφανείας. Αυτός είναι και ο λόγος που αντικαταστάθηκε από την επόμενη μέθοδο.

3.2.3 «Superficial» ή «Floor Area method»

Είναι η πιο γνωστή από όλες τις μεθόδους και ιδιαίτερα δημοφιλής μεταξύ των μικρότερων κατασκευαστών, χάριν της απλότητάς της και της ευκολίας στη χρήση. Εκφράζεται σαν «κόστος/επιφάνεια δαπέδων» και είναι απλή στην κατανόηση καθώς η πλειοψηφία των μεγεθών, σε ένα κτίριο αποτυπώνονται σε τιμές/m² (Brook, 2004). Ο υπολογισμός είναι απλός όπως και με τις προηγούμενες μεθόδους. Διαιρείται το συνολικό κόστος ενός προγενέστερου έργου με την συνολική εσωτερική επιφάνεια των επιπέδων του (Gross Internal Floor Area – GIFA). Επίσης όπως οι προηγούμενες μέθοδοι, προσφέρει κατά προσέγγιση εκτιμήσεις και χρησιμοποιεί δεδομένα από προγενέστερα συγκρίσιμα έργα.

Παράδειγμα: Έστω ότι από το προηγούμενο παράδειγμα, το σχεδιαζόμενο κτίριο θα διαθέτει εσωτερική επιφάνεια ορόφου (αφαιρούμενης της εξωτερικής τοιχοποιίας), 24m*14m=336m² και ότι θα έχει συνολικά 5 ίδιους σε μέγεθος ορόφους. Υπολογίζουμε την συνολική εσωτερική επιφάνεια όλου του κτιρίου GIFA=5*336m²=1.680m². Έστω ότι από προγενέστερα αντίστοιχα σε μέγεθος και χρήση κτίρια έχουμε μέση τιμή κόστους 1.250 ευρώ/m². Τότε το αντίστοιχο συνολικό κόστος κατασκευής εκτιμάται σε 1.680m² * 1.250 ευρώ/m² = 2.100.000 ευρώ.

Προσαρμογές στις εκτιμήσεις κόστους που οφείλονται στον πληθωρισμό ή στη μεταβολή της θέσης ενός ακινήτου μπορούν να γίνουν σχετικά εύκολα. Ωστόσο εξακολουθεί και αυτή η μέθοδος να υστερεί στην ενσωμάτωση των διαφορετικών προδιαγραφών και ιδιαιτεροτήτων του κάθε έργου. Συνεπώς όσο αυξάνονται οι διαφοροποιήσεις ενός νέου έργου σε σχέση με τα παλαιότερα συγκρίσιμα, τόσο μειώνεται και η εγκυρότητα των εκτιμήσεων.

3.2.4 «Storey-enclosure method»

Εισήχθη επίσημα για πρώτη φορά το 1954 στα πλαίσια μιας ομάδας εργασίας του RICS. Η ιδέα ήταν να συμπεριληφθούν στις μετρήσεις για τον υπολογισμό του κόστους οι παρακάτω συντελεστές:

- i. Εξωτερική επιφάνεια τοιχοποιίας.

- ii. Συνολική επιφάνεια δαπέδων.
- iii. Καθ' ύψος αναγωγή των επιφανειών δαπέδων του κτιρίου με τη χρήση πολλαπλασιαστών.
- iv. Ύψος ορόφων.
- v. Χρήση πολλαπλασιαστών για τις λειτουργικές επιφάνειες των υπογείων επιπέδων.

Όπως διαπιστώνεται από τα παραπάνω, η μέθοδος βασίζεται στη χρήση πολλαπλασιαστών ως συντελεστών στάθμισης των δεδομένων του έργου. Ο Seeley (1983), ανέλυσε ενενήντα (90) προσφορές για νέα κτίρια και συνέκρινε τα αποτελέσματα με αυτά των προηγούμενων εκτιμητικών μεθόδων (όγκου, επιφανείας). Τα κτίρια χωρίστηκαν σε τέσσερις γενικές κατηγορίες ανάλογα το είδος (κατοικίες, διαμερίσματα, σχολεία, βιομηχανικά κτίρια) και έγινε προσαρμογή των προσφορών σε κοινό έτος βάσης. Το ζητούμενο ήταν να δοκιμαστούν πόσες προβλέψεις βρίσκονταν κοντά, υψηλότερα ή χαμηλότερα από τις προσφορές. Το πείραμα έδειξε ότι οι προβλέψεις κόστους με την νέα μέθοδο βρίσκονταν πλησιέστερα στις προσφορές και το εύρος των αποκλίσεων είχε μειωθεί σημαντικά.

Δυστυχώς αυτή η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε ελάχιστα κυρίως λόγω της πληθώρας των υπολογισμών που απαιτούνται, σε σύγκριση με τις άλλες απλούστερες και ταχύτερες μεθόδους. Επιπλέον, δεν υπήρχαν δημοσιευμένες μοναδιαίες τιμές κόστους προς διευκόλυνση των εκτιμητών, με συνέπεια αυτοί να αναγκάζονται να χρησιμοποιούν παράλληλα δύο εκτιμητικές μεθόδους, μέχρι να δημιουργηθεί σε βάθος χρόνου ικανή βάση δεδομένων.

3.3 Περιγραφή των «Multiple-rate» μεθόδων εκτίμησης

3.3.1 «Elemental cost planning method»

Πρόκειται επίσης για μέθοδο κατά προσέγγιση εκτίμησης, που χρησιμοποιεί σαν βάση για τις εκτιμήσεις, αναλύσεις κόστους από προηγούμενες όμοιες κατασκευές (όπως και οι προηγούμενες μέθοδοι). Το κόστος υπολογίζεται σε μονάδες μέτρησης επιφανείας και κατανέμεται σε «elements» (στοιχεία) και επιμέρους υπο-στοιχεία του έργου (Seeley, 1983). Η προσέγγιση αυτή προϋποθέτει λεπτομερή εξέταση των σχεδίων και των συντελεστών κόστους ανά στοιχείο και ανά επιμέρους υπο-στοιχεία. Οι πίνακες που καταρτίζονται μπορούν να χρησιμεύσουν στην πορεία και ως αρχικό πλάνο/πρόγραμμα κόστους.

Το 1951 ο James Nisbet δημοσίευσε ένα κείμενο στο οποίο ανέπτυξε την ιδέα να υπολογίζεται το κόστος κάθε στοιχείου κατασκευής ενός κτιρίου, πριν να ξεκινήσει την σχεδίαση ο αρχιτέκτονας. Η ιδέα αυτή επίσημα παρουσιάστηκε μέσω του «Building Bulletin» στην κατασκευαστική βιομηχανία της Μ. Βρετανίας. Η θεωρία εξελίχθηκε από την BCIS (Building Cost Information Service) για λογαριασμό του RICS, καταλήγοντας σε μια τυποποιημένη φόρμα στοιχείων κατασκευής που ονομάζεται «Standard Form of Cost Analysis» (SFCA). Η φόρμα αυτή χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα.

Σύμφωνα με το SFCA, ως «element» ορίζεται: «Ένα ουσιαστικό τμήμα του κτιρίου που καλύπτει μια βασική λειτουργία/ες ανεξάρτητα από τον σχεδιασμό, τις προδιαγραφές και είδος της κατασκευής».

(«A major physical part of a building that fulfils a specific function or functions, irrespective of its design, specification or construction»)

Η βάση δεδομένων της BCIS παρέχει αναλυτικές πληροφορίες για 30.000 έργα και περιέχει περισσότερες από 7.000 «elemental cost» αναλύσεις. Μια τυπική φόρμα έχει την παρακάτω μορφή:

Elements	Παλαιότερο Κτίριο Κόστος/GIFA m2	Νέο Κτίριο Κόστος/GIFA m2
1. Υπόγειες Κατασκευές (Υπόγεια, Θεμελίωση)		
2. Υπέργειες Κατασκευές		
➤ Σκελετός		
➤ Όροφοι		
➤ Στέγη		
➤ Κλίμακες		
➤ Εξωτερική Τοιχοποιία		
➤ Εξωτερικές Πόρτες & παράθυρα		
➤ Εσωτερικοί τοίχοι και χωρίσματα		
➤ Εσωτερικές πόρτες		
3. Εσωτερικά τελειώματα:		
➤ Τελειώματα Τοιχοποιίας		
➤ Τελειώματα Δαπέδων		
➤ Τελειώματα Ταβανίων		
4. Επίπλωση (ντουλάπες)		
5. Παροχές:		
➤ Είδη Υγιεινής		
➤ Παροχές Αποχέτευσης		
➤ Παροχές Ύδρευσης		
➤ Θέρμανση & Εξαερισμός		
➤ Ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις		
➤ Παροχές φυσικού αερίου		
➤ Ανελκυστήρες		
➤ Παροχές Τηλεπικοινωνίας		
6. Εργασίες Περιβάλλοντος χώρου:		
➤ Εργασίες στο οικόπεδο		
➤ Αποστραγγιστικές εργασίες		
➤ Μικρο-κατασκευές		
7. Προκαταρκτικές εργασίες (οτιδήποτε σχετικό με την προετοιμασία της κατασκευής: έξοδα αδείας, καθαρισμός οικοπέδου και περίφραξη, κοπή δένδρων κλπ)		
8. Προβλέψεις (ένα ποσοστό για την κάλυψη κινδύνου που ενδεχομένως προκύψει από την σχεδίαση και την μεταβολή των τιμών)		

Η ανάλυση ανά «element» επιτρέπει τη διατύπωση εναλλακτικών προτάσεων γύρω από τη διάρθρωση του κόστους πριν από την τελική αναλυτική σχεδίαση του έργου. Συνεπώς, επιτρέπει στην αρχιτεκτονική ομάδα να σχεδιάζει με γνώμονα το κόστος και όχι να γίνεται εκ των υστέρων κοστολόγηση σε ολοκληρωμένες αρχιτεκτονικές μελέτες. Αυτός είναι και ο λόγος που η μέθοδος φέρει επίσης το όνομα «target cost»

planning», αφού επιτρέπει να ορίσουμε εξ' αρχής το επιθυμητό συνολικό κόστος και στη συνέχεια οι αρχιτέκτονες να προσαρμόζουν τη σχεδίαση σε αυτό το κόστος.

Τα ιστορικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται προέρχονται από όμοια έργα. Η εκτίμηση του κόστους του νέου έργου, γίνεται με δύο τρόπους (Brook, 2004):

- i. Υπολογίζοντας χονδρικά τα «elements» κάθε έργου και εφαρμόζοντας τις μοναδιαίες τιμές από τις βάσεις δεδομένων της BCIS.
- ii. Τα «elements» του έργου υπολογίζονται ως ποσοστό του συνολικού κόστους ενός παρόμοιου προγενέστερου και χρησιμοποιώντας τα αναλύουμε το επιθυμητό συνολικό κόστος του μελλοντικού έργου στα επιμέρους στοιχεία (target cost planning).

Παρά το γεγονός ότι ολοένα και περισσότεροι επαγγελματίες χρησιμοποιούν αυτή τη μέθοδο, κυρίως με την βοήθεια των εξελιγμένων υπολογιστικών συστημάτων, υπάρχουν σαφείς αδυναμίες. Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί επιτυχώς μόνο σε παρόμοιου μεγέθους, χρήσης και μεθόδου κατασκευής κτίρια. Επίσης οι προκαταρκτικές δαπάνες για κτίρια διαφορετικών μεγεθών αναμένεται να έχουν μεγάλες και δυσανάλογες διαφορές που δεν είναι εύκολο να αποτυπωθούν σε μια σχέση κόστους ανά μέτρο επιφανείας.

3.3.2 «Approximate quantities method»

Η μέθοδος ονομάζεται και «Rough quantities method», γιατί οι ποσότητες που χρησιμοποιούνται είναι κατά προσέγγιση και αυτό συμβαίνει γιατί εφαρμόζεται σε στάδιο που η σχεδίαση του έργου έχει ξεκινήσει αλλά δεν έχει ολοκληρωθεί και συνεπώς υπάρχει μόνο μια πρώτη γενική περιγραφή και εικόνα. Οι «χονδρικές ποσότητες» που τιμολογούνται με μοναδιαίους συντελεστές κόστους, οι οποίοι υπολογίζονται στον χρόνο που γίνεται η εκτίμηση, παρέχουν την πιο αξιόπιστη μέθοδο για κατά προσέγγιση εκτιμήσεις (Seeley, 1983).

Συνήθως σε ένα υπολογιστικό φύλλο γίνεται μια συνοπτική καταγραφή των χονδρικών ποσοτήτων που θα χρειαστούν για το έργο (approximate bill of quantities). Οι μετρήσεις συγκεντρώνονται σε όσο το δυνατόν λιγότερες κατηγορίες ομαδοποιώντας όσο είναι εφικτό τα στάδια εργασιών. Για το σκοπό αυτό απαιτούνται τα αρχικά σχέδια που θα αποτυπώνουν: τη γενική εικόνα των εργασιών που θα χρειαστούν, έναν χονδρικό υπολογισμό των ποσοτήτων και τις γενικές προδιαγραφές του έργου. Σύνθετοι δείκτες τιμών εργασιών χρησιμοποιούνται για την κοστολόγηση. Οι QS συνήθως χρησιμοποιούν την μέθοδο αυτή εναλλακτικά για την επαλήθευση των τελικών προσφορών.

Η εγκυρότητα της μεθόδου εξαρτάται από το πλήθος των πληροφοριών που παρέχονται στα αρχικά σχέδια. Όσο πιο αναλυτικά τα αρχικά σχέδια, τόσο μεγαλύτερη ακρίβεια θα υπάρχει στην μέθοδο εκτίμησης. Θα πρέπει όμως να γνωρίζουμε ότι καθώς οι ποσότητες είναι κατά προσέγγιση, είναι πιθανότερο τα αποτελέσματα να υπολείπονται του πραγματικού κόστους και ότι θα πρέπει να γίνονται προβλέψεις για τις εργασίες που δεν περιγράφονται στα αρχικά σχέδια.

Το βασικότερο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι δεν χρησιμοποιεί ποσότητες από προηγούμενα έργα αλλά τις ποσότητες που αφορούν το νέο έργο. Με τη βοήθεια των

υπολογιστών, η δουλειά της εκτίμησης του κατασκευαστικού κόστους απλουστεύεται και επιταχύνεται, με αποτέλεσμα να προτιμάται από τους επαγγελματίες του χώρου (Brook, 2004). Ωστόσο, προϋποθέτει περισσότερη εργασία και την ύπαρξη περισσότερων πληροφοριών, σε σχέση με τις προηγούμενες χονδρικές εκτιμήσεις.

Και οι έξι παραπάνω μέθοδοι (4 single-rate και 2 multiple-rate) είναι κατά τη βιβλιογραφία, οι πιο γνωστές για την κατά προσέγγιση εκτίμηση του κόστους κατασκευαστικών έργων. Οι χονδρικές αυτές εκτιμήσεις παρέχουν μια πρώτη ματιά στο συνολικό ποσό το οποίο θα χρειαστεί για την ολοκλήρωση του έργου αλλά και ως επαλήθευση για τη σύνταξη της τελικής προσφοράς ανάληψης (tender offer). Είναι σαφές ότι το αποτέλεσμα της εκτίμησης εξαρτάται από την ποσότητα και ποιότητα των διαθέσιμων πληροφοριών και δεδομένων. Όλες οι παραπάνω μέθοδοι χρησιμοποιούν ιστορικά δεδομένα από προηγούμενα ολοκληρωμένα έργα, με εξαίρεση την «approximate quantities» μέθοδο.

3.3.3 «Analytical estimating method»

Πρόκειται για την εξέλιξη της προηγούμενης μεθόδου. Παράγει ακριβείς εκτιμήσεις (ή ακριβέστερες σε σχέση με τις προηγούμενες), καθώς εφαρμόζεται σε στάδιο που έχουν πλέον οριστικοποιηθεί τα σχέδια και οι προδιαγραφές του έργου. Σε αυτή τη μέθοδο, οι τιμές κόστους προκύπτουν ύστερα από την αναλυτική καταγραφή όλων των στοιχείων που συνθέτουν την κατασκευή και των αναγκαίων πόρων (εργατικά, υλικά, μηχανήματα κτλ.), καθώς και των ποσοτήτων που απαιτούνται για την παραγωγή μιας μονάδας από κάθε στοιχείο του έργου.

Η εφαρμογή της μεθόδου περιγράφεται στον Code of Estimating Practice του CIOB (Chartered Institute of Buildings) με τα παρακάτω τέσσερα στάδια (Brook, 2004):

- Κατοχυρώνουμε τις τιμές κόστους για όλους τους επιμέρους πόρους
- Επιλέγουμε τις μεθόδους και τη μορφή των καθαρών μοναδιαίων τιμών, προκειμένου να γίνει η αντιπαραβολή με τις ποσότητες στον αναλυτικό πίνακα τιμών & ποσοτήτων «priced bill of quantities».
- Προσθέτουμε στο καθαρό κόστος όλα τα έμμεσα κόστη (overheads) και προβλέψεις για την κάλυψη κινδύνου από μεταβολές τιμών (πληθωρισμό) και της σχεδίασης, καθώς και για γενικά απρόβλεπτα έξοδα.
- Συνοψίζουμε τις παρατηρήσεις και ετοιμάζουμε αναφορές προς τη διοίκηση.

Η «analytical estimating» μέθοδος παρέχει μια εις βάθος ματιά στο κόστος κάθε είδους εργασίας. Είναι ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο για τους εργολάβους, για την κατάρτιση του προϋπολογισμού και για τον έλεγχο των υπεργολάβων, καθώς ένα μεγάλο μέρος των εργασιών παρέχεται ως υπεργολαβία. Σε αυτό ακριβώς το σημείο εντοπίζεται και η δυσκολία αυτής της μεθόδου. Στην ικανότητα δηλαδή του εκτιμητή-κοστολόγου να διαμορφώσει τιμές κόστους για τις εργασίες που δίνονται σε υπεργολάβους, σαν να εκτελούνταν με αυτεπιστασία και να προχωρήσει σε σύγκριση μεταξύ αυτών και των προσφορών των υπεργολάβων.

Μολονότι τα οφέλη από την αναλυτική μέθοδο είναι αναμφισβήτητα, είναι επίσης προφανές ότι η συγκεκριμένη εργασία είναι πολύπλοκη, χρονοβόρα και απαιτεί ικανά υπολογιστικά συστήματα. Πολλοί μικροί κατασκευαστές απλά δεν βρίσκουν τον χρόνο να την εφαρμόσουν σε κάθε προσφορά. Ενώ όσοι καταρτίζουν αναλυτικούς πίνακες τιμών & ποσοτήτων, φροντίζουν να τους κρατούν μυστικούς από πελάτες και ανταγωνιστές, για ευνόητους λόγους. Στην καλύτερη περίπτωση, παρέχουν μόνο συνοπτικούς πίνακες με τιμές υπεργολάβων (Brook, 2004).

3.3.4 «Operational estimating method»

Πρόκειται για μια αναλυτική μέθοδο εκτίμησης κόστους στην οποία το σύνολο των πόρων που απαιτούνται για την κατασκευή τμήματος του έργου ομαδοποιούνται σε «Ομάδες Εργασιών» (Brook, 2004). Ορισμένα παραδείγματα ομαδοποιήσεων εργασιών είναι τα ακόλουθα:

- Χωματοургικές εργασίες. Περιλαμβάνουν: εκσκαφές, ισοστάθμιση επιφανειών, έδραση και υποστήριξη όμορων, αποκομιδή χωμάτων και μπαζών, επιχωματώσεις, τελική διάστρωση κ.λπ.
- Κατασκευή Οικοδομικού Σκελετού. Ένας σκελετός από οπλισμένο σκυρόδεμα περιλαμβάνει: κατασκευή ξυλοτύπου, κατασκευή και εγκιβωτισμός του σιδηρού οπλισμού εντός των πλακών και υποστυλωμάτων, σκυροδέτηση πλακών και υποστυλωμάτων, τοποθέτηση μεμβρανών υγρομόνωσης και πλακών θερμομόνωσης.
- Αποχετευτικές εργασίες. Περιλαμβάνουν: οριζόντιες και κάθετες σωληνώσεις εντός του κτίσματος, εκσκαφές και κατασκευές φρεατίων, κατασκευή αποχετευτικών δικτύων στον περιβάλλοντα χώρο, σύνδεση με το κεντρικό αποχετευτικό δίκτυο.

Ο εκτιμητής ξεκινά με την καταγραφή των απαιτήσεων του έργου μελετώντας τα λεπτομερή σχέδια, διενεργώντας αυτοψία στον χώρο που θα γίνει το έργο για να διαπιστώσει τις ιδιαιτερότητες της θέσης και καταρτίζοντας αναλυτικό πίνακα. Στη συνέχεια αποφασίζεται η αλληλουχία των εργασιών, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους περιορισμούς από πλευράς τοποθεσίας, απαιτήσεων του πελάτη, σχεδιασμού, διάρκειας εκτέλεσης του έργου κ.λπ. Κατόπιν ορίζεται ο κρίσιμος χρόνος έναρξης για κάθε ομάδα βασικών εργασιών, ενώ οι λοιπές εργασίες που πλαισιώνουν τις βασικές οργανώνονται ανάλογα.

Εργασία και υλικά, για την ολοκλήρωση κάθε ομάδας εργασιών, σχεδιάζονται και συγκρίνονται με τις αντίστοιχες εργασίες των υπεργολάβων. Στη συνέχεια ο εκτιμητής χρησιμοποιεί αναλυτικό κατάλογο με τους πόρους για κάθε εργασία, προκειμένου να εκτιμήσει το κόστος σύμφωνα και με την εφαρμογή συγκεκριμένου (προδιαγεγραμμένου) τρόπου κατασκευής. Αν το κόστος είναι χαμηλότερο από τις προσφορές των υπεργολάβων, τότε ο κατασκευαστής θα πρέπει να ετοιμάσει πλάνο οδηγιών για την οργάνωση του προσωπικού και την εκπόνηση της εργασίας. Σε αντίθετη περίπτωση η εργασία ανατίθεται σε υπεργολάβο.

Τα πλεονεκτήματα της «operational estimating» μεθόδου είναι (Brook, 2004):

1. Εξετάζονται αναλυτικά οι «ομάδες εργασιών» και εφαρμόζονται οι πιο πρακτικές και οικονομικές μέθοδοι κατασκευής.
2. Τα αποτελέσματα βασίζονται σε ένα πρόγραμμα που συνυπολογίζει το χρονικό παράγοντα: αργίες, χρονική στιγμή, κενούς χρόνους, διαθεσιμότητα των συντελεστών παραγωγής κτλ, δίνοντας μια πιο ρεαλιστική εικόνα για την χρονική διάρκεια και διάρθρωση του έργου.
3. Τροποποιήσεις και βελτιώσεις τιμολογούνται συνολικά, ενώ αν υπολογίζονταν σαν ξεχωριστές εργασίες θα τιμολογούνταν ακριβότερα.
4. Ο εκτιμητής μπορεί να συγκεντρωθεί στις βασικές εργασίες και δεν χρειάζεται να τιμολογεί τις μικρότερες επιμέρους εργασίες, θεωρώντας ότι θα εκτελεστούν μέσα στο ευρύτερο πλαίσιο της ολοκλήρωσης του έργου της Ομάδας Εργασιών π.χ. η εργασία εκσκαφής που γίνεται για την δημιουργία ενός αποχετευτικού φρεατίου, ουσιαστικά καλύπτει και μέρος της εργασίας εκσκαφής για τον αποχετευτικό αγωγό.

Με τις δύο τελευταίες (multiple-rate) μεθόδους, ολοκληρώνεται η παρουσίαση των πιο γνωστών, σε ανάλυση και ακρίβεια, μεθόδων εκτίμησης κόστους κατασκευαστικών έργων. Οι αναλυτικές αυτές μέθοδοι παρέχουν μια προσεκτική ματιά στο συνολικό αλλά και στα επιμέρους κόστη και ποσότητες που θα χρειαστούν. Αποτελούν απαραίτητα εργαλεία για την αξιολόγηση των αρχικών χονδρικών εκτιμήσεων και για την σύνταξη των τελικών προσφορών. Δεν βασίζονται σε όμοια προγενέστερα έργα αλλά στις ειδικές προδιαγραφές και σχεδίαση του κάθε συγκεκριμένου έργου. Αξιοποιούν την τεχνολογία των υπολογιστών και χρησιμοποιούν ειδικά προγράμματα (MS Project, Primavera κ.λπ.). Μέσα από αναλυτικές συγκρίσεις, διακρίνουν τις οικονομικότερες εναλλακτικές λύσεις, περιλαμβάνουν τη χρονική διάσταση του έργου και εισάγουν τους QS στις έννοιες του σχεδιασμού κόστους (cost planning) και του ελέγχου του κόστους (cost control).

3.4 Πόσο ακριβείς είναι οι μέθοδοι πρόβλεψης του κόστους κατασκευής

Ο βαθμός βεβαιότητας στην μεθοδολογία του σχεδιασμού του κόστους αυξάνεται όσο εξελίσσονται τα στάδια κατασκευής. Ωστόσο πρέπει να γίνει σαφές ότι το τελικό πραγματικό κόστος φαίνεται ότι, αλλά και στην πλειοψηφία των περιπτώσεων σίγουρα, θα διαφέρει από το αρχικά προβλεπόμενο, για πολλούς λόγους (Brook, 2004) όπως:

1. Ο τύπος και η πολυπλοκότητα του κάθε κτιρίου (κάποια κατασκευαστικά έργα είναι ευκολότερο να εκτιμηθούν και άλλα πιο δύσκολα).
2. Οι συνέπειες του ανταγωνισμού στις αγορές (μεταβολές τιμών).
3. Η ποιότητα και η παλαιότητα των ιστορικών δεδομένων.
4. Η ποσότητα της πληροφόρησης γύρω από τον σχεδιασμό του νέου έργου (ιδίως στον σχεδιασμό κόστους σε αρχικό στάδιο).
5. Οι επιδόσεις της σχεδιαστικής ομάδας και ο βαθμός επικοινωνίας σε θέματα κόστους.

6. Η φύση και θέση του έργου, σε θέματα καιρικών συνθηκών, εδαφολογικών ιδιαιτεροτήτων, αποστάσεων από κέντρα διανομής κ.λπ.
7. Οι μεταβολές προδιαγραφών και σχεδίων λόγω αλλαγών αποφάσεων από πλευράς πελατών.
8. Οι ικανότητες και οι μέθοδοι που χρησιμοποιεί ο εκτιμητής.

3.5 Η εφαρμογή Διεθνών Προτύπων ICMS

Ο Alan Muse (FRICS – RICS Global Director of Built Environment), σε σχετικό άρθρο στο RICS Construction Journal (Σεπτέμβριος – Οκτώβριος 2015), αναφέρει ότι ο κλάδος των κατασκευών αναμένεται να παρουσιάσει σημαντική αύξηση σε παγκόσμιο επίπεδο μέχρι το 2025, λόγω της συνεχιζόμενης ανάπτυξης των πόλεων.

Η αβεβαιότητα, που εκφράζεται ως ρίσκο και οφείλεται κυρίως στην έλλειψη συγκριτικών και συστηματοποιημένων στοιχείων, αποτελεί τροχοπέδη. Το 2009, μελέτες που διεξήχθησαν σε 40 χώρες από το RICS (BCIS) και το European Council of Construction Economists, κατέληξαν στα εξής συμπεράσματα:

1. Περίπου το 50% των χωρών δεν δημοσίευσαν πίνακες με κατηγοριοποίηση εργασιών.
2. Στην απουσία εθνικών συμφωνημένων προτύπων, οι επαγγελματίες του χώρου συχνά υιοθετούν ξένα πρότυπα, ή χρησιμοποιούν ad-hoc μεθόδους που επινοούν οι ίδιοι.
3. Δεν υπάρχει κοινός ορισμός του κόστους ανά m², τόσο σε όρους κόστους, όσο και σε ερμηνεία του όρου της επιφάνειας δαπέδων.
4. Σε πολλές χώρες, η ποιότητα των πληροφοριών για το κόστος εργασιών και η συντήρηση αρχείων με αξιόπιστα ιστορικά δεδομένα, υπολείπονται αρκετά από τις επιθυμίες των παραγόντων του κλάδου.

Σε μια διεθνή προσπάθεια αντιμετώπισης των παραπάνω προβλημάτων, περισσότεροι από 30 επαγγελματικοί οργανισμοί, από όλο τον κόσμο συναντήθηκαν στις αρχές Ιουνίου 2015 στο IMF στην Ουάσινγκτον, για την έναρξη της συνεργασίας αναφορικά με τα «International Construction Measurement Standards» (ICMS). Η «συμμαχία» αυτή συστάθηκε από μη κερδοσκοπικούς οργανισμούς από 140 χώρες, με σκοπό τη θέσπιση κοινής ερμηνείας για το κατασκευαστικό κόστος και τον ορισμό προτύπων για την καταμέτρηση και κατηγοριοποίηση των εργασιών και των μεγεθών. Απώτερος σκοπός είναι να προαχθεί η συγκρισιμότητα, η συνέχεια, η στατιστική τεκμηρίωση και η θέσπιση σημείων αναφοράς για τα δεδομένα των κατασκευών παγκοσμίως (Muse, 2015).

Κεφάλαιο 4. Έρευνα

4.1 Γενικά

Κατά τον Gould (2005), εκτίμηση κόστους είναι μια πρόβλεψη, μια άποψη, ή ένας κατά προσέγγιση υπολογισμός για το ποιο μπορεί να είναι το τελικό κόστος ενός έργου.

Υπάρχει πλούσια βιβλιογραφία σχετικά με την ανάπτυξη τεχνικών για την πρόβλεψη του κατασκευαστικού κόστους. Ο Bell (1987) ανέπτυξε με την τεχνική της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης (MRA – Multiple Regression Analysis), ένα μοντέλο υπολογισμού του κόστους/μίλι, για την περίπτωση κατασκευής έργων οδοποιίας. Για το ίδιο θέμα, ο Muhamid (2011) ακολούθησε επίσης τη μέθοδο MRA. Οι Lowe *et al.* (2006), χρησιμοποίησαν την MRA για να προβλέψουν, μέσα από διακόσιες ογδόντα έξι (286) παρατηρήσεις, το κόστος κατασκευής κτιρίων στη Μεγάλη Βρετανία.

Η περισσότερο διαδεδομένη τεχνική πρόβλεψης κόστους κατασκευής κτιρίων, είναι αναμφισβήτητη η μέθοδος της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης, η οποία χρησιμοποιείται από την δεκαετία του '70. Τα μοντέλα παλινδρόμησης είναι ισχυρά εργαλεία για την ανάλυση και την εκτίμηση του κόστους, με σημαντικότερα πλεονεκτήματα την ταχύτητα πραγματοποίησης της πρόβλεψης και την αποδεδειγμένη σε πολλές περιπτώσεις μεγαλύτερη ακρίβεια των αποτελεσμάτων, σε σχέση με άλλες γνωστές μεθόδους (όπως οι approximate quantities και approximate rates) (McCaffer, 1975).

Ωστόσο υπάρχουν και προβλήματα στη μέθοδο MRA, που σχετίζονται με τα γενικότερα προβλήματα των στατιστικών μεθόδων, όπως η πολυσυγγραμμικότητα και η ετεροσκεδαστικότητα, που μειώνουν την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Επίσης, πάντα ελλοχεύει το πρόβλημα της αξιοπιστίας και ομοιομορφίας των ιστορικών δεδομένων.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας και της επιστήμης, οδήγησε από τα τέλη της δεκαετίας '80 την έρευνα προς τα εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης (expert systems) και στην ανάπτυξη μοντέλων Νευρωνικών Δικτύων (Neural Networks) που υπόσχονται εκτιμήσεις μεγαλύτερης ακρίβειας και εγκυρότητας (Hegazy *et al.*, 1998). Η διαδικασία της εκτίμησης δεν παύει να είναι συνδυασμός μεθοδολογίας και εμπειρίας δίνοντας έναυσμα για την εφαρμογή των λεγόμενων Case-Based Reasoning (CBR) συστημάτων (Guang Hee *et al.*, 2004).

4.2 Η Γραμμική Παλινδρόμηση

Εκτιμήσεις βασιζόμενες σε στατιστικές μεθόδους έχουν την ικανότητα να συγκεντρώνουν ιστορικά δεδομένα σε τέτοια μορφή ώστε να εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα (McCaffer, 1975). Τέτοια μέθοδος είναι και η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση και σχετικό παράδειγμα περιγράφηκε πριν από 40 χρόνια από τον Hughes, στο τεύχος Ιανουαρίου – Φεβρουαρίου 1974 του «The Quantity Surveyor».

Η MRA, ως εργαλείο μοντελοποίησης συναρτήσεων κόστους, επιτρέπει στο κόστος ενός έργου να ερμηνευθεί με ένα χαρακτηριστικό του (στην περίπτωση της απλής γραμμικής παλινδρόμησης) ή με λίγα χαρακτηριστικά (στην περίπτωση της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης), όπως π.χ. τη συνολική επιφάνεια ορόφων, το συνολικό όγκο του κτιρίου, την κάλυψη, το πλήθος των ορόφων, τον αριθμό των υπνοδωματίων κ.λπ., με την προϋπόθεση ότι γίνεται αναφορά σε ιδίου τύπου κτίρια. Οι στατιστικές τεχνικές επιτρέπουν επίσης στους εκτιμητές να εξηγούν το ποσοστό της εγκυρότητας των προβλέψεών τους με αριθμητικά στοιχεία.

Ο McCaffer (1975) στο δημοσίευμά του «Some examples of the use of Regression Analysis as an Estimating Tool» δίνει ένα παράδειγμα υπολογισμού του συνολικού κόστους κατασκευής μιας πολυκατοικίας διαμερισμάτων, χρησιμοποιώντας ως τεχνική την πολλαπλή παλινδρόμηση και όλες τις ακόλουθες μεταβλητές:

- i. Συνολική επιφάνεια διαμερισμάτων ενός δωματίου.
- ii. Συνολική επιφάνεια διαμερισμάτων δύο δωματίων.
- iii. Πλήθος ορόφων.
- iv. Γινόμενο του πλήθους των ορόφων επί το πλήθος των ανελκυστήρων.
- v. Συνολική επιφάνεια χώρων πρόσβασης.
- vi. Συνολική επιφάνεια κοινόχρηστων χώρων.
- vii. Πλήθος θέσεων στάθμευσης.

Προφανώς είναι ταχύτερο και στις περισσότερες περιπτώσεις πιο έγκυρο να υπολογίζονται προβλέψεις κόστους σε αρχικό στάδιο με μεθόδους παλινδρόμησης, παρά με την χρήση των παραδοσιακών εκτιμητικών μεθόδων που χρησιμοποιούν κατά προσέγγιση ποσότητες και τιμές (McCaffer, 2004). Για να γίνει αυτό, είναι απαραίτητο να συγκεντρώνονται δεδομένα που σχετίζονται με προηγούμενα έργα και μετά από επεξεργασία και ανάλυση να παράγονται τα μοντέλα πρόβλεψης κόστους. Είναι επίσης σημαντικό να εκσυγχρονίζονται τα μοντέλα περιοδικά, αντικαθιστώντας τα παλαιότερα δεδομένα με νέα.

4.2.1 Η μέθοδος της Απλής Γραμμική Παλινδρόμησης (Χρήστου, 2007)

Ο μαθηματικός τύπος της συναρτησιακής σχέσεως ανάμεσα σε μια εξαρτημένη μεταβλητή Y (το συνολικό κόστος κατασκευής ενός κτιρίου) και σε μια ανεξάρτητη μεταβλητή X (πχ. η συνολική επιφάνεια των ορόφων), με την απαραίτητη προϋπόθεση ότι αυτή η σχέση είναι γραμμική, έχει την ακόλουθη μορφή:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 * X \quad (4.1)$$

Όπου:

Y = η εξαρτημένη μεταβλητή

X = η ανεξάρτητη μεταβλητή

β_0 = η σταθερά (η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής Y , όταν η τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής X είναι μηδέν)

β_1 = ο συντελεστής της μεταβλητής X

Η παραπάνω σχέση είναι προσδιοριστική (deterministic). Στην πραγματικότητα όμως υπάρχουν αποκλίσεις από την ευθεία που απεικονίζει η παραπάνω σχέση. Δηλαδή, αν στην πράξη επαναλάβουμε το ίδιο πείραμα πολλές φορές (t φορές), για το ίδιο X θα πάρουμε κάθε φορά διαφορετικό Y . Αυτές οι αποκλίσεις αποτυπώνονται με την

χρήση μιας τυχαίας μεταβλητής (u). Οπότε η παραπάνω σχέση γίνεται στοχαστική (stochastic) και γράφεται ως εξής:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 * X_t + u_t \quad (4.2)$$

Όπου: u_t = τυχαία μεταβλητή ή διαταρακτικός όρος ή κατάλοιπο

Μια οικονομική σχέση αποτελείται από το συστηματικό μέρος που ισχύει πάντοτε (4.1) και το μη συστηματικό (ο όρος u της συνάρτησης 4.2) που αποτελεί τη γέφυρα με τα πραγματικά δεδομένα της οικονομικής ζωής.

Η παραπάνω συνάρτηση για να ισχύει προϋποθέτει ότι:

- i. Υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ της εξαρτημένης και της ανεξάρτητης μεταβλητής.
- ii. Η (u_t) είναι τυχαία μεταβλητή που παίρνει τιμές θετικές ή αρνητικές αλλά κατά τον μέσο όρο η τιμή της είναι μηδέν
- iii. Η διακύμανση της μεταβλητής (u_t) είναι σταθερή για όλες τις τιμές της X (ομοσκεδαστικότητα)
- iv. Οι διαταρακτικοί όροι (κατάλοιπα) είναι ασυσχέτιστοι μεταξύ τους και ακολουθούν κανονική κατανομή (δεν υπάρχει αυτοσυσχέτιση)
- v. Η μεταβλητή X δεν είναι στοχαστική και υποθέτουμε ότι οι τιμές της παραμένουν σταθερές σε μια υποθετική διαδικασία επαναλαμβανόμενης δειγματοληψίας.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, επαναλαμβάνοντας το ίδιο πείραμα πολλές φορές και για την ίδια τιμή X , θα πάρουμε διαφορετικές τιμές Y , επειδή θα μεταβάλλεται η τυχαία μεταβλητή u . Για τον μέσο των τιμών Y θα έχουμε την παρακάτω σχέση που ονομάζεται «γραμμή παλινδρομήσεως στον πληθυσμό»:

$$E(Y_t) = \beta_0 + \beta_1 * X_t \quad (4.3)$$

$$\text{και διακύμανση} \quad V(Y_t) = \sigma^2 \quad (4.4)$$

Καθώς είναι αδύνατον να έχουμε όλες τις τιμές Y για τον πληθυσμό, υπολογίζουμε τις τιμές από δείγμα παρατηρήσεων. Οπότε και η γραμμή παλινδρομήσεως στο δείγμα είναι η εξής:

$$\hat{Y}_t = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 * X_t \quad (4.5)$$

Είναι προφανές ότι η γραμμή παλινδρομήσεως από το δείγμα δεν θα συμπίπτει ακριβώς με την γραμμή παλινδρομήσεως από τον πληθυσμό. Η διαφορά μεταξύ των πραγματικών τιμών Y_t και των υπολογισμένων τιμών $\hat{Y}_t$ ονομάζεται κατάλοιπο (residual) ή απόκλιση και μπορεί να θεωρηθεί σαν εκτίμηση της άγνωστης τιμής του διαταρακτικού όρου u_t . Επομένως:

$$\text{Στον πληθυσμό αναφέρεται η σχέση:} \quad Y_t = \beta_0 + \beta_1 * X_t + u_t \quad (4.6)$$

$$\text{και στο δείγμα αναφέρεται η σχέση:} \quad Y_t = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 * X_t + \hat{u}_t \quad (4.7)$$

4.2.2 Η μέθοδος της Γραμμικής Πολυμεταβλητής Παλινδρόμησης

Η γραμμική πολυμεταβλητή παλινδρόμηση είναι η επέκταση της απλής γραμμικής παλινδρόμησης για περισσότερες από μία ερμηνευτικές μεταβλητές (Χρήστου, 2007). Ο γενικός τύπος για ένα δείγμα t παρατηρήσεων και k ερμηνευτικών μεταβλητών είναι:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{t1} + \beta_2 X_{t2} + \beta_3 X_{t3} + \dots + \beta_k X_{tk} + u_t \quad (4.8)$$

όπου:

Y_t : η εξαρτημένη μεταβλητή

X_t : οι ανεξάρτητες μεταβλητές

β_0 : η σταθερά (η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής Y , όταν όλες οι τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών X είναι μηδέν)

β_k : οι συντελεστές των μεταβλητών X

u_t : ο διαταρακτικός όρος ή κατάλοιπο

Οι προϋποθέσεις είναι οι ίδιες που ισχύουν και στην απλή γραμμική παλινδρόμηση με την προσθήκη των (vi) και (vii):

- i. Υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ της εξαρτημένης και του σετ των ανεξάρτητων μεταβλητών.
- ii. Η (u) είναι τυχαία μεταβλητή που παίρνει τιμές θετικές ή αρνητικές αλλά κατά τον μέσο όρο η τιμή της είναι μηδέν
- iii. Η διακύμανση της μεταβλητής (u) είναι σταθερή για όλες τις τιμές της X (ομοσκεδαστικότητα)
- iv. Οι διαταρακτικοί όροι (κατάλοιπα) είναι ασυσχέτιστοι μεταξύ τους και ακολουθούν κανονική κατανομή (μη ύπαρξη αυτοσυσχέτισης)
- v. Οι ερμηνευτικές μεταβλητές X δεν είναι στοχαστικές. Οι τιμές τους παραμένουν σταθερές και δεν είναι όλες ίσες μεταξύ τους.
- vi. Δεν υπάρχουν ακριβείς γραμμικές σχέσεις ανάμεσα στις ερμηνευτικές μεταβλητές (μη ύπαρξη πολυσυγγραμμικότητας). Η επαλήθευση γίνεται με τον σχεδιασμό ενός διαγράμματος συσχετίσεων (correlation matrix) μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών της συνάρτησης.
- vii. Ο αριθμός των παρατηρήσεων του δείγματος είναι μεγαλύτερος από τον αριθμό των συντελεστών του υποδείγματος που θέλουμε να εκτιμήσουμε (σαν γενικός κανόνας οι παρατηρήσεις να είναι τουλάχιστον 2 με 3 φορές περισσότερες από τις μεταβλητές).

4.3 Η εκτίμηση του υποδείγματος

4.3.1 Η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων (Χρήστου, 2007)

Η συνήθης μέθοδος εκτίμησης των παραμέτρων του υποδείγματος της απλής αλλά και της πολυμεταβλητής γραμμικής παλινδρόμησης, είναι αυτή των ελαχίστων τετραγώνων (least squares method). Πρόκειται για σχετικά απλή μέθοδο μέσα από την οποία επιλέγουμε τη γραμμή παλινδρόμησης για την οποία το άθροισμα των τετραγώνων των αποκλίσεων (καταλοίπων) των παρατηρήσεων της Y του δείγματος είναι ελάχιστο.

Από την μέθοδο αυτή και για την προκύπτουν οι εκτιμητές για τις οποίες ελαχιστοποιείται η συνάρτηση:

$$\begin{aligned}\Phi &= \sum \hat{u}_t^2 = \sum (Y_t - \hat{Y}_t)^2 \\ &= \sum (Y_t - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 * X_{t1} - \hat{\beta}_2 * X_{t2} - \dots - \hat{\beta}_k * X_{tk})^2\end{aligned}\quad (4.9)$$

4.3.2 Ο πίνακας ANOVA

Δύο βασικές μετρήσεις για την αποτελεσματικότητα της εξίσωσης παλινδρόμησης είναι:

- Η τυπική απόκλιση του δείγματος:

$$S_Y = \text{sq root } \{[\sum (Y - \hat{Y})^2] / [n - (k + 1)]\} \quad (4.10)$$

- Ο συντελεστής μεταβλητότητας:

$$R^2 = \text{SSR} / \text{SST} \quad (4.11)$$

Όταν κάνουμε πολύπλοκους και μακροσκελείς υπολογισμούς πολλαπλής παλινδρόμησης, χρησιμοποιούμε οικονομετρικά προγράμματα όπως MINITAB, SPSS, Eviews ή απλά το Excel.

Ο πιο κοινός υπολογισμός είναι η ανάλυση της διακύμανσης «Analysis of Variance», εν συντομία ANOVA. Ακολουθεί τυπικό παράδειγμα ANOVA μέσω Excel:

ANOVA Summary Output

Regression Statistics	
Multiple R	0,993301515
R Square	0,986647899 (Συντελεστής Προσδιορισμού)
Adjusted R Square	0,983309873 (Διορθωμένος Συντελεστής Προσδιορισμού)
Standard Error	13945,09821 (Τυπικό Σφάλμα)
Observations	6 (Πλήθος Παρατηρήσεων)

ANOVA		(Βαθμοί Ελευθερίας)		(Ελεγχος παλινδρόμησης με F-κατανομή)	
		Df	SS	MS	F
Regression	(SSR)	1	57479863026	57479863026	295,5783157
Residual	(SSE)	4	777863056,5	194465764,1	
Total	(SST)	5	58257726082		

(Συντελεστές Συνάρτησης Παλινδρόμησης)		(Ελεγχος εκτιμητών με t-student's κατανομή)			
		Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value
Intercept	(β ₀)	245134,0284	34941,98074	7,01545886	0,002174079
X _i	(β _i)	249,5200275	14,51339865	17,19239122	6,71543E-05

Από την ανάλυση ANOVA προκύπτουν χρήσιμα συμπεράσματα για την παλινδρόμηση όπως:

1. Μεταβλητότητα που ερμηνεύεται από την Παλινδρόμηση (άθροισμα τετραγώνων παλινδρόμησης)

$$\text{Sum of Squares Regression: } SSR = \Sigma(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 = SST - SSE \quad (4.12)$$

2. Μεταβλητότητα που οφείλεται στους τυχαίους παράγοντες (άθροισμα τετραγώνων καταλοίπων)

$$\text{Sum of Squares Error: } SSE = \Sigma(Y_i - \hat{Y}_i)^2 = SST - SSR \quad (4.13)$$

3. Συνολική Μεταβλητότητα (συνολικό άθροισμα τετραγώνων)

$$\text{Sum of Squares Total: } SST = \Sigma(Y_i - \bar{Y})^2 = SSR + SSE \quad (4.14)$$

4. Συντελεστής Προσδιορισμού R^2 (ακολουθεί ανάλυση στην επόμενη παράγραφο)

5. Εκτιμητές της συνάρτησης παλινδρόμησης, δηλαδή η σταθερά β_0 και οι συντελεστές β_i των ανεξάρτητων μεταβλητών X_i

6. Αποτελέσματα από τους ελέγχους της παλινδρόμησης με την F-κατανομή και τους ελέγχους των συντελεστών των ανεξάρτητων μεταβλητών με την t-student κατανομή (ακολουθεί εξήγηση παρακάτω).

4.3.3 Ο Συντελεστής Προσδιορισμού R^2 (Χρήστου, 2007)

Συμβολίζεται με το R^2 και είναι το μέτρο ικανότητας προσαρμογής του υποδείγματος και ορίζεται σαν η αναλογία (ποσοστό) της μεταβλητότητας της εξαρτημένης μεταβλητής Y , που εξηγείται από την παλινδρόμηση (Χρήστου, 2007). Λαμβάνει τιμές από 0 μέχρι 1. Για παράδειγμα, συντελεστής προσδιορισμού 0,85 σημαίνει ότι η συνάρτηση της παλινδρόμησης εξηγεί το 85% της μεταβλητότητας της εξαρτημένης μεταβλητής Y , ενώ το υπόλοιπο 15% παραμένει ανεξήγητο και οφείλεται σε τυχαίους παράγοντες.

Ο τύπος του Συντελεστή Προσδιορισμού είναι:

$$R^2 = SSR / SST = \Sigma(\hat{Y}_i - \bar{Y}) / \Sigma(Y_i - \bar{Y}) \quad (4.15)$$

Επίσης ισχύει ότι:

$$1 - R^2 = 1 - SSR / SST = SSE / SST = \Sigma(Y_i - \hat{Y}_i) / \Sigma(Y_i - \bar{Y}) \quad (4.16)$$

Ο συντελεστής προσδιορισμού (coefficient of determination) αποτελεί δείκτη του πόσο «καλό» είναι το υπόδειγμα που έχουμε εκτιμήσει. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του R^2 , τόσο καλύτερη είναι η προσαρμογή του υποδείγματος στα δεδομένα του δείγματος και αντίστροφα (Χρήστου, 2007).

Σημειώνεται ότι όταν προσθέτουμε ανεξάρτητες μεταβλητές στην συνάρτηση παλινδρόμησης, ο συντελεστής R^2 αυξάνεται, αφού κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή που προστίθεται βελτιώνει την πρόβλεψη για την τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής. Συνεπώς μπορεί να έχουμε υψηλό R^2 και αυτό να οφείλεται σε μεγάλο αριθμό

μεταβλητών και όχι απαραίτητα στον βαθμό επιτυχίας των εκτιμητών στο να προβλέπουν την εξαρτημένη μεταβλητή.

Πλέον του συντελεστή προσδιορισμού υπάρχει και ο διορθωμένος συντελεστής προσδιορισμού ($\text{Adjusted } R^2$), που χρησιμοποιείται για να γίνεται σύγκριση μεταξύ παλινδρομήσεων με διαφορετικό αριθμό μεταβλητών και διαφορετικό μέγεθος δείγματος. Ο τύπος του διορθωμένου συντελεστή προσδιορισμού είναι:

$$R^2_{\text{adj}} = 1 - \{ \text{SSE} / [n - (k+1)] \} / \{ \text{SST} / (n-1) \} \quad (4.17)$$

όπου:

n: πλήθος παρατηρήσεων του δείγματος

k: πλήθος μεταβλητών X της συνάρτησης

4.3.4 Έλεγχος της παλινδρόμησης με την F-κατανομή (Global Test)

Ελέγχουμε την ικανότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$ στο βαθμό που εξηγούν τη συμπεριφορά της εξαρτημένης μεταβλητής Y, χρησιμοποιώντας τον έλεγχο με τη F-κατανομή. Αυτός ο τρόπος ερευνά την πιθανότητα όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές να έχουν συντελεστή μηδέν (έλεγχος της μηδέν υπόθεσης – the ‘null’ hypothesis test).

Ο τύπος της F-κατανομής είναι:

$$F = \text{MSR} / \text{MSE} = (\text{SSR} / k) / \{ (\text{SSE} / [n - (k+1)]) \} \quad (4.18)$$

όπου:

MSR (Mean of Squares Regression):

$\text{SSR} (\text{μεταβλητότητα παλινδρόμησης}) / k (\text{βαθμοί ελευθερίας}) = \Sigma(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 / \text{πλήθος μεταβλητών}$

MSE (Mean of Squares Error):

$\text{SSE} (\text{μεταβλητότητα σφάλματος}) / [n - (k+1)] (\text{βαθμοί ελευθερίας}) = \Sigma(Y_i - \hat{Y}_i)^2 / [\text{πλήθος παρατηρήσεων} - (\text{πλήθος μεταβλητών} + 1)]$

Η μηδενική υπόθεση (null hypothesis) για τρεις εκτιμητές αντίστοιχων ανεξάρτητων μεταβλητών, εκφράζεται ως:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$$

και η εναλλακτική υπόθεση ως:

$$H_1: \text{Όχι όλα τα } \beta_i \text{ να είναι } 0$$

Αν η μηδενική υπόθεση επαληθεύεται, τότε δεν υπάρχει χρησιμότητα να ερμηνεύουμε την εξαρτημένη μεταβλητή με αυτό το σετ των ανεξάρτητων μεταβλητών και πρέπει να προχωρήσουμε την έρευνά μας είτε με κάποιο άλλο σετ ανεξάρτητων μεταβλητών, είτε να αλλάξουμε την μέθοδο εκτίμησης της εξαρτημένης μεταβλητής.

Η F-κατανομή διαθέτει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

1. Κάθε φορά που αλλάζουν οι βαθμοί ελευθερίας είτε στον αριθμητή είτε στον παρονομαστή του κλάσματος (πλήθος παρατηρήσεων, πλήθος μεταβλητών), προκύπτει μια καινούρια F-κατανομή.
2. Δεν παίρνει αρνητικές τιμές
3. Είναι συνεχής κατανομή, δηλαδή λαμβάνει τιμές από το 0 μέχρι το $+\infty$
4. Η καμπύλη της έχει θετική κλίση και είναι ασυμπτωτική.

4.3.5 Έλεγχος συντελεστών παλινδρόμησης με τη Στατιστική t

Για να ελέγξουμε κάθε μία από τις ανεξάρτητες μεταβλητές προκειμένου να προσδιορίσουμε ποιοι συντελεστές της παλινδρόμησης μπορεί να λαμβάνουν μηδενικές τιμές και ποιοι όχι, χρησιμοποιούμε τον έλεγχο με τη Στατιστική t. Πρόκειται για την κατανομή t, με βαθμούς ελευθερίας $n-(k+1)$. Όπου n ο αριθμός των παρατηρήσεων και k ο αριθμός των μεταβλητών.

Στην αξιολόγηση του μοντέλου μας, αν ένας εκτιμητής ανεξάρτητης μεταβλητής είναι μηδέν, τότε η συγκεκριμένη μεταβλητή δεν συμβάλει στην ερμηνεία της εξαρτημένης μεταβλητής. Συνεπώς θα πρέπει να απορρίψουμε την συγκεκριμένη μεταβλητή από την συνάρτηση της παλινδρόμησης, ως μη σημαντική.

Η συνάρτηση για τον έλεγχο στατιστικής t έχει την παρακάτω μορφή:

$$t = (\beta_i - 0) / S_{\beta_i} \quad (4.19)$$

όπου:

β_i = οποιοσδήποτε από τους συντελεστές παλινδρόμησης

S_{β_i} = η τυπική απόκλιση αυτής της κατανομής του συντελεστή παλινδρόμησης

4.3.6 Συντελεστές Συσχέτισης και Πίνακες Συσχετίσεων

Η συσχέτιση μεταξύ δύο μεταβλητών εκφράζεται με τον συντελεστή συσχέτισης correlation coefficient και λαμβάνει τιμές από 0 έως ± 1 , υποδηλώνοντας τον βαθμό που η μεταβολή της μίας μεταβλητής επηρεάζει την μεταβολή της άλλης.

Βαθμός συσχέτισης 1 σημαίνει μέγιστη θετική συσχέτιση, δηλαδή αν η μια μεταβλητή αυξηθεί κατά (α) τότε και η άλλη θα αυξηθεί επίσης κατά (α). Βαθμός συσχέτισης -1 σημαίνει ότι έχουμε μέγιστη αρνητική συσχέτιση, δηλαδή αν η μια μεταβλητή αυξηθεί κατά (α) τότε και η άλλη θα μειωθεί επίσης κατά (-α). Όσο ο βαθμός συσχέτισης πλησιάζει στο 0 τόσο η συσχέτιση των μεταβλητών μειώνεται, μέχρι να φτάσουμε στο 0 όπου σημαίνει ότι δεν υπάρχει καμία συσχέτιση μεταξύ των μεταβολών των δύο μεταβλητών.

Ο έλεγχος συσχέτισης των ανεξάρτητων μεταβλητών μεταξύ τους και σε σχέση με την εξαρτημένη μεταβλητή είναι ιδιαίτερα σημαντικός για την παλινδρόμηση. Αφενός μας ενδιαφέρει να υπάρχει υψηλός βαθμός συσχέτισης μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών και της εξαρτημένης μεταβλητής, ωστόσο αν οι ανεξάρτητες μεταβλητές συσχετίζονται μεταξύ τους σε μεγάλο βαθμό τότε έχουμε το πρόβλημα της πολυσυγγραμμικότητας.

Για να αποκαλύψουμε τις συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών, χρησιμοποιούμε υπολογιστικά προγράμματα και φτιάχνουμε πίνακες συσχετίσεων (Πίνακες 1 & 2, Παράρτημα).

4.4 Έρευνα

4.4.1 Εισαγωγή

Οι πελάτες/επενδυτές των κτιριακών έργων καθώς και οι κατασκευαστές, χρειάζονται έγκυρη και έγκαιρη πληροφόρηση σχετικά με το συνολικό μέγεθος της δαπάνης που θα απαιτηθεί για την κατασκευή ενός έργου. Οι εκτιμήσεις κόστους σε αρχικό στάδιο χρησιμοποιούνται για να προβλέψουν το συνολικό κόστος ενός έργου πριν την ολοκλήρωση του σχεδιασμού του (Sanders *et al.*, 1992) και θεωρούνται ως η κρισιμότερη αφετηρία για την λήψη αποφάσεων σχετικά με το μέλλον ενός έργου (Sodikon, 2005).

Ωστόσο προβλήματα στη διαδικασία, κυρίως λόγω έλλειψης αναλυτικών πληροφοριών σχετικά με το έργο σε αρχικό στάδιο και πριν την σχεδίαση του κτιρίου, επιφέρουν αβεβαιότητα σχετικά με τις εκτιμήσεις (Muhamid, 2011). Σε αρχικό στάδιο η εγκυρότητα των εκτιμήσεων κυμαίνεται μεταξύ $\pm 15\%$ και $\pm 50\%$, λόγω της χαμηλής πληροφόρησης σχετικά με τον τελικό σχεδιασμό (Schexnayder *et al.*, 2003).

Αρκετές μελέτες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι πελάτες είναι γενικώς δυσαρεστημένοι με τις αρχικές εκτιμήσεις κόστους που τους παρέχονται από επαγγελματίες του χώρου (RICS, 1984).

4.4.2 Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που ακολουθείται αναλύεται στις επόμενες παραγράφους και περιλαμβάνει τα εξής:

- Στόχος και Αντικείμενα της έρευνας
- Συλλογή δεδομένων και επεξεργασία
- Επιλογή της τεχνικής πρόβλεψης
- Επιλογή των σημαντικότερων μεταβλητών και κατάρτιση του μαθηματικού υποδείγματος

4.4.3 Στόχος και Αντικείμενα της έρευνας

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως στόχο την διατύπωση ενός μοντέλου εκτίμησης κόστους κατασκευής οικιστικών οικοδομικών έργων, που θα μπορεί να εφαρμοστεί σε αρχικό στάδιο και θα παρέχει γρήγορη και έγκυρη εκτίμηση κόστους.

Τα βασικά αντικείμενα της έρευνας είναι:

1. Να αποκαλύψουμε ποια εκ των ανεξάρτητων μεταβλητών επαληθεύει καλύτερη τη συνάρτηση κόστους, χρησιμοποιώντας μήτρες συσχέτισης και την μέθοδο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης.

2. Να δημιουργήσουμε ένα μοντέλο πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης για την εκτίμηση του συνολικού καθαρού κόστους κατασκευής, ως συνάρτηση ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών, τα οποία μπορούν να είναι εύκολα διαθέσιμα σε αρχικό στάδιο (πριν την έναρξη της σχεδίασης).

4.4.4 Συλλογή δεδομένων και επεξεργασία

Για την έρευνα, συλλέξαμε ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα από 105 παρατηρήσεις που αφορούν κτιριακά έργα οικιστικής χρήσης (κατοικίες και πολυκατοικίες διαμερισμάτων). Από τα δεδομένα προέκυψαν 21 ανεξάρτητες μεταβλητές.

Είναι αυτονόητο ότι πληθώρα ποσοτικών και ποιοτικών μεταβλητών επηρεάζει το κόστος κατασκευής. Ωστόσο τα μοντέλα πρόβλεψης κατασκευαστικού κόστους σε αρχικό στάδιο, χρησιμοποιούν μόνο λίγες μεταβλητές. Ο λόγος βρίσκεται στο ότι τα μοντέλα προορίζονται για προβλέψεις σε μια χρονική στιγμή που υπάρχει περιορισμένη διαθέσιμη πληροφόρηση (αρχική σύλληψη της ιδέας του έργου και γενικός στρατηγικός σχεδιασμός).

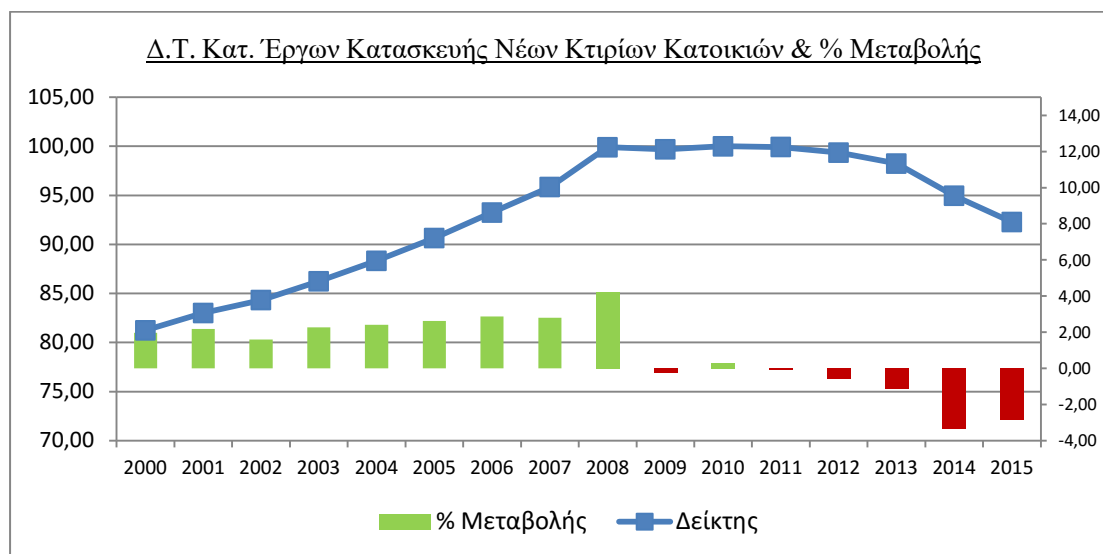
Το δείγμα μας περιλαμβάνει πληροφορίες τόσο όσον αφορά τη χρήση (πλήθος διαμερισμάτων, υπνοδωματίων, λουτρών, θέσεων στάθμευσης κτλ.) όσο και στο μέγεθος του κτίσματος (επιφάνειες και ορόφους). Οι παρατηρήσεις προέκυψαν από ερωτηματολόγια προς κατασκευαστικές εταιρείες και μηχανικούς. Από την επεξεργασία των δεδομένων προκύπτει ότι υπάρχουν μεταξύ των έργων κοινά στοιχεία. Αυτό συμβαίνει γιατί οι κατασκευαστές τείνουν να τυποποιούν και να επαναλαμβάνουν τον ίδιο τρόπο κατασκευής καθώς επίσης αναπτύσσουν προτιμήσεις στην οικοδόμηση σε συγκεκριμένες περιοχές. Είναι άλλωστε λογικό αφού με την τυποποίηση του τρόπου κατασκευής πετυχαίνουν χαμηλά κοστολόγια, ενώ οικοδομώντας σε συγκεκριμένες περιοχές αποκτούν φήμη και πελατεία και πολύ καλή γνώση των τοπικών αγοραίων αξιών.

Εξαρτημένη μεταβλητή (Y)

Η εξαρτημένη μεταβλητή (Y) αναφέρεται στο συνολικό κόστος κατασκευής του έργου. Όπως προαναφέραμε, είναι σημαντικό να γίνεται σαφές σε ποιο ακριβώς κόστος αναφερόμαστε. Η παρούσα έρευνα χρησιμοποιεί το κόστος κατασκευής του γενικού εργολήπτη/κατασκευαστή (υπερ-εργολάβου). Δηλαδή τη συνολική δαπάνη που κατέβαλε ο γενικός εργολήπτης μέχρι και την ολοκλήρωση και παράδοσή του έργου στον πελάτη (χωρίς να περιλαμβάνει το κέρδος του). Περιέχει όλα τα άμεσα κόστη που συνδέονται απευθείας με την κατασκευή, τόσο από εργασίες που εκτελέστηκαν με αυτεπιστασία, όσο και από εργασίες που ανατέθηκαν σε υπεργολάβους, που είναι και η συνήθης πρακτική στην Ελλάδα. Στις προσφορές και αμοιβές των υπεργολάβων, έχουν συμπεριληφθεί και οι προβλέψεις, αποσβέσεις και το κέρδος τους. Εκτιμούμε ότι το παραπάνω συνολικό κόστος κατασκευής αντιπροσωπεύει καλύτερα, ως εξαρτημένη μεταβλητή, τον σκοπό της έρευνάς μας σύμφωνα με τα δεδομένα που συλλέξαμε.

Ένα σημαντικό πρόβλημα που αντιμετωπίζουν όλα τα early cost estimating μοντέλα, όπως προαναφέραμε στο θεωρητικό μέρος της παρούσας διπλωματικής, είναι ότι τα δεδομένα από προηγούμενα έργα εκτείνονται σε βάθος χρόνου και τα κόστη δεν είναι συγκρίσιμα λόγω πληθωρισμού. Για να λύσουμε το πρόβλημα προσαρμόσαμε τα κόστη σε ένα κοινό έτος βάσης (Seeley, 1983 και Lowe *et al.*, 2006) και σαν

συντελεστή προσαρμογής χρησιμοποιήσαμε τον «Δείκτη Τιμών Κατηγοριών Έργων Κατασκευής Νέων Κτιρίων Κατοικιών» της ΕΛ.ΣΤΑΤ.



(πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ.)

Σημειώνουμε ότι κατά Lowe *et al.* (2006), το συνολικό κόστος κατασκευής είναι λιγότερο κατάλληλο για την ανάπτυξη των μαθηματικών μοντέλων και αντ' αυτού δοκιμάζει ως εξαρτημένη μεταβλητή τρεις επιλογές: α) κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο (cost/m^2), β) τον λογάριθμο του κόστους ($\log$ of cost) και γ) το λογάριθμο του κόστους ανά τετραγωνικό μέτρο ($\log$ of cost/m^2), καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι η δεύτερη επιλογή ($\log$ of cost) εξυπηρετεί καλύτερα το μαθηματικό του υπόδειγμα.

Για τους σκοπούς της έρευνας και ακολουθώντας την βιβλιογραφία, πλέον του συνολικού κόστους, χρησιμοποιήσαμε στα μοντέλα παλινδρομήσεων και τον λογάριθμό του ($\log$ of cost).

Οι ανεξάρτητες μεταβλητές (X)

Η λογική γύρω από τη συλλογή και τον προσδιορισμό των ανεξάρτητων μεταβλητών από προηγούμενες κατασκευές, στηρίζεται στη κατάρτιση μέσα σε λίγο χρόνο μιας έγκυρης βάσης δεδομένων από στοιχεία που είναι εύκολα διαθέσιμα (McCaffer, 1975). Πρόκειται επίσης για δεδομένα που σε οποιοδήποτε μελλοντικό έργο θα προκύπτουν σε αρχικό στάδιο και τη χρονική στιγμή που απαιτείται η διενέργεια της πρώτης εκτίμησης/πρόβλεψης του κόστους κατασκευής.

Οι ανεξάρτητες μεταβλητές ($X_{1,2,3,...,n}$) αντιστοιχούν σε ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των κατασκευών. Τα δεδομένα προέκυψαν από ερωτηματολόγια που υποβάλαμε στους κατασκευαστές και μηχανικούς που επέλεξαν να συμμετέχουν στην έρευνα και αφορούν κυρίως σε στοιχεία που προκύπτουν με ακρίβεια μέσα από τα διαγράμματα κάλυψης και τις κατόψεις των ήδη κατασκευασμένων κτιρίων.

Πολλά από τα δεδομένα συνδέονται με τους «όρους δόμησης» (συντελεστής δόμησης, συντελεστής κάλυψης, συντελεστής όγκου, χρήση γης, μέγιστο ύψος κτιρίου κ.λπ.). Επιλέξαμε αυτά τα στοιχεία, όχι μόνο γιατί πληροφορούν για το μέγεθος του κτίσματος, αλλά και γιατί είναι άμεσα και ελεύθερα διαθέσιμα από τις κατά τόπους υπηρεσίες πολεοδομίας. Τα υπόλοιπα αφορούν στοιχεία που

συμπεριλαμβάνονται στην φάση του στρατηγικού σχεδιασμού (πριν τη σχεδίαση) του κάθε κτίσματος και αποτυπώνουν τις επιθυμίες των πελατών ανά περίπτωση έργου (π.χ. είδος κτιρίου, πλήθος διαμερισμάτων, πλήθος υπνοδωματίων κ.λπ.), καθώς και ψευδομεταβλητές για να προσδιορίσουμε την ύπαρξη ή μη κάποιων χαρακτηριστικών (ακολουθεί περιγραφή).

Πίνακας 21 Ανεξάρτητων Μεταβλητών (X)

sqm-BS	(Building Surface). Πρόκειται για τον Συντελεστής Κάλυψης (όπως ορίζεται στους όρους δόμησης) και αντιπροσωπεύει το ποσοστό του οικοπέδου που καλύπτεται από το κτίσμα. Εκφράζεται σε m^2 και προκύπτει από το γινόμενο της επιφάνειας του οικοπέδου επί του συντελεστή κάλυψης.
sqm-LFA	(Living Floor Area). Είναι οι «κατοικήσιμοι χώροι» ή αλλιώς η επιφάνεια χώρων κύριας χρήσης. Δεν περιλαμβάνει αποθήκες, γκαράζ, κοινόχρηστους χώρους, ανοικτούς ημιυπαίθριους και εξώστες. Εκφράζεται σε m^2 . (Από το 2012 ταυτίζεται με την επιτρεπόμενη δόμηση και προκύπτει από το γινόμενο του συντελεστή δόμησης επί την επιφάνεια του οικοπέδου. Πριν το 2012 η επιτρεπόμενη δόμηση αποτελούσε το άθροισμα των χώρων κύριας χρήσης, των πλατυσκάλων των ορόφων και του κλιμακοστασίου).
sqm-BFA	(Basement Floor Area). Η επιφάνεια υπογείων χώρων βοηθητικής χρήσης. Πρόκειται για χώρους αποθηκών, μηχανολογικών εγκαταστάσεων και τον υπόγειο χώρο γκαράζ. Δεν περιλαμβάνει υπόγειους χώρους κύριας χρήσης. Εκφράζεται σε m^2 .
GIFA	(Gross Internal Floor Area). Συνολική εσωτερική επιφάνεια κτιρίου. Περιλαμβάνει το άθροισμα των τριών προηγούμενων μεγεθών, δηλ. όλων των εσωτερικών χώρων του κτιρίου κύριας χρήσης, βοηθητικής χρήσης και των κοινοχρήστων. Δεν περιλαμβάνει ανοικτούς εξωτερικούς χώρους. Εκφράζεται σε m^2 .
sqm-Escltr	(Escalator surface). Καθαρή εσωτερική επιφάνεια εισόδου, συνολικού κλιμακοστασίου, πλατύσκαλων και απόληξης στο δώμα. Εκφράζεται σε m^2 .
sqm-Bal	(Balcony surface). Συνολική, επιφάνεια εξωστών και (ακάλυπτων) ημιυπαίθριων χώρων. Εκφράζεται σε m^2 .
sqm-Roof	(Roof surface). Επιφάνεια δώματος/σκεπής. Εκφράζεται σε m^2 .
sqm-RLA	(Remaining land area). Υπολειπόμενη επιφάνεια οικοπέδου. Πρόκειται ουσιαστικά για τον περιβάλλοντα χώρο και περιλαμβάνει όλες τις κατασκευές που συμπληρώνουν την τελική εικόνα του κτιρίου (φύτευση, ράμπες οχημάτων και αναπήρων, περίφραξη, διάδρομοι διέλευσης κτλ.) Υπολογίζεται ως η διαφορά της επιφάνειας του οικοπέδου προς την επιφάνεια κάλυψης του κτίσματος. Εκφράζεται σε m^2 .

Hight	(Building Height). Συνολικό ύψος ανωδομής, δηλαδή από το έδαφος μέχρι και την τελευταία πλάκα του δώματος. Σε περίπτωση κλίσης εδάφους, η μέτρηση ξεκινάει (σημείο μηδέν) από το μέσον της κλίσης. Εκφράζεται σε m ² .
Vol	(Total building Volume). Συνολικός Όγκος Κτιρίου. Περιγράφει το κτίριο συνολικά στις εξωτερικές του διαστάσεις. Υπολογίζεται από το γινόμενο του μήκους, πλάτους, ύψους του κτιρίου ή των επιμέρους τμημάτων του. Εκφράζεται σε m ³ (κυβικά μέτρα).
Stories	(Number of stories). Πλήθος ορόφων/επιπέδων. Συμπεριλαμβάνει υπόγειο/α, ισόγειο/Pilotis, ορόφους. Εκφράζεται με ακέραιο αριθμό.
Faces	(Number of Facades). Πλήθος προσόψεων. Αφορά μόνο τις ελεύθερες προσόψεις, δηλαδή τις πλευρές του κτιρίου που δεν εφάπτονται με άλλα κτίρια. Εκφράζεται με ακέραιο αριθμό.
n-Park	(Number of parking places). Πλήθος θέσεων στάθμευσης αυτοκινήτων. Συμπεριλαμβάνει όλες τις θέσεις στάθμευσης, είτε αυτές βρίσκονται στεγασμένες σε υπόγειο ή ισόγειο επίπεδο, είτε ελεύθερες στην πρασία ή την Pilotis. Εκφράζεται με ακέραιο αριθμό.
n-Aprt	(Number of apartments). Πλήθος διαμερισμάτων/κατοικιών. Εκφράζεται με ακέραιο αριθμό.
n-Bedrm	(Number of bedrooms). Πλήθος υπνοδωματίων στο σύνολο του κτίσματος. Εκφράζεται με ακέραιο αριθμό.
n-WC	(Number of bathrooms & WC). Το σύνολο των λουτρών και wc του κτίσματος. Εκφράζεται με ακέραιο αριθμό.
N-Firepl	(Number of Fireplaces). Πλήθος τζακιών στο σύνολο του κτίσματος. Εκφράζεται σε ακέραιο αριθμό.
Lux	(Luxury level). Πρόκειται για ποιοτικό κριτήριο και ουσιαστικά χαρακτηρίζει με γενικό τρόπο τις επιθυμίες του πελάτη ή τις προτιμήσεις της τοπικής κτηματαγοράς. Αποτυπώνει το επίπεδο πολυτέλειας του εξοπλισμού και των πρόσθετων κατασκευών. Χρησιμοποιείται ψευδομεταβλητή σε ακέραιη κλίμακα 1 έως και 5 όπου: 1=Βασική κατασκευή χωρίς extra, 5=Πολύ ακριβή κατασκευή.
Pool	(Swimming pool). Ποιοτικό χαρακτηριστικό που περιγράφει την ύπαρξη ή όχι κολυμβητικής δεξαμενής και εκφράζεται με ψευδομεταβλητή όπου: 0=χωρίς πισίνα και 1=με πισίνα.
Slope	(Land slope). Ποιοτικό χαρακτηριστικό που περιγράφει την ύπαρξη ή όχι κλίσης στο οικόπεδο. Εκφράζεται με ψευδομεταβλητή όπου: 0=επίπεδο χωρίς κλίση, και 1=με κλίση.
F/H	(Flat or House). Ποιοτικό χαρακτηριστικό. Εκφράζεται με ψευδομεταβλητή όπου: 1=Διαμέρισμα και 2=Οικία.

4.4.5 Επιλογή τεχνικής εκτίμησης του κατασκευαστικού κόστους

Η επιλογή της τεχνικής εκτίμησης, καθορίζεται από την ταχύτητα και ευκολία χρήσης της, την γνώση γύρω από τον τρόπο λειτουργίας της και τον ικανοποιητικό βαθμό εγκυρότητας των αποτελεσμάτων της (Ashworth, 1988), σε συνδυασμό με τις διαθέσιμες πληροφορίες.

Ακολουθώντας τη βιβλιογραφία, επιλέξαμε την τεχνική της γραμμικής παλινδρόμησης, η οποία όπως προαναφέραμε, είναι ευρύτατα διαδεδομένη μέθοδος στατιστικής ανάλυσης και πρόβλεψης και χρησιμοποιείται από το 1970 στις τεχνικές εκτιμήσεων, με ιδιαίτερη επιτυχία σε προβλέψεις.

Η αποτελεσματικότητα της απλής και της πολλαπλής (μία ή περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές) γραμμικής παλινδρόμησης, οφείλεται στην ξεκάθαρη μαθηματική της προσέγγιση και είναι σε θέση να εξηγήσει την σημαντικότητα της κάθε μεταβλητής και τη συσχέτιση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών (Sodikov, 2005).

Η μεθοδολογία που προτείνει ο McCaffer (1975), ξεκινάει βρίσκοντας ένα υπόδειγμα που ερμηνεύει καλύτερα τη συνάρτηση του κόστους χρησιμοποιώντας μία μόνο μεταβλητή. Η μεταβλητή που επιλέγει είναι αυτή με την μεγαλύτερη συσχέτιση με το κόστος (προκύπτει από την κατάρτιση ενός πίνακα συσχετίσεων όλων των μεταβλητών με το κόστος). Επαληθεύει ότι η συγκεκριμένη μεταβλητή εξηγεί με τον καλύτερο τρόπο την συνάρτηση κόστους εξετάζοντας τα κατάλοιπα. Στη συνέχεια βρίσκει την επόμενη μεταβλητή που σε συνδυασμό με την πρώτη ερμηνεύει καλύτερα την συνάρτηση κόστους. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για την τρίτη μεταβλητή κ.ο.κ. Η μέθοδος ονομάζεται “forward stepwise regression method”.

Στην έρευνά του ο McCaffer (1975) χρησιμοποίησε ως πρώτη μεταβλητή (με τη μεγαλύτερη συσχέτιση με το κόστος) την «συνολική επιφάνεια διαμερισμάτων ενός δωματίου», ως δεύτερη μεταβλητή «το πλήθος των ορόφων» και ως τρίτη τη «συνολική επιφάνεια κοινόχρηστων χώρων». Όπου η σχέση μεταβλητών με κόστος δεν ήταν γραμμική, μετασχημάτιζε τα δεδομένα, π.χ. υψώνοντας σε δύναμη ή συνδέοντας δύο μεταβλητές όπως κόστος/επιφάνεια κ.λπ., ώστε να επιτευχθεί γραμμικότητα.

Οι Lowe *et al.* (2006), συμπληρώνοντας τον McCaffer (1975), χρησιμοποίησαν τόσο την “forward stepwise regression method” όσο και την “backward stepwise regression method”. Η κριτική για την πρώτη μέθοδο στηρίζεται στο γεγονός ότι, επιλέγοντας τις μεταβλητές που έχουν τον μεγαλύτερο βαθμό συσχέτισης με το κόστος ουσιαστικά αυτές εμπεριέχουν «πληροφορίες» και από τις άλλες μεταβλητές, θέτοντάς τες λιγότερο σημαντικές, με αποτέλεσμα να απορρίπτονται από το υπόδειγμα. Κατέληξαν ότι είναι προτιμότερο να ακολουθηθεί η δεύτερη μέθοδος “backward stepwise regression method”, όπου το μοντέλο της παλινδρόμησης αρχικά περιλαμβάνει όλες τις ανεξάρτητες μεταβλητές και στην πορεία απορρίπτονται μία-μία όσες είναι λιγότερο στατιστικά σημαντικές για διάστημα εμπιστοσύνης 95%. Κάθε φορά που απορρίπτεται μια μεταβλητή, υπολογίζουμε ξανά το νέο μοντέλο παλινδρόμησης κ.ο.κ. Δοκιμάζοντας και τα δύο μοντέλα, οι Lowe *et al.* (2006) συμπέραναν ότι με τη δεύτερη τεχνική τα μοντέλα παλινδρόμησης σε κάθε περίπτωση περιλάμβαναν περισσότερες μεταβλητές από αυτά που ακολουθούσαν την πρώτη τεχνική.

Η ακρίβεια του υποδείγματος

Η ακρίβεια του υποδείγματος προκύπτει από την παρατήρηση των καταλοίπων, δηλαδή τις αποκλίσεις μεταξύ των προβλέψεων και των πραγματικών παρατηρήσεων. Ένας τρόπος είναι να σχεδιάσουμε το scatter plot των καταλοίπων και άλλος τρόπος είναι να υπολογίσουμε τον συντελεστή μεταβλητότητας (Coefficient of Variation), που προκύπτει από την παρακάτω σχέση:

$$CV = [\text{τυπική απόκλιση των καταλοίπων} / \text{μέσο όρο των παρατηρήσεων}] * 100$$

Αν για παράδειγμα ο συντελεστής μεταβλητότητας είναι 12%, σημαίνει ότι η πλειοψηφία των προβλέψεων (έστω το 95%) βρίσκεται μεταξύ $\pm 12\%$ από το πραγματικό κόστος. Ο McCaffer (1975) συμπληρώνει ότι η πραγματική δοκιμή βρίσκεται όταν χρησιμοποιήσουμε το υπόδειγμα σε αντίστοιχες περιπτώσεις κατασκευών εκτός δείγματος. Η εμπειρία έχει δείξει ότι ο συντελεστής μεταβλητότητας σε τέτοιες δοκιμές αυξάνει κατά 25% - 50%. Οπότε και ένας σ.μ. 12% στην πράξη θα κυμαίνεται μεταξύ 15% - 18%.

Οι Ashworth και Skitmore (1983), καταλήγουν ότι για αξιόπιστες εκτιμήσεις κόστους κατασκευής σε αρχικό στάδιο, ο συντελεστής μεταβλητότητας θα πρέπει να βρίσκεται μεταξύ 15% και 20%.

Ο Neale (1973) ανέπτυξε ένα υπόδειγμα υπολογισμού κόστους για ιδιωτικές κατασκευές κατοικιών και περιλάμβανε μεταβλητές όπως:

- i. Επιφάνεια δαπέδων
- ii. Επιφάνεια σκεπής
- iii. Επιφάνεια χώρων στάθμευσης
- iv. Πλήθος ορόφων
- v. Κλίση οικοπέδου
- vi. Τιμή μονάδος για εξωτερικά φινιρίσματα
- vii. Τιμές μονάδος για είδη υγιεινής
- viii. Επιφάνεια και όγκος κουζινών
- ix. Πλήθος πορτών
- x. Επιφάνεια τοίχων
- xi. Πλήθος γωνιών από τα σχέδια
- xii. Διάρκεια κατασκευής
- xiii. Τοπικοί παράγοντες
- xiv. Τύπος θέρμανσης κτλ.

Το αποτέλεσμα ήταν ιδιαίτερα επιτυχές καθώς μόνο δύο περιπτώσεις βρέθηκαν εκτός των ορίων του $\pm 10\%$ των προβλέψεων.

4.4.6 Επιλογή των σημαντικότερων μεταβλητών και κατάρτιση του μαθηματικού υποδείγματος

Στάδιο πρώτο:

Για τον σχηματισμό ενός μοντέλου κόστους που εξηγεί καλύτερα τα δεδομένα της έρευνας χρησιμοποιώντας μία μεταβλητή, προσδιορίζουμε την ανεξάρτητη μεταβλητή που συσχετίζεται σε μεγαλύτερο βαθμό με την εξαρτημένη μεταβλητή του

συνολικού κόστους (McCaffer, 1975). Μέσω του Excel διενεργήσαμε ανάλυση συσχέτισης για το σύνολο των 18 ανεξάρτητων μεταβλητών (εξαιρέθηκαν οι τρεις ψευδομεταβλητές) ως προς την εξαρτημένη. Από τον πίνακα συσχετίσεων (correlation matrix) που προέκυψε (Πίνακας 1, Παράρτημα) διαπιστώσαμε ότι η μεταβλητή με τον μεγαλύτερο συντελεστή συσχέτισης είναι η «επιφάνεια κάλυψης» (sqm/BS) και ακολουθούν με επίσης υψηλό ποσοστό συσχέτισης οι μεταβλητές: «επιφάνεια χώρων κύριας χρήσης» (sqm/LFA) και «συνολικός όγκος κτιρίου» (Vol).

Μεταβλητή	Συντελεστής Συσχέτισης με το Συνολικό Κόστος
sqm-BS	0,849
Vol	0,743
sqm-LFA	0,721

Στην συνέχεια, τρέξαμε τρεις απλές παλινδρομήσεις με κάθε μια από τις τρεις μεταβλητές ξεχωριστά και εξετάσαμε τα κατάλοιπα, δηλαδή τη διαφορά μεταξύ του προβλεπόμενου από το μοντέλο μας κόστους κατασκευής και του πραγματικού (Παράρτημα, Equation#1, Equation#2, Equation#3):

Μεταβλητή	Εκτιμητής	Τυπικό Σφάλμα	Συντελεστής Προσδιορισμού R^2
Sqm-BS	4.991,19	117,16	0,71
Sqm-LFA	1.728,86	54,77	0,50
Vol	378,01	12,64	0,45

Οι εξισώσεις που προέκυψαν είναι οι ακόλουθες:

$$\text{Equation\#1: Κόστος Κατασκευής} = 4.991,19 * \text{Sqm-BS}$$

$$\text{Equation\#2: Κόστος Κατασκευής} = 1.728,86 * \text{Sqm-LFA}$$

$$\text{Equation\#3: Κόστος Κατασκευής} = 378,01 * \text{Sqm-Vol}$$

Τα συμπεράσματα αυτά ενώ φαίνονται λογικά, αν προσέξουμε τους συντελεστές προσδιορισμού R^2 διαπιστώνουμε ότι δεν παρέχουν μεγάλη ακρίβεια εκτιμήσεων.

Επίσης, συγκρίνοντας τους δύο παραπάνω πίνακες, παρατηρούμε με μια πρώτη ματιά ότι η μεταβλητή «επιφάνεια κάλυψης» (sqm_BS) έχει τον μεγαλύτερο βαθμό συσχέτισης με το συνολικό κόστος και εξηγεί σε ποσοστό 71% το σύνολο των παρατηρήσεων του δείγματος. Ωστόσο, η σειρά των δύο άλλων μεταβλητών αντιστρέφεται. Ενώ η μεταβλητή «συνολικός όγκος» (Vol) έχει σε σύγκριση με την μεταβλητή «επιφάνεια χώρων κύριας χρήσης» (sqm_LFA) ελαφρώς μεγαλύτερο βαθμό συσχέτισης με το «συνολικό κόστος», εντούτοις η δεύτερη εξηγεί σε ποσοστό 50% τις παρατηρήσεις του δείγματος, έναντι 45% της πρώτης.

Για να διαπιστώσουμε πόση απόκλιση μπορεί να έχουμε στις εκτιμήσεις χρησιμοποιώντας τα παραπάνω μοντέλα, επιλέξαμε τυχαία 20 παρατηρήσεις από το δείγμα μας και συγκρίναμε τις εκτιμήσεις κόστους με τα πραγματικά κόστη κατασκευής. Τα αποτελέσματα φαίνονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα και αναλυτικότερα στο Παράρτημα (Πίνακας 3):

Διαφορές μεταξύ Πραγματικού και Εκτιμούμενου κόστους			
α/α	sqm_BS	sqm_LFA	Vol
1	-41,38%	-39,96%	-33,13%
2	-7,05%	-32,22%	-21,30%
3	-7,73%	-38,22%	-40,86%
4	16,62%	-8,10%	16,85%
5	18,94%	-17,60%	-39,03%
6	94,75%	-15,04%	-5,43%
7	-2,96%	0,83%	-44,74%
8	19,61%	-14,81%	-36,59%
9	39,03%	32,71%	-34,93%
10	6,48%	4,61%	-46,32%
11	10,30%	22,95%	22,08%
12	9,13%	15,00%	19,49%
13	-4,08%	8,75%	5,53%
14	-5,75%	-9,12%	5,86%
15	-5,53%	10,21%	6,06%
16	12,81%	1,94%	13,26%
17	-18,09%	-3,91%	-41,75%
18	42,97%	-8,70%	-19,56%
19	10,60%	10,53%	-12,99%
20	-6,50%	64,97%	30,28%

Με έντονη γραφή ξεχωρίζουν οι ακραίες ποσοστιαίες διαφορές. Παρατηρούμε ότι οι εκτιμήσεις σε αρκετές περιπτώσεις παρουσιάζουν σημαντικές αποκλίσεις από τα πραγματικά κόστη κατασκευών. Συνεπώς, αφού η μέθοδος της απλής παλινδρόμησης δεν παράγει ακριβή αποτελέσματα, κρίνεται απαραίτητο να προχωρήσουμε με την μέθοδο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης.

Στάδιο δεύτερο:

Ακολουθώντας τον McCaffer (1975), για το σχηματισμό του πολυμεταβλητού μοντέλου, στην «Equation#1» προσθέσαμε ως δεύτερη την μεταβλητή αυτήν με τον αμέσως επόμενο μεγαλύτερο βαθμό συσχέτισης με το «συνολικό κόστος» κ.ο.κ. Δοκιμάστηκαν διαφορετικοί συνδυασμοί μεταβλητών, ενώ όταν επιχειρήθηκε να γίνει συνδυασμός και των δύο και των τριών μεταβλητών με τη μεγαλύτερη συσχέτιση με το κόστος (sqm_BS, sqm_LFA, Vol), δεν προέκυψαν αξιόπιστα αποτελέσματα, είτε λόγω χαμηλού συντελεστή προσδιορισμού, είτε λόγω αδυναμίας ορισμένων μεταβλητών να συνεισφέρουν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα.

Προκειμένου να συγκρίνουμε τον βαθμό συσχέτισης μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών, σχεδιάσαμε τον αντίστοιχο πίνακα συσχετίσεων (Πίνακας 2, Παράρτημα) και ξεχωρίσαμε τις μεταβλητές που έχουν βαθμό συσχέτισης μεγαλύτερο του 0,65, ώστε να αποφύγουμε το πρόβλημα της πολυσυγγραμμικότητας στην διαδικασία της επιλογής του συνδυασμού των μεταβλητών, στην εφαρμογή της MRA. Διαπιστώσαμε ότι οι τρεις παραπάνω μεταβλητές εμφανίζουν μεγάλο βαθμό συσχέτισης.

Με τη χρήση του προγράμματος EViews και αφού έγιναν αρκετές δοκιμές με διαφορετικούς συνδυασμούς μεταβλητών, καταλήξαμε στο παρακάτω υπόδειγμα, το οποίο επαληθεύει σε ποσοστό 86% ($R^2=0,862$ και $\text{Adj-}R^2=0,856$) το σύνολο των παρατηρήσεων του δείγματος (Παράρτημα, Equation#4):

Equation#4:
$$TCOST = 1.408,9 * SQM_LFA + 2.105,3 * SQM_ROOF - 1.423,1 * SQM_ESCLTR - 105.029,3 * (POOL = "NO") + 156.029,9 * (POOL = "YES")$$

Χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω 4 μεταβλητές, όλες στατιστικά σημαντικές:

- i. επιφάνεια χώρων κύριας χρήσης (sqm_LFA)
- ii. επιφάνεια δώματος (sqm_roof)
- iii. επιφάνεια χώρων πλατυσκάλων και κλιμακοστασίου (sqm_escltr)
- iv. ύπαρξη ή μη ύπαρξη πισίνας (pool yes/no)

Σύμφωνα με την εξίσωση, υπολογίζονται θετικές συντελεστών για τις πρώτες δύο μεταβλητές (επιφάνεια χώρων κύριας χρήσης, επιφάνεια δώματος), ενώ η τρίτη μεταβλητή (επιφάνεια πλατυσκάλων και κλιμακοστασίου) λαμβάνει αρνητικό πρόσημο. Επίσης, η ύπαρξη πισίνας αυξάνει το εκτιμώμενο συνολικό κόστος κατασκευής κατά 156.030 ευρώ, ενώ σε περίπτωση μη κατασκευής πισίνας, το εκτιμώμενο συνολικό κόστος μειώνεται κατά 105.030 ευρώ.

Σε αυτό το σημείο κάποιος θα μπορούσε να παρατηρήσει ότι μαθηματικά προκύπτει το συμπέρασμα ότι όσο αυξάνουμε τις επιφάνειες κλιμακοστασίου και πλατυσκάλων, τόσο θα μειώνεται το κόστος κατασκευής. Αυτό είναι ένα λάθος λογικής και οφείλεται στην προσπάθεια να εξηγήσουμε τα μαθηματικά υποδείγματα που προκύπτουν από την πολλαπλή παλινδρόμηση με τον συμβατικό τρόπο υπολογισμού του κόστους κατασκευής, όπου επιφάνειες πολλαπλασιάζονται με μοναδιαίες τιμές κόστους και από το άθροισμα των γινομένων προκύπτει το συνολικό κόστος κατασκευής.

Η απάντηση δίνεται από τον McCaffer (1975, σελ 83, παράγραφος: The Model's Meaning), όπου και στο δικό του υπόδειγμα υπολογισμού του συνολικού κόστους κατασκευής οικιστικών κτιρίων, ο συντελεστής «total area of circulation space» έχει αρνητικό εκτιμητή. Ο ίδιος εξηγεί ότι: το υπόδειγμα στο σύνολό του εκτιμά το κόστος κατασκευής, μέσα στα πλαίσια της εγκυρότητάς του. Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί διαφορετικά παρά μόνο σαν συνολική εξίσωση. Επίσης αν αυξηθούν οι επιφάνειες κυκλοφορίας των ατόμων, αυτό θα αλλάξει και τις άλλες μεταβλητές του μοντέλου. Κάθε μεταβλητή εξηγεί ένα μέρος της διακύμανσης του συνολικού κόστους. Αν κάποιες από τις μεταβλητές του μοντέλου εξηγούν σε μεγαλύτερο ποσοστό την σχέση αυτή με το κόστος, αυτομάτως αυτό θα αντισταθμίζεται από άλλες μεταβλητές που θα λαμβάνουν αρνητικές τιμές. Συνεπώς αποδέχεται τις αρνητικές τιμές στους εκτιμητές των μεταβλητών και την συνολική ισχύ του υποδείγματος.

Για να δούμε πόση απόκλιση έχουμε στις εκτιμήσεις χρησιμοποιώντας το παραπάνω μοντέλο, επιλέξαμε τις ίδιες 20 παρατηρήσεις από το μοντέλο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης και συγκρίναμε τις εκτιμήσεις κόστους με τα πραγματικά κόστη κατασκευής. Τα αποτελέσματα φαίνονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα:

Διαφορές μεταξύ πραγματικού και εκτιμώμενου κόστους Equation #4			
α/α	% Dif.	Actual Tcost	Estimated tcost
1	-17,93%	1.553.118	1.274.706
2	5,21%	886.300	932.449
3	-7,78%	1.466.360	1.352.223
4	7,63%	802.339	863.530
5	-44,86%	353.458	194.905
6	40,22%	405.080	568.002
7	3,35%	531.913	549.707
8	-14,13%	308.868	265.225
9	11,82%	191.056	213.644
10	66,57%	428.651	713.986
11	7,50%	787.562	846.633
12	12,88%	934.673	1.055.022
13	-3,55%	696.522	671.767
14	-17,20%	711.916	589.472
15	-2,95%	738.479	716.716
16	-4,71%	915.839	872.701
17	-13,68%	750.419	647.724
18	-7,04%	292.444	271.845
19	-0,98%	655.997	649.594
20	-10,09%	614.110	552.176

Διαπιστώνουμε ότι για τις μισές περίπου παρατηρήσεων έχουμε αποκλίσεις που υπερβαίνουν το $\pm 10\%$ και φτάνουν μέχρι $-44,86\%$ και $+66,57\%$.

Στάδιο τρίτο:

Σύμφωνα με τον Lowe *et al.* (2006), τα υποδείγματα παλινδρόμησης που ακολουθούν την «forward stepwise regression method» καταλήγουν σε μικρότερο αριθμό μεταβλητών σε σχέση με τα μοντέλα που ακολουθούν την «backward stepwise regression method». Εφαρμόσαμε τη δεύτερη μέθοδο στο δείγμα των παρατηρήσεων μας και επαληθεύσαμε ότι το παραπάνω συμπέρασμα ισχύει.

Προέκυψε η παρακάτω συνάρτηση (Παράρτημα, Equation #5):

Equation#5:
$$\text{TCOST} = 241.5481771 \cdot \text{VOL} + 2386.209314 \cdot \text{SQM_LFA} - 34076.49446 \cdot \text{FACES} - 62641.4423 \cdot \text{N_PARK} - 27894.66975 \cdot \text{N_BEDRM} - 23587.45662 \cdot \text{N_WC} + 43050.22585 \cdot \text{LUX} - 71610.36369 \cdot \text{DUMMYPOOL}$$

Χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω 8 μεταβλητές, όλες στατιστικά σημαντικές:

- i. συνολικό όγκος κτιρίου (Vol)
- ii. επιφάνεια χώρων κύριας χρήσης (sqm_LFA)
- iii. πλήθος ελεύθερων προσόψεων (Faces)
- iv. πλήθος θέσεων στάθμευσης (n_park)
- v. πλήθος υπνοδωματίων (n_bedrm)
- vi. πλήθος λουτρών (n_wc)
- vii. πολυτέλεια κατασκευής (Lux)
- viii. ψευδομεταβλητή για την ύπαρξη ή μη ύπαρξη πισίνας (dummyspool)

Διαπιστώνουμε ότι το τελευταίο υπόδειγμα αξιοποιεί μεγαλύτερο αριθμό μεταβλητών (8 ανεξάρτητες μεταβλητές σε σχέση με 4 της προηγούμενης μεθόδου) και εξηγεί

μεγαλύτερο ποσοστό των παρατηρήσεων του δείγματος, με συντελεστή προσδιορισμού $R^2=0,947$ (και $Adj-R^2=0,943$). Επίσης, πέρα από τα δεδομένα που σχετίζονται με τις επιφάνειες και τον όγκο του κτίσματος, αξιοποιούνται και πληροφορίες που δεν κατέστη δυνατό να συμπεριληφθούν στα προηγούμενα μοντέλα, όπως αριθμός υπνοδωματίων, λουτρών και θέσεων στάθμευσης. Ωστόσο η ύπαρξη αρκετών αρνητικών εκτιμητών, εγείρει ερωτηματικά κατά πόσο μπορούν να εξηγηθούν με λογικό τρόπο, κατά την έννοια που αναφέρθηκε στο προηγούμενο μοντέλο. Εκτιμάται ότι μπορεί να οφείλονται σε πολυσυγγραμμικότητα.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα εκτιμήσεων για το ίδιο δείγμα παρατηρήσεων που χρησιμοποιήθηκε και για τα προηγούμενα μοντέλα, διαπιστώνουμε ότι οκτώ από τις είκοσι μετρήσεις ήταν πάνω από $\pm 10\%$ και φτάνουν από $-16,12\%$ έως και $63,50\%$.

Διαφορές μεταξύ πραγματικού και εκτιμώμενου κόστους Equation #5			
α/α	% Dif.	Actual Tcost	Estimated tcost
1	-9,67%	1.553.118	1.402.903
2	3,38%	886.300	916.225
3	-4,44%	1.466.360	1.401.280
4	18,99%	802.339	954.705
5	-14,55%	353.458	302.035
6	5,80%	405.080	428.585
7	23,39%	531.913	656.337
8	-16,12%	308.868	259.090
9	63,50%	191.056	312.371
10	7,70%	428.651	461.659
11	8,63%	787.562	855.502
12	10,59%	934.673	1.033.643
13	-10,39%	696.522	624.180
14	3,80%	711.916	739.004
15	-9,03%	738.479	671.764
16	-5,17%	915.839	868.468
17	-3,06%	750.419	727.454
18	-10,51%	292.444	261.721
19	-5,72%	655.997	618.443
20	-1,30%	614.110	606.150

Στάδιο τέταρτο:

Σύμφωνα με τους Lowe *et al.* (2006), στη διαδικασία εκτίμησης του κόστους κατασκευής κτιρίων με τη χρήση MRA, το καλύτερο από τα έξι μοντέλα που ανέπτυξαν ήταν αυτό που εκτιμούσε το λογάριθμο του συνολικού κόστους με την «backward stepwise regression method» και εξηγεί τους λόγους:

Για την εκτίμηση του συνολικού κόστους υπάρχουν τρεις βασικές υποθέσεις:

1. Η τυπική απόκλιση των καταλοίπων του συνολικού κόστους παραμένει σταθερή.
2. Τα κατάλοιπα ακολουθούν κανονική κατανομή

3. Το αποτέλεσμα κάθε μεταβλητής εκφράζεται με σταθερό ποσό σε αυξομειώσεις των τιμών του κόστους, ανεξαρτήτως από το μέγεθος ή τον τύπο του κτιρίου

Οι Lowe *et al.* (2006) παρατηρούν ότι τουλάχιστον δύο από τις παραπάνω υποθέσεις τίθενται υπό συζήτηση, όταν στο δείγμα παρατηρήσεων υπάρχει μεγάλο εύρος σε μεγέθη κτιρίων. Για την πρώτη υπόθεση, στην πράξη παρατηρούν ότι το κόστος κατασκευής των μικρών και μεγάλων κτιρίων δεν παρουσιάζει την ίδια διακύμανση. Συνήθως τα μεγαλύτερα κτίρια παρουσιάζουν μεγαλύτερες διακυμάνσεις. Επίσης, σύμφωνα με την τρίτη υπόθεση, η αύξηση ή μείωση στον συντελεστή μιας μεταβλητής εκφράζεται με συγκεκριμένο νούμερο για μικρά και μεγάλα κτίρια, ενώ στην πράξη φαίνεται ότι η μεταβολή κάθε μεταβλητής επηρεάζει διαφορετικά το κόστος, ανάλογα το μέγεθος κάθε κτιρίου.

Αξιοποιώντας την εμπειρία των Lowe *et al.* (2006), και προκειμένου να αντιμετωπιστεί το σφάλμα μέτρησης, εφαρμόσαμε τη «backward stepwise regression method» υπολογίζοντας ως εξαρτημένη μεταβλητή τον φυσικό λογάριθμο (με βάση τη σταθερά $e=2,718$) του συνολικού κόστους. Από την παλινδρόμηση προέκυψε η παρακάτω συνάρτηση (Παράρτημα, Equation #6):

Equation#6:
$$\begin{aligned} \text{LOGTCOST} = & 0.0001206486364 * \text{VOL} + 0.002239855367 * \text{SQM_LFA} \\ & + 0.001029503947 * \text{SQM_BS} + 0.005272454222 * \text{SQM_ESCLTR} \\ & + 0.001050092478 * \text{SQM_BFA} + 0.06901677555 * \text{FACES} \\ & - 0.03772580313 * \text{N_BEDRM} - 0.0350294908 * \text{N_WC} - 0.03446961187 * \text{N_PARK} \\ & + 0.2369337063 * \text{LUX} + 11.30193227 * (\text{H_F} = \text{"FLAT"}) \\ & + 11.27338698 * (\text{H_F} = \text{"HOUSE"}) \end{aligned}$$

Χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω 11 μεταβλητές, όλες στατιστικά σημαντικές:

- i. συνολικό όγκος κτιρίου (Vol)
- ii. επιφάνεια χώρων κύριας χρήσης (sqm_LFA)
- iii. επιφάνεια κάλυψης κτιρίου (sqm_BS)
- iv. επιφάνεια χώρων πλατυσκάλων και κλιμακοστασίου (sqm_escltr)
- v. επιφάνεια χώρων βοηθητικής χρήσης υπογείου (sqm_BFA)
- vi. πλήθος ελεύθερων προσόψεων (Faces)
- vii. πλήθος υπνοδωματίων (n_bedrm)
- viii. πλήθος λουτρών (n_wc)
- ix. πλήθος θέσεων στάθμευσης (n_park)
- x. πολυτέλεια κατασκευής (Lux)
- xi. ψευδομεταβλητή για κτίριο διαμερισμάτων ή κατοικίας (Flat/House)

Συμπεραίνουμε ότι όπως και στη βιβλιογραφία, έτσι και στην έρευνά μας, επαληθεύεται ότι η μέθοδος MRA όπου χρησιμοποιείται ο λογάριθμος του κόστους ως εξαρτημένη μεταβλητή αποδίδει καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τη χρήση του συνολικού κόστους. Ειδικότερα στο υπόδειγμα Equation#6 εξηγείται το 98% των παρατηρήσεων ($R^2=0,980$ και $\text{Adj-}R^2=0,977$). Επίσης ο συντελεστής Durbin-Watson είναι 2.05 που σημαίνει ότι δεν παρατηρείται αυτοσυσχέτιση.

Αρνητικές τιμές σε εκτιμητές έχουμε μόνο στις τρεις μεταβλητές που σχετίζονται με τον πλήθος των υπνοδωματίων, των λουτρών και των θέσεων στάθμευσης. Εκτιμάται ότι οφείλεται σε πρόβλημα πολυσυγγραμμικότητας.

Στον παρακάτω πίνακα, πήραμε τις ίδιες 20 παρατηρήσεις που χρησιμοποιήσαμε και σε όλα τα προηγούμενα μοντέλα και συγκρίναμε τις εκτιμήσεις που προέκυψαν με την εφαρμογή του μαθηματικού υποδείγματος Equation#6 με το πραγματικό κόστος κατασκευής. Παρατηρούμε ότι σε 12 εκτιμήσεις οι αποκλίσεις είναι μικρότερες από $\pm 5\%$, ενώ μόνο 2 εκτιμήσεις αποκλίνουν περισσότερο από $\pm 10\%$.

Διαφορές μεταξύ πραγματικού και εκτιμώμενου κόστους			
α/α	% Dif.	Actual Tcost	Estimated tcost
1	-10,90%	1.553.118	1.383.797
2	5,65%	886.300	936.337
3	5,04%	1.466.360	1.540.305
4	4,18%	802.339	835.901
5	-4,16%	353.458	338.751
6	-2,68%	405.080	394.236
7	-3,82%	531.913	511.599
8	-9,38%	308.868	279.894
9	15,14%	191.056	219.979
10	0,33%	428.651	430.066
11	2,47%	787.562	807.017
12	-8,16%	934.673	858.418
13	-6,50%	696.522	651.229
14	2,49%	711.916	729.678
15	7,70%	738.479	795.306
16	-1,57%	915.839	901.480
17	3,07%	750.419	773.439
18	2,33%	292.444	299.256
19	-8,52%	655.997	600.126
20	3,16%	614.110	633.535

Επιχειρώντας να δοκιμάσουμε την παραπάνω εξίσωση με εξαρτημένη μεταβλητή το συνολικό κόστος, αντί του λογαρίθμου του (Equation#6A & #6B, Παράρτημα), διαπιστώνουμε ότι:

- δύο ανεξάρτητες μεταβλητές (sqm_BS, sqm_escltr) εμφανίζουν χαμηλό συντελεστή t-statistic και η συμβολή τους δεν είναι στατιστικά σημαντική οπότε αφαιρούνται από το υπόδειγμα
- ο προσαρμοσμένος συντελεστής προσδιορισμού $\text{Adj.}R^2$ μειώνεται σε 0,951
- ο συντελεστής Durbin-Watson αυξάνεται σε 2,73 υποδηλώνοντας αρνητική αυτοσυσχέτιση.

Συνεπώς καταλήγουμε ότι το βέλτιστο μαθηματικό υπόδειγμα που αξιοποιεί τον μεγαλύτερο αριθμό στατιστικά σημαντικών μεταβλητών και εξηγεί σε μεγαλύτερο ποσοστό το σύνολο των παρατηρήσεων του δείγματος, είναι το «Equation#6».

4.4.7 Περιορισμοί

Πολυσυγγραμμικότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών

Πολυσυγγραμμικότητα (multicollinearity) ονομάζεται το πρόβλημα σε μια πολλαπλή παλινδρόμηση, που προκύπτει από την υψηλή συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών μεταξύ τους, η οποία αποτυπώνεται στους πίνακες συσχέτισης correlation matrices (Πίνακας 2, Παράρτημα). Ενδείξεις πολυσυγγραμμικότητας

ορισμένες φορές αποτυπώνονται στα πρόσημα των συντελεστών της παλινδρόμησης. Όταν δηλαδή είναι αντίθετα με αυτά που θα περίμενε κανείς μελετώντας την φύση της σχέσης της ανεξάρτητης μεταβλητής με την εξαρτημένη.

Όπως διαπιστώνουμε και από τον Πίνακα 2 του Παραρτήματος, αρκετές από τις μεταβλητές του υποδείγματος της έρευνας παρουσιάζουν υψηλές (με βαθμό άνω του 0,65) συσχετίσεις με άλλες και συνεπώς ο κίνδυνος της πολυσυγγραμμικότητας είναι πραγματικός όταν συνδυάζεται μεγάλος αριθμός μεταβλητών.

Πληθωρισμός

Οι επιστήμονες που ασχολούνται με την κατασκευή μοντέλων πρόβλεψης κόστους έχουν δυσκολία να καταλήξουν σε ένα κοινά αποδεκτό τρόπο αντιμετώπισης των μεταβολών που οφείλονται στον πληθωρισμό. Μια προσέγγιση είναι η μεταφορά του κόστους όλων των παρατηρήσεων σε κοινό έτος βάση χρησιμοποιώντας σχετικούς δείκτες. Άλλη προσέγγιση θα ήταν ο περιορισμός των παρατηρήσεων σε μικρή χρονική περίοδο και η εκτίμηση κόστους που θα προκύψει να αναφέρει ότι αφορά την συγκεκριμένη περίοδο. Τακτικές διορθώσεις του υποδείγματος και ενημερώσεις των παρατηρήσεων είναι απαραίτητες (McCaffer, 1975).

Στην παρούσα διπλωματική, για τη διαδικασία προσαρμογής του κόστους κατασκευής σε κοινό έτος βάσης (το έτος 2010), επιλέξαμε ως συντελεστή προσαρμογής τον «Δείκτη Τιμών Κατηγοριών Έργων Κατασκευής Νέων Κτιρίων Κατοικιών» της ΕΛ.ΣΤΑΤ, που καταρτίζεται στο πλαίσιο εφαρμογής του Κανονισμού (ΕΚ) του Συμβουλίου αριθ.1165/98 “περί βραχυπρόθεσμων στατιστικών”, όπως αυτός τροποποιήθηκε από τον Κανονισμό (ΕΚ) αριθμ.1158/05 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου (Παράρτημα). Πρόκειται για δείκτη εκροών και εκφράζει τη μεταβολή των τιμών για: τη δαπάνη υλικών, τη δαπάνη εργασίας, την απόσβεση παγίου κεφαλαίου και το κέρδος, που καταβάλλονται από τους εργολάβους οικοδομών στους υπεργολάβους - κατασκευαστές των επιμέρους τμημάτων των έργων. Η τιμοληψία γίνεται στα μεγαλύτερα αστικά κέντρα της Χώρας (Περιφέρεια Πρωτεύουσας, Θεσσαλονίκη, Πάτρα, Ηράκλειο, Λάρισα και Βόλος) και ως πηγές χρησιμοποιούνται τεχνικές κατασκευαστικές επιχειρήσεις και εργολάβοι κατασκευής νέων κτιρίων κατοικιών. Για την κατάρτιση του δείκτη συγκεντρώνονται στοιχεία 509 τιμών για τις οποίες ακολουθείται η εθνική ταξινόμηση, η οποία περιλαμβάνει 30 κατηγορίες έργων που ομαδοποιούνται σε 17 ομάδες (ΕΛ.ΣΤΑΤ).

Παράγοντες που επηρεάζουν την αξιοπιστία του μοντέλου

Η αξιοπιστία κάθε μοντέλου εξαρτάται ουσιαστικά από την αξιοπιστία των παρατηρήσεων και το μέγεθος των πληροφοριών. Ωστόσο, η ζωή κάθε μοντέλου περιορίζεται όχι μόνο από οικονομικούς παράγοντες όπως ο πληθωρισμός, αλλά και από την εξέλιξη στον σχεδιασμό των κτιρίων, τις νέες εφαρμογές στις τεχνικές κατασκευής, τις αλλαγές στους υποχρεωτικούς κανόνες και συντελεστές δόμησης, τις τεχνολογικές εξελίξεις σε θέματα π.χ. θέρμανσης, κλιματισμού, μόνωσης, εφαρμογές πράσινης δόμησης, εφαρμογές «έξυπνων σπιτιών» κ.λπ. Στην περίπτωση του δείγματος της έρευνας, οι παρατηρήσεις αφορούν στην περίοδο 2000-2015, όπου δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στον τρόπο κατασκευής που να επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό το κόστος. Επίσης το δείγμα προήλθε από την γεωγραφική περιοχή

της Αττικής, προκειμένου να μην γίνει ανάμειξη με διαφορετικούς τρόπους οικοδόμησης που ακολουθείται σε άλλες γεωγραφικές περιοχές.

4.4.8 Συμπεράσματα έρευνας

Η έρευνα κατάληξε στο συμπέρασμα ότι η μέθοδος MRA είναι απλή και αποτελεσματική και οδηγεί σε χρήσιμα και σε αρκετά αξιόπιστα συμπεράσματα για την εκτίμηση του κατασκευαστικού κόστους.

Ανάλογα με τα στοιχεία που διαθέτουμε, ποσοτικά ή και ποιοτικά, που αφορούν το μέγεθος του κτίσματος ή και τη χρήση και λειτουργία αυτού, καθώς και με ένα ικανό αριθμό παρατηρήσεων, μπορούμε να διατυπώσουμε σε μαθηματικό υπόδειγμα μια συνάρτηση κόστους κατασκευής.

Η απλή γραμμική παλινδρόμηση είναι χρήσιμη όταν διαθέτουμε μόνο μία μεταβλητή για να υπολογίσουμε το συνολικό κόστος. Ωστόσο επιφέρει λιγότερο έγκυρα αποτελέσματα. Η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση (MRA), συνδυάζει περισσότερες μεταβλητές και επιφέρει εγκυρότερα αποτελέσματα ειδικά όταν χρησιμοποιείται η «backward regression analysis method». Ακόμα καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται όταν από το μαθηματικό υπόδειγμα εκτιμούμε τον λογάριθμο του συνολικού κόστους αντί για το συνολικό κόστος αυτούσιο.

Χρησιμοποιήσαμε δεδομένα από δείγμα 105 παρατηρήσεων που αφορούν σε οικιστικά κτίρια (πολυκατοικίες και κατοικίες) που κατασκευάστηκαν στην Αττική κατά την περίοδο 2000-2015 και σύμφωνα με τα παραπάνω καταλήξαμε σε ένα μαθηματικό υπόδειγμα το οποίο εξηγεί το 97,7% των παρατηρήσεων του δείγματος και χρησιμοποιεί 11 στατιστικά σημαντικές ανεξάρτητες μεταβλητές (Equation#6, Παράρτημα):

$$\begin{aligned} \text{LOGTCOST} = & 0.0001206486364 * \text{VOL} + 0.002239855367 * \text{SQM_LFA} + \\ & 0.001029503947 * \text{SQM_BS} + 0.005272454222 * \text{SQM_ESCLTR} + \\ & 0.001050092478 * \text{SQM_BFA} + 0.06901677555 * \text{FACES} - \\ & 0.03772580313 * \text{N_BEDRM} - 0.0350294908 * \text{N_WC} - \\ & 0.03446961187 * \text{N_PARK} + 0.2369337063 * \text{LUX} + \\ & 11.30193227 * (\text{H_F} = \text{"FLAT"}) + 11.27338698 * (\text{H_F} = \text{"HOUSE"}) \end{aligned}$$

Κεφάλαιο 5. Γενικά Συμπεράσματα

5.1 Θεωρία

Ο κλάδος των Κατασκευών συμβάλλει ουσιαστικά στην οικονομία κάθε χώρας, ως βασικός συντελεστής διαμόρφωσης του ΑΕΠ και σύμφωνα με εκτιμήσεις, η δόμηση στις πόλεις αναμένεται να αυξηθεί σε παγκόσμιο επίπεδο περίπου 70% μέχρι το 2025 (Muse, 2015). Το κύριο ενδιαφέρον για όλους τους εμπλεκόμενους φορείς σε ένα κατασκευαστικό έργο βρίσκεται στο κόστος, στις διάφορες μορφές του και στις διάφορες χρονικές περιόδους και μεθόδους πρόβλεψης/υπολογισμού του. Η αβεβαιότητα γύρω από την έγκυρη εκτίμηση του κόστους, που εκφράζεται ως ρίσκο, αποτελεί την βασικότερη τροχοπέδη. Η ελλιπής πληροφόρηση, η έλλειψη κοινών ορισμών του κόστους, η απουσία εθνικών και διεθνών συμφωνημένων προτύπων είναι επίσης βασικοί ανασταλτικοί παράγοντες.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, περιγράψαμε γενικά την έννοια και τις λειτουργίες της διαχείρισης κόστους στην κατασκευαστική περίοδο των ακινήτων, καθώς και την σημαντικότερη ίσως από τις διαδικασίες που είναι η εκτίμηση του κόστους στα διάφορα στάδια κατασκευής. Εξηγήσαμε τη χρησιμότητα για την ύπαρξη έγκυρης μεθόδου που θα προβλέπει το κόστος με ακρίβεια σε πρώιμο/αρχικό στάδιο, πριν δηλαδή αρχίσουν να προκύπτουν οποιεσδήποτε δαπάνες γύρω από το έργο και περιγράψαμε τις δυσκολίες και αδυναμίες των υφιστάμενων μεθόδων εκτίμησης.

Ακολουθήσαμε τη βιβλιογραφία με σκοπό την διατύπωση ενός μοντέλου εκτίμησης κόστους κατασκευής οικιστικών κτιρίων το οποίο να χρησιμοποιεί δεδομένα που είναι εύκολα και με ανέξοδο τρόπο διαθέσιμα στο αρχικό στάδιο του στρατηγικού σχεδιασμού, το οποίο να είναι ταυτόχρονα απλό στη χρήση και να αποδίδει αξιόπιστα αποτελέσματα.

5.2 Πρακτική

Η επιλογή της τεχνικής για τη διενέργεια προβλέψεων, καθορίστηκε από την ευκολία στην χρήση της, την γνώση στον χειρισμό της και την ταχύτητα και ακρίβεια στην παραγωγή αποτελεσμάτων (Ashworth, 2004). Το ίδιο κάναμε και για τη συλλογή των δεδομένων μας.

Επιλέξαμε την μέθοδο εκτίμησης σε αρχικό στάδιο (early-cost estimation) γιατί γνωρίζουμε από την θεωρία ότι το αρχικό στάδιο αποτελεί και το πιο κρίσιμο για τον στρατηγικό σχεδιασμό ενός έργου και για την λήψη της απόφασης για την ανάληψη ή την εγκατάλειψη του όλου εγχειρήματος.

Ως εργαλείο για την διατύπωση ενός μαθηματικού υποδείγματος πρόβλεψης, χρησιμοποιήσαμε την μέθοδο της γραμμικής πολυμεταβλητής παλινδρόμησης (Multiple Regression Analysis – MRA). Πρόκειται για μιας εξαιρετικά διαδεδομένη μέθοδο η οποία χρησιμοποιείται από το 1970. Επίσης τα προγράμματα που υπολογίζουν παλινδρομήσεις είναι διαθέσιμα και απλά στη χρήση.

5.3 Έρευνα

Χρησιμοποιήσαμε δείγμα 105 παρατηρήσεων και 21 ποσοτικές και ποιοτικές μεταβλητές. Οι παρατηρήσεις αφορούν οικιστικά κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν στην Αττική και κατά την περίοδο 2000-2015.

Αναλύσαμε και επιλέξαμε μεταξύ των 21 ανεξάρτητων μεταβλητών τις πιο σημαντικές και τις χρησιμοποιήσαμε για να κατασκευάσουμε ένα μαθηματικό υπόδειγμα υπολογισμού του συνολικού κόστους σε αρχικό στάδιο.

Ξεπεράσαμε τα προβλήματα του πληθωρισμού και της χρονικής απόστασης των παρατηρήσεων με την διατύπωση των τιμών σε κοινό έτος βάσης (έτος 2010), καθώς και τυχόν σφάλμα μέτρησης, χρησιμοποιώντας ως εξαρτημένη μεταβλητή τον λογάριθμο του συνολικού κόστους (Lowe *et al.*, 2006).

Παλινδρομήσαμε ως προς τις στατιστικά σημαντικότερες ανεξάρτητες μεταβλητές και δοκιμάστηκαν διάφοροι συνδυασμοί και μέθοδοι προσέγγισης, καταλήγοντας σε ένα υποδείγματα που εξηγεί στον μέγιστο βαθμό το σύνολο των παρατηρήσεων του δείγματος.

5.4 Συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η εκτίμηση του κόστους κατασκευής είναι μια δύσκολη διαδικασία κυρίως λόγω της ποικιλίας και της πολυπλοκότητας των κατασκευαστικών έργων. Το έργο του εκτιμητή δυσκολεύει περισσότερο από την συχνή απροθυμία των εμπλεκόμενων φορέων να αποκαλύψουν τους παράγοντες που διαμορφώνουν το κόστος, καθώς και τα πραγματικές τιμές που σχετίζονται με το άμεσο αλλά και με το έμμεσο κόστος που απαιτεί κάθε κατασκευαστική δραστηριότητα. Παράλληλα διαπιστώθηκε απόκλιση στον τρόπο με τον οποίο κάθε φορέας ερμηνεύει το κόστος κατασκευής, ενώ κάθε κατασκευαστική εταιρεία ακολουθεί δικούς της *ad-hoc* τρόπους καταγραφής και εκτίμησης του κόστους κατασκευής, αξιοποιώντας δεδομένα από δικά της προηγούμενα έργα (σε αντίθεση με άλλες χώρες που τα στοιχεία αντλούνται από κοινές βάσεις δεδομένων).

Είναι χρήσιμο λοιπόν να εξεταστεί η δυνατότητα ομογενοποίησης των μεθόδων καταγραφής και υπολογισμού των δεδομένων του κόστους, καθώς και των τρόπων και των μονάδων μέτρησης ποσοτήτων, ακολουθώντας τα διεθνή πρότυπα ICMS (International Construction Measurement Standards), καθώς και με παρουσία σε διεθνείς οργανισμούς όπως: The Building Cost Information Services (BCIS) του Royal Institute of Chartered Surveyors (RICS), το European Council of Construction Economists κ.α.

Μέσα από την έρευνα, καταλήξαμε επιτυχώς σε ένα μαθηματικό υπόδειγμα, που επαληθεύει σε υψηλό ποσοστό το δείγμα των παρατηρήσεών μας. Αποδείξαμε ότι είναι εφικτή και με ακρίβεια η διαδικασία κοστολόγησης σε αρχικό στάδιο με εργαλείο την μέθοδο της γραμμικής πολυμεταβλητής παλινδρόμησης.

Εκτιμούμε ότι η εργασία δύναται να λειτουργήσει ως αφετηρία για περαιτέρω μελέτη και επιστημονική έρευνα σε δύο βασικές κατευθύνσεις. Αφενός δοκιμάζοντας την αποτελεσματικότητα του υποδείγματος σε μελλοντικά έργα και αφετέρου

επεκτείνοντας το υπόδειγμα για κτίρια επαγγελματικής ή και άλλης χρήσης. Επίσης θα ήταν χρήσιμο να εμπλουτιστεί η δειγματοληψία με περισσότερες παρατηρήσεις και να διερευνηθεί κατά πόσο θα ήταν χρήσιμο να γίνει περεταίρω διαχωρισμός του δείγματος σε δύο επιμέρους κατηγορίες, πολυκατοικίες και ανεξάρτητες κατοικίες ξεχωριστά.

Τέλος είναι σημαντικό να τονίσουμε ακόμα μια φορά ότι η εκτίμηση του κόστους σε κάθε στάδιο κατασκευής ενός έργου, αποτελεί ουσιαστικά μια πρόβλεψη για τη διαμόρφωση του κόστους και ως τέτοια είναι εμπεριέχει μικρό ή μεγαλύτερο ποσοστό λάθους, ανάλογα με το στάδιο που διενεργείται, την αξιοπιστία των δεδομένων και την μέθοδο εκτίμησης που ακολουθείται.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ahuja, H.; Dozzi, S.; Abourisk, S. (1944) "Project Management Techniques in Planning and Controlling Construction Projects", John Wiley and Sons, Inc. New York
- Ashworth, A.; Skitmore, R.M. (1983) "Accuracy in Estimating", C.I.O.B. Occasional Paper #27, Englemere
- Ashworth, Allan (2004) "Cost Studies of Buildings", Prentice Hall, 4th edition.
- Bell, L. C.; Bozai, G. A. (1987) "Preliminary cost estimating for highway construction projects", AACE Transactions, C.6.1-C.6.4
- Brook, Martin (2004) "Estimating and Tendering for Construction Work", Elsevier Butterworth – Heinemann, 3rd edition.
- Chadwick, Leslie (1997) "Management Accounting", International Thomson Business Press
- CMAA (2008), "Cost Management Procedures", Construction Management Association of America
- Gould, F. (2005) "Managing the construction process: estimating, scheduling and project control", Pearson Education Inc., New Jersey
- Gwang-Hee, Kim; Sung-Hoon, An; Kyung-In, Kang (2004) "Comparison of construction cost estimating models based on regression analysis, neural networks, and case-based reasoning", Department of Architectural Engineering, Korea University
- Harvey, Roger; Ashworth, Allan (1997) "The Construction Industry of Great Britain", Butterworth-Heinemann
- Hegazy, T.; Ayed, A. (1998), "Neural network model for parametric cost estimation of highway projects", Journal of Construction Engineering and Management, 124(3), 210-218
- Lowe, D. J.; Emsley, M. W.; Harding, A. (2006) "Predicting Construction Cost Using Multiple Regression Techniques", ASCE Journal of Construction Engineering and Management. 132(7), 750-758.
- Mahamid, I. (2011) "Early cost estimating for road construction projects using multiple regression techniques", Australasian Journal of Construction Economics and Building, 11(4), 87-101
- McCaffer, R. (1975) "Some examples of the use of Regression Analysis as an Estimating Tool", The Quantity Surveyor – December 1975, p.81-86
- Muse, A. (2015) "Measuring up", RICS Construction Journal – September - October, p6-7
- Neale, R.H. (1973) "The Use of Regression Analysis as a Contractor's Estimating Tool", MSc Project Report
- Newton, P. (2015) "Managing the Project Budget. Project skills", www.free-management-ebooks.com
- Project Management Institute (PMI, 2013) "A Guide to the Project Management Body of Knowledge, PMBOK Guide", 5th edition.
- RICS (1984): "A study of quantity surveying practice and client demand" prepared by Building Design Partnership on behalf of RICS.
- Ritz, George J. Total (1994) "Construction Project Management" Boston, McGraw-Hill
- Roof, K; Oleru N. (2008) "Public Health: Seattle and King County's Push for the Built Environment". J Environ Health 71: 24–27
- Sanders, S.R.; Maxwell, R.R.; and Glagola C.R. (1992) "Preliminary estimating models for infrastructure projects", Cost Engineering, 34(8)
- Schexnayder, C.J. and Mayo, Richard E. (2003) "Construction Management Fundamentals, McGraw-Hill Higher Education, Boston, MA.
- Seeley, Ivor H. (1983) "Building Economics – appraisal and control of building design cost and efficiency", MacMillan, 3rd edition.
- Sodikov, Jamshid (2005) "Cost estimation of highway projects in developing country: Artificial neural network approach", Journal of the eastern Asia Society for Transportation Studies, 6, 1036-1047
- ΣΕΠΑΚ - IOBE (2015) "Η σημασία ανάπτυξης, τα εμπόδια και το μέλλον του κλάδου των Κατασκευών", Μελέτη που ανατέθηκε στο IOBE από τον Σύνδεσμο Επιχειρήσεων για την Ποιότητα και Ανάπτυξη των Κατασκευών, Μάρτιος 2015
- Χρήστου, Γ.Κ. (2007) "Εισαγωγή στην Οικονομετρία", τόμος Α', Gutenberg

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

(Πίνακας 1) Συντελεστές συσχέτισης των ανεξάρτητων μεταβλητών με το συνολικό κόστος

Correlation with Total Cost																		
	TCOST	Sqm-BS	Sqm-LFA	Sqm-BFA	qm-ESCLTR	GIFA	Sqm-Bal	Sqm-Roof	Vol	Sqm-Rla	Height	Stories	Faces	N-Park	N-Apprt	N-Bedrm	N-WC	N-Firepl
TCOST	1																	
Sqm-BS	0.849384	1																
Sqm-LFA	0.720956	0.72648	1															
Sqm-BFA	0.504315	0.627527	0.724434	1														
Sqm-ESCLTR	0.194849	0.302565	0.695455	0.532188	1													
GIFA	0.626028	0.691089	0.961701	0.857547	0.781589	1												
Sqm-Bal	0.337609	0.468248	0.770861	0.655152	0.927583	0.851393	1											
Sqm-Roof	0.653587	0.768414	0.474775	0.50317	0.306762	0.50389	0.432219	1										
Vol	0.743087	0.799466	0.93159	0.841273	0.601396	0.940929	0.73634	0.52734	1									
Sqm-Rla	-0.07271	0.171138	-0.18526	0.07724	-0.2417	-0.13174	-0.16492	0.305197	-0.08584	1								
Height	0.170671	0.18776	0.681564	0.449529	0.881992	0.722805	0.868728	0.075792	0.564858	-0.24239	1							
Stories	0.197516	0.202164	0.692354	0.503344	0.886698	0.747642	0.880813	0.106862	0.608841	-0.23344	0.985153	1						
Faces	0.370673	0.378434	0.152312	0.258937	-0.16833	0.140025	-0.11708	0.35887	0.210768	0.274408	-0.21385	-0.22718	1					
N-Park	0.291512	0.386586	0.826192	0.742345	0.744439	0.875563	0.779104	0.141901	0.792387	-0.16238	0.799787	0.809868	-0.06199	1				
N-Apprt	0.094483	0.206882	0.704057	0.491165	0.894933	0.75217	0.815502	0.097699	0.598651	-0.23853	0.852683	0.861483	-0.20843	0.871852	1			
N-Bedrm	0.216158	0.3432	0.797736	0.571116	0.831317	0.820397	0.811388	0.130767	0.709988	-0.17873	0.821712	0.828552	-0.11121	0.909751	0.947331	1		
N-WC	0.404476	0.453894	0.86991	0.674815	0.889044	0.908105	0.905466	0.372854	0.802667	-0.26295	0.800214	0.824381	-0.01238	0.839644	0.866641	0.884391	1	
N-Firepl	0.077513	0.148723	0.326769	0.306924	0.440809	0.379986	0.327925	-0.01775	0.34911	-0.16099	0.40256	0.390684	0.210949	0.462501	0.523338	0.439889	0.386315	1

Correlation with Total Cost above 0,65

	TCOST	Sqm-BS	Sqm-LFA	Sqm-BFA	qm-ESCLTR	GIFA	Sqm-Bal	Sqm-Roof	Vol	Sqm-Rla	Height	Stories	Faces	N-Park	N-Apprt	N-Bedrm	N-WC	N-Firepl
TCOST	1																	
Sqm-BS	0.849384	1																
Sqm-LFA	0.720956	0.72648	1															
Sqm-BFA	0	0	0.724434	1														
Sqm-ESCLTR	0	0	0.695455	0	1													
GIFA	0	0.691089	0.961701	0.857547	0.781589	1												
Sqm-Bal	0	0	0.770861	0.655152	0.927583	0.851393	1											
Sqm-Roof	0.653587	0.768414	0	0	0	0	0	1										
Vol	0.743087	0.799466	0.93159	0.841273	0	0.940929	0.73634	0	1									
Sqm-Rla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1								
Height	0	0	0.681564	0	0.881992	0.722805	0.868728	0	0	0	1							
Stories	0	0	0.692354	0	0.886698	0.747642	0.880813	0	0	0	0.985153	1						
Faces	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1					
N-Park	0	0	0.826192	0.742345	0.744439	0.875563	0.779104	0	0.792387	0	0.799787	0.809868	0	1				
N-Apprt	0	0	0.704057	0	0.894933	0.75217	0.815502	0	0	0	0.852683	0.861483	0	0.871852	1			
N-Bedrm	0	0	0.797736	0	0.831317	0.820397	0.811388	0	0.709988	0	0.821712	0.828552	0	0.909751	0.947331	1		
N-WC	0	0	0.86991	0.674815	0.889044	0.908105	0.905466	0	0.802667	0	0.800214	0.824381	0	0.839644	0.866641	0.884391	1	
N-Firepl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

(Πίνακας 2) Συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών

Correlation between Variables																		
SQM_BS	SQM_LFA	SQM_BFA	SQM_ESCLTR	GIFA	SQM_BAL	SQM_ROOF	VOL	SQM_RIA	HIGHT	STORIES	FACES	N_PARK	N_APPRT	N_BEDRM	N_WC	N_FIREPL	LUX	
1	0.726479565	0.627527139	0.302564515	0.69108917	0.463048411	0.769414341	0.799466323	0.171137763	0.187759799	0.202163803	0.378433731	0.386585917	0.206881762	0.343200394	0.453893919	0.148722553	0.096177841	
0.726479565	1	0.72443411	0.695455406	0.961700793	0.770860802	0.474775254	0.931590289	-0.185361016	0.681564023	0.692354488	0.152312357	0.826191895	0.704056526	0.797735967	0.869910056	0.326769234	-0.172805018	
0.627527139	0.72443411	1	0.532188411	0.857547245	0.655152374	0.503169667	0.844272776	0.077240337	0.449529198	0.503344285	0.258937056	0.742345464	0.491164872	0.571115932	0.74815433	0.306924289	-0.385310791	
0.302564515	0.695455406	0.532188411	1	0.78158879	0.927582926	0.306761557	0.601395819	-0.241703141	0.881991617	0.866980011	-0.168333699	0.744433875	0.894933091	0.831316683	0.889043637	0.40408793	-0.690736094	
0.69108917	0.961700793	0.857547245	0.78158879	1	0.851939293	0.503890137	0.940928535	-0.13174259	0.722805344	0.747641907	0.14025218	0.875562507	0.75216992	0.820396551	0.908105225	0.379985782	-0.365498316	
0.463048411	0.770860802	0.655152374	0.927582926	0.851939293	1	0.43221882	0.736340062	-0.164915428	0.88877557	0.88012666	-0.117083678	0.779103907	0.81550155	0.811388355	0.905465647	0.327925275	-0.654868355	
0.769414341	0.474775254	0.503169667	0.306761557	0.503890137	0.43221882	1	0.527340279	0.305196677	0.075792114	0.10686177	0.358869554	0.141901088	0.097698728	0.130767442	0.372854492	-0.07749092	-0.17335156	
0.799466323	0.931590289	0.841272776	0.601395819	0.940928535	0.736340062	0.527340279	1	-0.08383963	0.564858056	0.608840914	0.2107681	0.79238682	0.598651216	0.709988234	0.80266957	0.349110169	-0.166424964	
0.171137763	-0.185261016	0.077240337	-0.241703141	-0.13174259	-0.164915428	0.305196677	-0.08383963	1	-0.242394549	-0.233435867	0.2740777	-0.16238148	-0.238529486	-0.178732065	-0.262948629	-0.160987099	-0.012463052	
0.187759799	0.681564023	0.449529198	0.881991617	0.722805344	0.868727557	0.075792114	0.564858056	-0.242394549	1	0.98515274	-0.213854808	0.799786753	0.852683299	0.827171883	0.800213548	0.40259552	-0.513536076	
0.202163803	0.692354488	0.503344285	0.886698011	0.747641907	0.880812666	0.10686177	0.608840914	-0.233435867	0.98515274	1	-0.227183683	0.809867996	0.861482786	0.82855161	0.824381093	0.390684389	-0.530281061	
0.378433731	0.152312357	0.238937056	0.168333699	0.14025218	-0.117083678	0.358869554	0.2107681	0.7240777	-0.2713954808	-0.27183683	1	-0.061986182	-0.208430085	-0.111206221	-0.012381984	0.210948833	0.322011616	
0.386585917	0.826191895	0.742345464	0.744433875	0.875562507	0.79103907	0.141901088	0.79238682	-0.16238148	0.799786753	0.809867996	-0.061986182	1	0.871852248	0.90975107	0.839643693	0.462501011	-0.446797216	
0.206881762	0.704056526	0.491164872	0.894933091	0.75216992	0.81550155	0.097698728	0.598651216	-0.238529486	0.852683299	0.861482786	-0.208430085	0.871852248	1	0.947331321	0.886640578	0.52337842	-0.612428676	
0.343200394	0.797735967	0.571115932	0.831316683	0.820396551	0.811388355	0.130767442	0.709988234	-0.178732065	0.827171883	0.82855161	-0.111206221	0.90975107	0.947331321	0.884391459	0.439888557	-0.50205893	-0.528014277	
0.453893919	0.869910056	0.74815433	0.889043637	0.908105225	0.905465647	0.372854492	0.80266957	-0.262948629	0.800213548	0.824381093	-0.012381984	0.839643693	0.86640578	0.884391459	1	0.386314773	-0.528014277	
0.148722553	0.326769234	0.306924289	0.40408793	0.379985782	0.327925275	-0.07749092	0.349110169	-0.160987099	0.40259552	0.390684389	0.210948833	0.462501011	0.52337842	0.439888557	0.386314773	1	-0.192546238	
0.096177841	-0.172805018	-0.385310791	-0.690736094	-0.365498316	-0.654868355	-0.117335156	-0.166424964	-0.012463052	-0.513536076	-0.530281061	0.322011616	-0.446797216	-0.612428676	-0.50205893	-0.528014277	-0.192546238	1	

Correlation between Variables above 0,65																			
SQM_BS	SQM_LFA	SQM_BFA	SQM_ESCLTR	GIFA	SQM_BAL	SQM_ROOF	VOL	SQM_RIA	HIGHT	STORIES	FACES	N_PARK	N_APPRT	N_BEDRM	N_WC	N_FIREPL	LUX		
1	0.726479565	0	0	0.69108917	0	0.769414341	0.799466323	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0.726479565	1	0.72443411	0.695455406	0.961700793	0.770860802	0	0.931590289	0	0.681564023	0.692354488	0	0.826191895	0.704056526	0.797735967	0.869910056	0	0		
SQM_BFA	0.72443411	1	0	0.857547245	0.655152374	0	0.844272776	0	0	0	0	0.742345464	0	0	0.674815433	0	0		
SQM_ESCLTR	0.695455406	0	1	0.78158879	0.927582926	0	0	0	0.881991617	0.86698011	0	0.744433875	0.894933091	0.831316683	0.889043637	0	0		
GIFA	0.961700793	0.857547245	0.78158879	1	0.851939293	0	0.940928535	0	0.722805344	0.747641907	0	0.875562507	0.75216992	0.820396551	0.908105225	0	0		
SQM_BAL	0.770860802	0.655152374	0.927582926	0.851939293	1	0	0.736340062	0	0.88877557	0.88012666	0	0.779103907	0.81550155	0.811388355	0.905465647	0	-0.654868355		
SQM_ROOF	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
VOL	0.931590289	0.841272776	0	0.940928535	0.736340062	0	1	0	0	0	0	0.79238682	0	0.709988234	0.80266957	0	0		
SQM_RIA	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
HIGHT	0	0.681564023	0	0.881991617	0.722805344	0.868727557	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
STORIES	0	0.692354488	0	0.886698011	0.747641907	0.880812666	0	0	0.98515274	1	0	0.809867996	0.861482786	0.82855161	0.824381093	0	0		
FACES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
N_PARK	0	0.826191895	0.742345464	0.744433875	0.875562507	0.79103907	0.79238682	0	0.799786753	0.809867996	0	1	0.871852248	0.90975107	0.839643693	0	0		
N_APPRT	0	0.704056526	0	0.894933091	0.75216992	0.81550155	0	0	0.852683299	0.861482786	0	0.871852248	1	0.947331321	0.886640578	0	0		
N_BEDRM	0	0.797735967	0	0.831316683	0.820396551	0.811388355	0	0.709988234	0	0.827171883	0.82855161	0.90975107	0.947331321	0.884391459	1	0	0		
N_WC	0	0.869910056	0.74815433	0.889043637	0.908105225	0.905465647	0	0.80266957	0	0.800213548	0.824381093	0.839643693	0.86640578	0.884391459	1	0	0		
N_FIREPL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
LUX	0	0	0	-0.690736094	0	-0.654868355	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

(Πίνακας 3) Διαφορές μεταξύ πραγματικού και εκτιμούμενου κόστους με τα υποδείγματα παλινδρομήσεων με μια μεταβλητή (απλή γραμμική παλινδρόμηση)

%dif	Actual Tcost	Estimated tcost	sqm_BS	%dif	Actual Tcost	Estimated tcost	sqm_LFA	%dif	Actual Tcost	Estimated tcost	VOL
-41,38%	1.553.118	910.393	182,4	-39,96%	1.553.118	932.513	539,38	-33,13%	1.553.118	1.038.571	2747,47
-7,05%	886.300	823.796	165,05	-32,22%	886.300	600.727	347,47	-21,30%	886.300	697.515	1845,23
-7,73%	1.466.360	1.353.062	271,09	-38,22%	1.466.360	905.940	524,01	-40,86%	1.466.360	867.193	2294,1
16,62%	802.339	935.648	187,46	-8,10%	802.339	737.376	426,51	16,85%	802.339	937.537	2480,19
18,94%	353.458	420.408	84,23	-17,60%	353.458	291.244	168,46	-39,03%	353.458	215.504	570,1
94,75%	405.080	788.907	158,06	-15,04%	405.080	344.147	199,06	-5,43%	405.080	383.064	1013,37
-2,96%	531.913	516.189	103,42	0,83%	531.913	536.327	310,22	-44,74%	531.913	293.922	777,55
19,61%	308.868	369.448	74,02	-14,81%	308.868	263.115	152,19	-36,59%	308.868	195.858	518,13
39,03%	191.056	265.631	53,22	32,71%	191.056	253.555	146,66	-34,93%	191.056	124.327	328,9
6,48%	428.651	456.444	91,45	4,61%	428.651	448.414	259,37	-46,32%	428.651	230.098	608,71
10,30%	787.562	868.717	174,05	22,95%	787.562	968.300	560,08	22,08%	787.562	961.434	2543,41
9,13%	934.673	1.020.050	204,37	15,00%	934.673	1.074.884	621,73	19,49%	934.673	1.116.865	2954,59
-4,08%	696.522	668.121	133,86	8,75%	696.522	757.448	438,12	5,53%	696.522	735.067	1944,57
-5,75%	711.916	670.966	134,43	-9,12%	711.916	646.957	374,21	5,86%	711.916	753.620	1993,65
-5,53%	738.479	697.619	139,77	10,21%	738.479	813.882	471	6,06%	738.479	783.195	2071,89
12,81%	915.839	1.033.176	207	1,94%	915.839	933.584	540	13,26%	915.839	1.037.259	2744
-18,09%	750.419	614.665	123,15	-3,91%	750.419	721.090	417,09	-41,75%	750.419	437.153	1156,46
42,97%	292.444	418.112	83,77	-8,70%	292.444	267.005	154,44	-19,56%	292.444	235.228	622,28
10,60%	655.997	725.519	145,36	10,53%	655.997	725.101	419,41	-12,99%	655.997	570.772	1509,94
-6,50%	614.110	574.186	115,04	64,97%	614.110	1.013.112	586	30,28%	614.110	800.043	2116,46

Equation #1

Simple Linear Regression (single variable sqm BS)

Dependent Variable: TCOST

Method: Least Squares

Date: 02/02/16 Time: 15:57

Sample: 1 105

Included observations: 105

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
SQM_BS	4991.186	117.1590	42.60182	0.0000
R-squared	0.714431	Mean dependent var		703829.7
Adjusted R-squared	0.714431	S.D. dependent var		342277.9
S.E. of regression	182908.8	Akaike info criterion		27.08084
Sum squared resid	3.48E+12	Schwarz criterion		27.10612
Log likelihood	-1420.744	Durbin-Watson stat		1.913508

Estimation Command:

=====

LS TCOST SQM_BS

Estimation Equation:

=====

TCOST = C(1)*SQM_BS

Substituted Coefficients:

=====

TCOST = 4991.185574*SQM_BS

Equation #2

Simple Linear Regression (single variable – sqm LFA)

Dependent Variable: TCOST

Method: Least Squares

Date: 02/02/16 Time: 16:06

Sample: 1 105

Included observations: 105

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
SQM_LFA	1728.864	54.77022	31.56578	0.0000
R-squared	0.502014	Mean dependent var		703829.7
Adjusted R-squared	0.502014	S.D. dependent var		342277.9
S.E. of regression	241539.2	Akaike info criterion		27.63693
Sum squared resid	6.07E+12	Schwarz criterion		27.66221
Log likelihood	-1449.939	Durbin-Watson stat		1.266815

Estimation Command:

=====

LS TCOST SQM_LFA

Estimation Equation:

=====

TCOST = C(1)*SQM_LFA

Substituted Coefficients:

=====

TCOST = 1728.864472*SQM_LFA

Equation #3
Simple Linear Regression (single variable - Volume)

Dependent Variable: TCOST
 Method: Least Squares
 Date: 02/02/16 Time: 16:08
 Sample: 1 105
 Included observations: 105

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
VOL	378.0115	12.63639	29.91452	0.0000
R-squared	0.451401	Mean dependent var		703829.7
Adjusted R-squared	0.451401	S.D. dependent var		342277.9
S.E. of regression	253516.5	Akaike info criterion		27.73372
Sum squared resid	6.68E+12	Schwarz criterion		27.75900
Log likelihood	-1455.020	Durbin-Watson stat		1.892354

Estimation Command:

=====
 LS TCOST VOL

Estimation Equation:

=====
 TCOST = C(1)*VOL

Substituted Coefficients:

=====
 TCOST = 378.0115173*VOL

Equation #4
Multiple Linear Regression (foreword method)

Dependent Variable: TCOST

Method: Least Squares

Date: 02/03/16 Time: 13:59

Sample: 1 105

Included observations: 105

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
SQM_LFA	1408.853	144.9419	9.720126	0.0000
SQM_ROOF	2105.265	242.9481	8.665492	0.0000
SQM_ESCLTR	-1423.100	466.8474	-3.048318	0.0029
POOL=NO	-105029.3	38222.41	-2.747845	0.0071
POOL=YES	156029.9	64374.51	2.423784	0.0172
R-squared	0.862339	Mean dependent var		703829.7
Adjusted R-squared	0.856832	S.D. dependent var		342277.9
S.E. of regression	129509.3	Akaike info criterion		26.42734
Sum squared resid	1.68E+12	Schwarz criterion		26.55372
Log likelihood	-1382.435	Durbin-Watson stat		2.423842

Estimation Command:

=====

LS TCOST SQM_LFA SQM_ROOF SQM_ESCLTR @EXPAND(POOL)

Estimation Equation:

=====

TCOST = C(1)*SQM_LFA + C(2)*SQM_ROOF + C(3)*SQM_ESCLTR + C(4)*(POOL="NO") + C(5)*(POOL="YES")

Substituted Coefficients:

=====

TCOST = 1408.853193*SQM_LFA + 2105.265105*SQM_ROOF - 1423.099526*SQM_ESCLTR - 105029.268*(POOL="NO") + 156029.891*(POOL="YES")

Equation #5
Multiple Linear Regression (backward method)

Dependent Variable: TCOST
Method: Least Squares
Date: 02/02/16 Time: 15:05
Sample: 1 105
Included observations: 105

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
VOL	241.5482	28.74149	8.404163	0.0000
SQM_LFA	2386.209	195.4779	12.20705	0.0000
FACES	-34076.49	10824.43	-3.148109	0.0022
N_PARK	-62641.44	7424.609	-8.437003	0.0000
N_BEDRM	-27894.67	4970.549	-5.611990	0.0000
N_WC	-23587.46	7137.049	-3.304931	0.0013
LUX	43050.23	11443.08	3.762118	0.0003
DUMMYPOOL	-71610.36	32658.27	-2.192718	0.0307
R-squared	0.947047	Mean dependent var		703829.7
Adjusted R-squared	0.943225	S.D. dependent var		342277.9
S.E. of regression	81556.18	Akaike info criterion		25.52910
Sum squared resid	6.45E+11	Schwarz criterion		25.73131
Log likelihood	-1332.278	Durbin-Watson stat		2.330019

Estimation Command:

=====

```
LS TCOST VOL SQM_LFA FACES N_PARK N_BEDRM N_WC LUX DUMMYPOOL
```

Estimation Equation:

=====

$$TCOST = C(1)*VOL + C(2)*SQM_LFA + C(3)*FACES + C(4)*N_PARK + C(5)*N_BEDRM + C(6)*N_WC + C(7)*LUX + C(8)*DUMMYPOOL$$

Substituted Coefficients:

=====

$$TCOST = 241.5481771*VOL + 2386.209314*SQM_LFA - 34076.49446*FACES - 62641.4423*N_PARK - 27894.66975*N_BEDRM - 23587.45662*N_WC + 43050.22585*LUX - 71610.36369*DUMMYPOOL$$

Equation #6

Multiple Linear Regression (backward method, log of TCost estimation)

Dependent Variable: LOGTCOST

Method: Least Squares

Date: 02/03/16 Time: 11:58

Sample: 1 105

Included observations: 105

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
VOL	0.000121	4.27E-05	2.826903	0.0058
SQM_LFA	0.002240	0.000238	9.414130	0.0000
SQM_BS	0.001030	0.000442	2.329685	0.0220
SQM_ESCLTR	0.005272	0.000495	10.64292	0.0000
SQM_BFA	0.001050	0.000253	4.156458	0.0001
FACES	0.069017	0.013691	5.041075	0.0000
N_BEDRM	-0.037726	0.005455	-6.916120	0.0000
N_WC	-0.035029	0.010074	-3.477351	0.0008
N_PARK	-0.034470	0.010167	-3.390471	0.0010
LUX	0.236934	0.021085	11.23696	0.0000
H_F=FLAT	11.30193	0.085042	132.8984	0.0000
H_F=HOUSE	11.27339	0.078928	142.8310	0.0000
R-squared	0.980101	Mean dependent var	13.34275	
Adjusted R-squared	0.977748	S.D. dependent var	0.513998	
S.E. of regression	0.076674	Akaike info criterion	-2.191291	
Sum squared resid	0.546742	Schwarz criterion	-1.887981	
Log likelihood	127.0428	Durbin-Watson stat	2.048149	

Estimation Command:

=====

LS LOGTCOST VOL SQM_LFA SQM_BS SQM_ESCLTR SQM_BFA FACES N_BEDRM N_WC
N_PARK LUX @EXPAND(H_F)

Estimation Equation:

=====

LOGTCOST = C(1)*VOL + C(2)*SQM_LFA + C(3)*SQM_BS + C(4)*SQM_ESCLTR +
C(5)*SQM_BFA + C(6)*FACES + C(7)*N_BEDRM + C(8)*N_WC + C(9)*N_PARK + C(10)*LUX
+ C(11)*(H_F="FLAT") + C(12)*(H_F="HOUSE")

Substituted Coefficients:

=====

LOGTCOST = 0.0001206486364*VOL + 0.002239855367*SQM_LFA + 0.001029503947*SQM_BS
+ 0.005272454222*SQM_ESCLTR + 0.001050092478*SQM_BFA + 0.06901677555*FACES -
0.03772580313*N_BEDRM - 0.0350294908*N_WC - 0.03446961187*N_PARK +
0.2369337063*LUX + 11.30193227*(H_F="FLAT") + 11.27338698*(H_F="HOUSE")

Equation #6AMultiple Linear Regression (backward method, TCost estimation)

Dependent Variable: TCOST

Method: Least Squares

Date: 02/03/16 Time: 12:04

Sample: 1 105

Included observations: 105

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
VOL	157.1584	41.84815	3.755444	0.0003
SQM_LFA	2015.556	233.2946	8.639533	0.0000
SQM_BS	374.7593	433.3069	0.864882	0.3893
SQM_ESCLTR	686.0304	485.7545	1.412299	0.1612
SQM_BFA	587.0045	247.7245	2.369586	0.0199
FACES	-32946.22	13424.44	-2.454196	0.0160
N_BEDRM	-23454.79	5348.608	-4.385214	0.0000
N_WC	-15063.75	9877.571	-1.525045	0.1306
N_PARK	-60793.88	9968.762	-6.098439	0.0000
LUX	112236.0	20674.87	5.428620	0.0000
H_F=FLAT	-221225.2	83386.87	-2.652998	0.0094
H_F=HOUSE	-295918.1	77392.13	-3.823620	0.0002
R-squared	0.956856	Mean dependent var		703829.7
Adjusted R-squared	0.951753	S.D. dependent var		342277.9
S.E. of regression	75182.10	Akaike info criterion		25.40042
Sum squared resid	5.26E+11	Schwarz criterion		25.70373
Log likelihood	-1321.522	Durbin-Watson stat		2.739169

Equation #6B

Multiple Linear Regression (backward method, TCost estimation)

Dependent Variable: TCOST

Method: Least Squares

Date: 02/03/16 Time: 12:11

Sample: 1 105

Included observations: 105

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
VOL	179.7504	32.96166	5.453318	0.0000
SQM_LFA	2218.111	185.9727	11.92708	0.0000
SQM_BFA	549.2290	248.2778	2.212155	0.0294
FACES	-33284.04	13125.98	-2.535738	0.0129
N_BEDRM	-21703.87	5275.528	-4.114065	0.0001
N_WC	-17410.54	7461.318	-2.333440	0.0217
N_PARK	-68144.79	8089.214	-8.424154	0.0000
LUX	94029.50	18062.57	5.205765	0.0000
H_F=FLAT	-130421.3	66334.92	-1.966103	0.0522
H_F=HOUSE	-236769.2	66951.66	-3.536421	0.0006
R-squared	0.955331	Mean dependent var		703829.7
Adjusted R-squared	0.951099	S.D. dependent var		342277.9
S.E. of regression	75689.78	Akaike info criterion		25.39707
Sum squared resid	5.44E+11	Schwarz criterion		25.64982
Log likelihood	-1323.346	Durbin-Watson stat		2.728637

Estimation Command:

=====

LS TCOST VOL SQM_LFA SQM_BFA FACES N_BEDRM N_WC N_PARK LUX
@EXPAND(H_F)

Estimation Equation:

=====

TCOST = C(1)*VOL + C(2)*SQM_LFA + C(3)*SQM_BFA + C(4)*FACES + C(5)*N_BEDRM +
C(6)*N_WC + C(7)*N_PARK + C(8)*LUX + C(9)*(H_F="FLAT") + C(10)*(H_F="HOUSE")

Substituted Coefficients:

=====

TCOST = 179.7503925*VOL + 2218.110662*SQM_LFA + 549.2289639*SQM_BFA -
33284.04399*FACES - 21703.86741*N_BEDRM - 17410.54011*N_WC - 68144.78878*N_PARK +
94029.49861*LUX - 130421.278*(H_F="FLAT") - 236769.2297*(H_F="HOUSE")

ΕΤΗΣΙΟ ΑΡΧΕΙΟ ΔΕΙΚΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΕΡΓΩΝ Ή ΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

ΝΕΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2000

(2010=100,0)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΡΓΩΝ		ΤΡΙΜΗΝΑ				Μέσος Ετήσιος
		Α'	Β'	Γ'	Δ'	
	Γενικός Δείκτης	80,5	81,0	81,5	82,0	81,2
1	Χωματουργικά	73,3	73,3	74,6	75,7	74,2
2	Οπλισμένα και μη σκυροδέματα	82,1	82,7	82,7	83,5	82,7
3	Τοιχοδομές	76,0	76,5	77,0	77,7	76,8
4	Επιχρίσματα	77,5	77,9	78,4	78,7	78,1
5	Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις	76,3	76,5	77,3	77,7	76,9
6	Υδραυλικές εγκαταστάσεις	82,4	82,6	82,9	83,2	82,8
7	Εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης	74,3	74,3	75,4	75,4	74,9
8	Επιστρώσεις - Επενδύσεις	85,9	86,7	86,9	87,2	86,7
9	Ξυλουργικές εργασίες	81,6	82,1	83,2	83,7	82,6
10	Σιδηροκατασκευές	73,4	73,6	74,1	74,3	73,8
11	Αλουμινοκατασκευές	77,4	77,8	78,5	78,5	78,1
12	Χρωματισμοί	82,7	83,2	83,5	85,2	83,6
13	Μονώσεις	82,7	83,2	83,7	83,9	83,4
14	Υαλοπίνακες	76,5	78,0	78,8	80,0	78,3
15	Ανελκυστήρες	83,0	83,4	83,4	83,4	83,3
16	Γύψινες κατασκευές	92,1	92,6	93,2	93,7	92,9
17	Ειδικές εγκαταστάσεις χωρίς συσκευές & εξαρτήματα	83,9	84,4	84,9	85,4	84,6

ΕΤΗΣΙΟ ΑΡΧΕΙΟ ΔΕΙΚΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΕΡΓΩΝ Ή ΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

ΝΕΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2001

(2010=100,0)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΡΓΩΝ		ΤΡΙΜΗΝΑ				Μέσος Ετήσιος
		Α'	Β'	Γ'	Δ'	
	Γενικός Δείκτης	82,4	82,9	83,2	83,6	83,0
1	Χωματουργικά	76,2	76,7	77,2	77,2	76,8
2	Οπλισμένα και μη σκυροδέματα	83,6	84,2	84,2	84,6	84,2
3	Τοιχοδομές	78,2	78,7	79,1	79,9	79,0
4	Επιχρίσματα	79,1	79,4	79,7	79,9	79,5
5	Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις	78,6	78,7	79,2	79,6	79,0
6	Υδραυλικές εγκαταστάσεις	83,6	83,8	84,0	84,2	83,9
7	Εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης	76,8	76,8	77,9	77,9	77,3
8	Επιστρώσεις - Επενδύσεις	87,1	87,8	88,1	88,1	87,8
9	Ξυλουργικές εργασίες	84,2	84,5	85,2	85,9	84,9
10	Σιδηροκατασκευές	74,9	75,2	75,5	76,4	75,5
11	Αλουμινοκατασκευές	78,7	79,3	80,3	80,5	79,7
12	Χρωματισμοί	85,5	86,1	86,1	86,3	86,0
13	Μονώσεις	84,2	84,7	85,2	85,3	84,8
14	Υαλοπίνακες	80,5	81,8	82,3	83,6	82,0
15	Ανελκυστήρες	83,7	84,1	84,1	84,1	84,0
16	Γύψινες κατασκευές	93,6	94,2	94,5	95,0	94,3
17	Ειδικές εγκαταστάσεις χωρίς συσκευές & εξαρτήματα	86,6	87,2	87,5	87,9	87,3

ΕΤΗΣΙΟ ΑΡΧΕΙΟ ΔΕΙΚΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΕΡΓΩΝ Ή ΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

ΝΕΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2002

(2010=100,0)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΡΓΩΝ		ΤΡΙΜΗΝΑ				Μέσος Ετήσιος
		Α'	Β'	Γ'	Δ'	
	Γενικός Δείκτης	83,8	84,1	84,6	84,8	84,3
1	Χωματουργικά	77,6	78,1	79,6	79,6	78,8
2	Οπλισμένα και μη σκυροδέματα	84,9	85,5	85,8	86,4	85,7
3	Τοιχοδομές	80,4	80,8	81,5	81,9	81,1
4	Επιχρίσματα	80,1	80,4	81,3	81,3	80,8
5	Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις	80,2	80,6	80,8	80,9	80,6
6	Υδραυλικές εγκαταστάσεις	84,5	84,6	84,7	84,8	84,7
7	Εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης	79,5	79,5	80,6	80,6	80,0
8	Επιστρώσεις - Επενδύσεις	88,3	88,3	88,6	88,6	88,5
9	Ξυλουργικές εργασίες	86,4	86,5	86,6	86,6	86,5
10	Σιδηροκατασκευές	77,7	77,7	77,8	77,8	77,8
11	Αλουμινοκατασκευές	80,9	80,9	81,1	81,1	81,0
12	Χρωματισμοί	86,2	86,5	87,5	87,5	86,9
13	Μονώσεις	85,6	86,0	86,4	86,4	86,1
14	Υαλοπίνακες	84,3	84,6	85,0	85,1	84,7
15	Ανελκυστήρες	84,2	84,3	84,4	84,4	84,3
16	Γύψινες κατασκευές	95,2	95,5	96,1	96,1	95,7
17	Ειδικές εγκαταστάσεις χωρίς συσκευές & εξαρτήματα	88,1	88,4	88,5	88,5	88,4

ΕΤΗΣΙΟ ΑΡΧΕΙΟ ΔΕΙΚΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΕΡΓΩΝ Ή ΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

ΝΕΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2003

(2010=100,0)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΡΓΩΝ		ΤΡΙΜΗΝΑ				Μέσος Ετήσιος
		Α'	Β'	Γ'	Δ'	
	Γενικός Δείκτης	85,7	86,2	86,4	86,6	86,2
1	Χωματουργικά	80,8	81,8	81,8	82,5	81,7
2	Οπλισμένα και μη σκυροδέματα	87,3	87,8	88,3	88,6	88,0
3	Τοιχοδομές	82,8	83,5	83,5	83,7	83,4
4	Επιχρίσματα	82,2	83,0	83,0	83,3	82,9
5	Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις	81,6	82,0	82,1	82,2	82,0
6	Υδραυλικές εγκαταστάσεις	85,3	85,6	85,6	85,6	85,5
7	Εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης	81,9	82,5	83,2	83,2	82,7
8	Επιστρώσεις - Επενδύσεις	89,4	89,9	89,9	90,0	89,8
9	Ξυλουργικές εργασίες	87,5	88,0	88,0	88,0	87,8
10	Σιδηροκατασκευές	79,2	79,5	79,5	79,5	79,4
11	Αλουμινοκατασκευές	82,0	82,2	82,4	82,4	82,2
12	Χρωματισμοί	88,8	89,5	89,5	89,8	89,4
13	Μονώσεις	87,3	87,8	87,8	88,0	87,7
14	Υαλοπίνακες	85,8	86,5	86,5	86,5	86,3
15	Ανελκυστήρες	84,8	84,9	85,6	85,6	85,2
16	Γύψινες κατασκευές	96,1	96,1	96,1	96,2	96,1
17	Ειδικές εγκαταστάσεις χωρίς συσκευές & εξαρτήματα	90,5	90,5	91,3	91,4	90,9

**ΕΤΗΣΙΟ ΑΡΧΕΙΟ ΔΕΙΚΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΕΡΓΩΝ Ή ΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
ΝΕΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2004**
(2010=100,0)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΡΓΩΝ		Τ Ρ Ι Μ Η Ν Α				Μέσος Ετήσιος
		Α'	Β'	Γ'	Δ'	
	Γενικός Δείκτης	87,2	87,9	88,6	89,6	88,3
1	Χωματουργικά	83,0	83,2	83,9	85,6	83,9
2	Οπλισμένα και μη σκυροδέματα	89,0	89,8	90,4	90,9	90,0
3	Τοιχοδομές	84,3	85,2	85,3	86,4	85,3
4	Επιχρίσματα	83,8	84,6	85,3	87,2	85,2
5	Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις	82,7	83,1	83,6	85,0	83,6
6	Υδραυλικές εγκαταστάσεις	85,8	86,1	86,8	87,8	86,6
7	Εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης	84,3	84,5	86,0	87,4	85,6
8	Επιστρώσεις - Επενδύσεις	90,8	91,2	91,8	92,6	91,6
9	Ξυλουργικές εργασίες	88,9	89,4	90,3	90,9	89,9
10	Σιδηροκατασκευές	80,4	83,7	84,8	86,2	83,8
11	Αλουμινοκατασκευές	82,7	83,4	84,7	86,6	84,4
12	Χρωματισμοί	90,3	90,9	91,7	92,7	91,4
13	Μονώσεις	88,3	88,8	89,4	90,5	89,3
14	Υαλοπίνακες	87,1	87,9	89,4	91,9	89,1
15	Ανελκυστήρες	86,5	86,9	89,7	90,2	88,4
16	Γύψινες κατασκευές	96,2	96,7	97,3	97,3	96,8
17	Ειδικές εγκαταστάσεις χωρίς συσκευές & εξαρτήματα	92,4	92,6	93,5	94,1	93,2

**ΕΤΗΣΙΟ ΑΡΧΕΙΟ ΔΕΙΚΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΕΡΓΩΝ Ή ΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
ΝΕΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2005**
(2010=100,0)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΡΓΩΝ		Τ Ρ Ι Μ Η Ν Α				Μέσος Ετήσιος
		Α'	Β'	Γ'	Δ'	
	Γενικός Δείκτης	89,9	90,4	91,0	91,2	90,7
1	Χωματουργικά	86,3	86,6	87,9	88,7	87,4
2	Οπλισμένα και μη σκυροδέματα	91,0	91,7	92,2	92,4	91,8
3	Τοιχοδομές	87,2	88,2	88,9	89,0	88,3
4	Επιχρίσματα	87,6	88,4	89,2	89,2	88,6
5	Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις	85,1	85,8	86,1	86,7	85,9
6	Υδραυλικές εγκαταστάσεις	88,1	88,8	89,0	89,0	88,7
7	Εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης	88,1	88,7	89,7	90,6	89,3
8	Επιστρώσεις - Επενδύσεις	92,8	93,3	93,9	94,0	93,5
9	Ξυλουργικές εργασίες	91,0	91,5	91,8	92,2	91,6
10	Σιδηροκατασκευές	86,6	87,0	87,8	88,0	87,4
11	Αλουμινοκατασκευές	86,6	86,6	87,6	87,8	87,2
12	Χρωματισμοί	92,7	92,7	93,0	93,0	92,8
13	Μονώσεις	90,5	90,5	91,3	92,0	91,1
14	Υαλοπίνακες	92,4	92,4	92,6	92,7	92,5
15	Ανελκυστήρες	91,9	91,9	92,3	92,7	92,2
16	Γύψινες κατασκευές	97,3	97,4	97,4	97,4	97,4
17	Ειδικές εγκαταστάσεις χωρίς συσκευές & εξαρτήματα	94,2	95,4	95,8	95,8	95,3

ΕΤΗΣΙΟ ΑΡΧΕΙΟ ΔΕΙΚΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΕΡΓΩΝ Ή ΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

ΝΕΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2006

(2010=100,0)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΡΓΩΝ		Τ Ρ Ι Μ Η Ν Α				Μέσος Ετήσιος
		Α'	Β'	Γ'	Δ'	
	Γενικός Δείκτης	92,0	92,6	93,8	94,6	93,2
1	Χωματουργικά	90,4	90,6	92,3	93,0	91,6
2	Οπλισμένα και μη σκυροδέματα	93,0	93,9	95,1	95,8	94,5
3	Τοιχοδομές	89,8	89,9	91,2	93,3	91,1
4	Επιχρίσματα	89,9	90,9	92,4	94,4	91,9
5	Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις	87,5	88,2	89,2	89,4	88,6
6	Υδραυλικές εγκαταστάσεις	89,6	90,1	92,3	92,7	91,2
7	Εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης	91,4	92,5	94,6	94,8	93,3
8	Επιστρώσεις - Επενδύσεις	94,7	95,3	95,8	96,6	95,6
9	Ξυλουργικές εργασίες	92,6	92,9	93,7	93,9	93,3
10	Σιδηροκατασκευές	88,8	89,6	90,8	91,9	90,3
11	Αλουμινοκατασκευές	88,9	89,3	90,1	91,0	89,8
12	Χρωματισμοί	93,8	94,8	95,4	96,5	95,1
13	Μονώσεις	92,9	93,2	94,6	95,5	94,0
14	Υαλοπίνακες	94,0	94,0	94,8	95,8	94,7
15	Ανελκυστήρες	93,4	93,5	94,4	94,4	93,9
16	Γύψινες κατασκευές	97,8	97,8	98,1	98,1	98,0
17	Ειδικές εγκαταστάσεις χωρίς συσκευές & εξαρτήματα	96,4	96,4	96,9	97,8	96,9

ΕΤΗΣΙΟ ΑΡΧΕΙΟ ΔΕΙΚΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΕΡΓΩΝ Ή ΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

ΝΕΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2007

(2010=100,0)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΡΓΩΝ		Τ Ρ Ι Μ Η Ν Α				Μέσος Ετήσιος
		Α'	Β'	Γ'	Δ'	
	Γενικός Δείκτης	95,1	95,7	96,2	96,3	95,9
1	Χωματουργικά	93,6	94,0	94,4	94,8	94,2
2	Οπλισμένα και μη σκυροδέματα	96,7	97,1	97,4	97,5	97,2
3	Τοιχοδομές	93,7	94,2	94,7	94,7	94,3
4	Επιχρίσματα	95,3	95,8	95,9	95,9	95,7
5	Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις	89,5	91,0	91,7	92,0	91,1
6	Υδραυλικές εγκαταστάσεις	92,9	94,4	95,3	95,5	94,5
7	Εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης	95,1	95,8	96,7	96,7	96,0
8	Επιστρώσεις - Επενδύσεις	96,8	97,4	98,0	98,1	97,6
9	Ξυλουργικές εργασίες	94,4	94,6	95,1	95,3	94,9
10	Σιδηροκατασκευές	92,1	92,6	93,4	93,6	92,9
11	Αλουμινοκατασκευές	91,7	92,4	93,4	93,6	92,8
12	Χρωματισμοί	96,5	97,3	97,5	97,5	97,2
13	Μονώσεις	95,6	96,2	96,4	96,6	96,2
14	Υαλοπίνακες	95,8	95,8	96,1	96,2	96,0
15	Ανελκυστήρες	94,4	94,6	95,3	95,3	94,9
16	Γύψινες κατασκευές	98,4	99,0	99,3	99,5	99,1
17	Ειδικές εγκαταστάσεις χωρίς συσκευές & εξαρτήματα	98,2	98,7	99,0	99,2	98,8

ΕΤΗΣΙΟ ΑΡΧΕΙΟ ΔΕΙΚΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΕΡΓΩΝ Ή ΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

ΝΕΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2008

(2010=100,0)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΡΓΩΝ		Τ Ρ Ι Μ Η Ν Α				Μέσος Ετήσιος
		Α'	Β'	Γ'	Δ'	
	Γενικός Δείκτης	98,4	99,9	100,6	100,6	99,9
1	Χωματουργικά	97,6	98,8	99,2	99,9	98,9
2	Οπλισμένα και μη σκυροδέματα	98,9	101,8	102,5	100,9	101,0
3	Τοιχοδομές	97,1	98,1	99,3	100,4	98,7
4	Επιχρίσματα	97,9	98,8	100,0	101,4	99,5
5	Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις	95,9	96,7	97,7	99,5	97,5
6	Υδραυλικές εγκαταστάσεις	98,2	99,0	99,7	100,0	99,2
7	Εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης	99,7	100,3	101,1	101,8	100,7
8	Επιστρώσεις - Επενδύσεις	99,4	100,0	100,5	100,9	100,2
9	Ξυλουργικές εργασίες	99,0	99,7	100,4	101,2	100,1
10	Σιδηροκατασκευές	99,0	102,7	102,7	100,3	101,2
11	Αλουμινοκατασκευές	96,5	97,4	98,2	98,4	97,6
12	Χρωματισμοί	98,9	99,7	100,1	100,7	99,8
13	Μονώσεις	99,1	99,7	100,0	100,0	99,7
14	Υαλοπίνακες	97,1	97,7	97,7	97,7	97,5
15	Ανελκυστήρες	95,9	96,2	97,4	98,9	97,1
16	Γύψινες κατασκευές	100,5	101,0	101,0	101,0	100,9
17	Ειδικές εγκαταστάσεις χωρίς συσκευές & εξαρτήματα	100,1	100,9	100,9	100,9	100,7

ΕΤΗΣΙΟ ΑΡΧΕΙΟ ΔΕΙΚΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΕΡΓΩΝ Ή ΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

ΝΕΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2009

(2010=100,0)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΡΓΩΝ		Τ Ρ Ι Μ Η Ν Α				Μέσος Ετήσιος
		Α'	Β'	Γ'	Δ'	
	Γενικός Δείκτης	99,6	99,6	99,7	99,8	99,7
1	Χωματουργικά	99,0	99,0	99,0	99,5	99,1
2	Οπλισμένα και μη σκυροδέματα	99,8	99,8	99,8	99,7	99,7
3	Τοιχοδομές	99,4	99,0	99,0	100,0	99,3
4	Επιχρίσματα	100,7	100,3	100,3	100,4	100,5
5	Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις	97,9	97,9	99,0	99,5	98,6
6	Υδραυλικές εγκαταστάσεις	98,1	98,5	99,1	99,3	98,7
7	Εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης	100,2	100,2	100,2	100,0	100,2
8	Επιστρώσεις - Επενδύσεις	100,0	100,1	100,1	100,0	100,0
9	Ξυλουργικές εργασίες	100,5	100,5	99,7	99,6	100,1
10	Σιδηροκατασκευές	99,2	99,2	99,2	99,0	99,1
11	Αλουμινοκατασκευές	98,1	98,1	98,1	98,8	98,3
12	Χρωματισμοί	100,4	101,0	101,0	101,1	100,9
13	Μονώσεις	99,3	99,3	99,3	99,3	99,3
14	Υαλοπίνακες	97,7	97,7	98,4	99,5	98,3
15	Ανελκυστήρες	98,9	99,2	99,4	100,0	99,4
16	Γύψινες κατασκευές	99,8	99,8	99,8	99,8	99,8
17	Ειδικές εγκαταστάσεις χωρίς συσκευές & εξαρτήματα	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

ΕΤΗΣΙΟ ΑΡΧΕΙΟ ΔΕΙΚΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΕΡΓΩΝ Ή ΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

ΝΕΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2010

(2010=100,0)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΡΓΩΝ		ΤΡΙΜΗΝΑ				Μέσος Ετήσιος
		Α'	Β'	Γ'	Δ'	
	Γενικός Δείκτης	99,9	100,0	100,0	100,1	100,0
1	Χωματουργικά	100,1	100,1	100,1	99,8	100,0
2	Οπλισμένα και μη σκυροδέματα	99,8	99,8	100,2	100,2	100,0
3	Τοιχοδομές	100,0	100,0	99,9	100,2	100,0
4	Επιχρίσματα	100,4	99,9	99,7	100,0	100,0
5	Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις	100,0	99,8	99,9	100,2	100,0
6	Υδραυλικές εγκαταστάσεις	99,3	100,1	100,1	100,4	100,0
7	Εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης	100,0	100,1	99,8	100,1	100,0
8	Επιστρώσεις - Επενδύσεις	100,1	100,0	100,0	99,9	100,0
9	Ξυλουργικές εργασίες	99,6	100,0	100,0	100,3	100,0
10	Σιδηροκατασκευές	99,5	100,0	100,2	100,4	100,0
11	Αλουμινοκατασκευές	99,4	100,1	100,3	100,3	100,0
12	Χρωματισμοί	100,4	100,2	99,7	99,7	100,0
13	Μονώσεις	99,5	100,0	100,2	100,3	100,0
14	Υαλοπίνακες	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
15	Ανελκυστήρες	100,0	100,0	100,0	100,1	100,0
16	Γύψινες κατασκευές	99,8	99,8	100,3	100,1	100,0
17	Ειδικές εγκαταστάσεις χωρίς συσκευές & εξαρτήματα	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

ΕΤΗΣΙΟ ΑΡΧΕΙΟ ΔΕΙΚΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΕΡΓΩΝ Ή ΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΝΕΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2011

(2010=100,0)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΡΓΩΝ		ΤΡΙΜΗΝΑ				Μέσος Ετήσιος
		Α'	Β'	Γ'	Δ'	
	Γενικός Δείκτης	99,9	99,9	99,9	100,0	99,9
1	Χωματουργικά	99,8	99,8	99,8	99,8	99,8
2	Οπλισμένα και μη σκυροδέματα	99,7	99,7	99,7	99,9	99,8
3	Τοιχοδομές	100,0	100,0	100,0	100,2	100,1
4	Επιχρίσματα	99,2	99,0	99,0	98,8	99,0
5	Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις	100,2	100,2	100,2	101,0	100,4
6	Υδραυλικές εγκαταστάσεις	100,4	100,4	100,2	99,9	100,3
7	Εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης	100,1	100,1	100,1	100,1	100,1
8	Επιστρώσεις - Επενδύσεις	99,4	99,4	99,3	99,3	99,4
9	Ξυλουργικές εργασίες	100,3	100,3	100,3	100,3	100,3
10	Σιδηροκατασκευές	101,6	102,0	102,0	102,0	101,9
11	Αλουμινοκατασκευές	102,1	102,1	102,1	102,1	102,1
12	Χρωματισμοί	98,9	98,9	98,9	99,7	99,1
13	Μονώσεις	100,3	100,3	100,3	100,2	100,3
14	Υαλοπίνακες	100,8	100,8	100,8	100,8	100,8
15	Ανελκυστήρες	100,1	100,1	100,1	100,1	100,1
16	Γύψινες κατασκευές	99,1	99,1	98,1	98,6	98,7
17	Ειδικές εγκαταστάσεις χωρίς συσκευές & εξαρτήματα	100,0	100,0	99,0	99,0	99,5

**ΕΤΗΣΙΟ ΑΡΧΕΙΟ ΔΕΙΚΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΕΡΓΩΝ Ή ΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΝΕΩΝ
ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2012**

(2010=100,0)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΡΓΩΝ		Τ Ρ Ι Μ Η Ν Α				Μέσος Ετήσιος
		Α'	Β'	Γ'	Δ'	
	Γενικός Δείκτης	99,7	99,4	99,3	99,0	99,4
1	Χωματουργικά	99,3	99,3	99,6	99,6	99,4
2	Οπλισμένα και μη σκυροδέματα	99,6	99,2	99,2	98,9	99,2
3	Τοιχοδομές	99,1	99,1	99,1	97,9	98,8
4	Επιχρίσματα	98,1	98,1	98,1	97,5	97,9
5	Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις	100,6	99,7	99,5	99,5	99,9
6	Υδραυλικές εγκαταστάσεις	99,9	99,6	99,6	99,6	99,7
7	Εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης	100,1	99,8	99,8	99,8	99,9
8	Επιστρώσεις - Επενδύσεις	98,3	97,8	97,6	97,2	97,7
9	Ξυλουργικές εργασίες	100,0	100,0	99,2	99,2	99,6
10	Σιδηροκατασκευές	102,0	102,0	102,0	102,0	102,0
11	Αλουμινοκατασκευές	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7
12	Χρωματισμοί	100,2	99,7	99,7	99,4	99,7
13	Μονώσεις	101,1	101,3	101,3	100,9	101,2
14	Υαλοπίνακες	100,8	101,5	101,5	101,5	101,3
15	Ανελκυστήρες	99,8	100,2	99,8	99,8	99,9
16	Γύψινες κατασκευές	98,6	97,4	97,4	97,4	97,7
17	Ειδικές εγκαταστάσεις χωρίς συσκευές & εξαρτήματα	99,0	98,2	98,2	98,2	98,4

**ΕΤΗΣΙΟ ΑΡΧΕΙΟ ΔΕΙΚΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΕΡΓΩΝ Ή ΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΝΕΩΝ
ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2013**

(2010=100,0)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΡΓΩΝ		Τ Ρ Ι Μ Η Ν Α				Μέσος Ετήσιος
		Α'	Β'	Γ'	Δ'	
	Γενικός Δείκτης	98,9	98,8	98,2	97,1	98,2
1	Χωματουργικά	98,6	98,6	98,1	97,1	98,1
2	Οπλισμένα και μη σκυροδέματα	98,5	98,5	98,2	97,4	98,2
3	Τοιχοδομές	97,9	97,6	96,4	96,0	97,0
4	Επιχρίσματα	97,5	97,1	96,3	95,8	96,7
5	Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις	99,2	99,2	99,5	98,8	99,2
6	Υδραυλικές εγκαταστάσεις	99,0	99,0	98,5	97,1	98,4
7	Εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης	99,2	99,2	99,2	99,0	99,1
8	Επιστρώσεις - Επενδύσεις	97,2	97,1	96,3	94,6	96,3
9	Ξυλουργικές εργασίες	98,8	98,5	98,2	96,4	98,0
10	Σιδηροκατασκευές	102,0	102,0	100,9	99,1	101,0
11	Αλουμινοκατασκευές	102,7	102,7	101,1	98,6	101,2
12	Χρωματισμοί	99,4	99,4	98,9	98,1	98,9
13	Μονώσεις	100,5	100,5	100,3	99,0	100,1
14	Υαλοπίνακες	101,5	101,5	101,5	101,2	101,4
15	Ανελκυστήρες	99,8	99,8	99,0	96,1	98,7
16	Γύψινες κατασκευές	97,4	97,4	96,9	95,8	96,9
17	Ειδικές εγκαταστάσεις χωρίς συσκευές & εξαρτήματα	98,2	98,2	97,6	96,5	97,6

**ΕΤΗΣΙΟ ΑΡΧΕΙΟ ΔΕΙΚΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΕΡΓΩΝ Ή ΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΝΕΩΝ
ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2014**
(2010=100,0)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΡΓΩΝ		Τ Ρ Ι Μ Η Ν Α				Μέσος Ετήσιος
		Α'	Β'	Γ'	Δ'	
	Γενικός Δείκτης	95,7	95,3	94,9	93,9	95,0
1	Χωματουργικά	95,1	94,1	93,7	92,5	93,9
2	Οπλισμένα και μη σκυροδέματα	96,0	95,6	95,1	94,6	95,3
3	Τοιχοδομές	94,9	94,4	94,0	91,9	93,8
4	Επιχρίσματα	94,6	94,1	94,1	91,7	93,6
5	Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις	96,5	95,3	94,7	93,8	95,1
6	Υδραυλικές εγκαταστάσεις	95,5	94,4	93,9	93,2	94,2
7	Εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης	97,4	96,4	96,2	95,0	96,3
8	Επιστρώσεις - Επενδύσεις	93,4	93,1	93,0	91,8	92,8
9	Ξυλουργικές εργασίες	95,4	94,9	94,4	92,7	94,4
10	Σιδηροκατασκευές	97,7	97,7	97,3	96,5	97,3
11	Αλουμινοκατασκευές	97,5	97,5	97,0	96,3	97,1
12	Χρωματισμοί	96,2	95,9	95,9	94,5	95,6
13	Μονώσεις	97,6	97,6	97,5	96,6	97,3
14	Υαλοπίνακες	100,3	100,3	100,3	100,3	100,3
15	Ανελκυστήρες	95,3	95,3	95,3	94,4	95,1
16	Γύψινες κατασκευές	95,2	95,2	94,7	94,0	94,8
17	Ειδικές εγκαταστάσεις χωρίς συσκευές & εξαρτήματα	95,6	95,2	95,2	95,2	95,3

**ΕΤΗΣΙΟ ΑΡΧΕΙΟ ΔΕΙΚΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΕΡΓΩΝ Ή ΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΝΕΩΝ
ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2015**
(2010=100,0)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΡΓΩΝ		Τ Ρ Ι Μ Η Ν Α				Μέσος Ετήσιος
		Α'	Β'	Γ'	Δ'	
	Γενικός Δείκτης	93,3	92,3	92,0	91,6	92,3
1	Χωματουργικά	92,0	91,1	90,4	89,3	90,7
2	Οπλισμένα και μη σκυροδέματα	93,9	92,8	92,3	91,8	92,7
3	Τοιχοδομές	91,5	90,4	89,8	89,5	90,3
4	Επιχρίσματα	91,2	90,1	89,8	89,8	90,2
5	Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις	93,0	91,9	91,1	90,9	91,7
6	Υδραυλικές εγκαταστάσεις	91,9	90,7	89,9	89,7	90,6
7	Εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης	94,3	93,1	92,7	92,5	93,2
8	Επιστρώσεις - Επενδύσεις	91,2	90,4	90,2	89,8	90,4
9	Ξυλουργικές εργασίες	92,0	91,4	91,1	90,3	91,2
10	Σιδηροκατασκευές	95,9	94,9	94,9	93,9	94,9
11	Αλουμινοκατασκευές	96,3	95,4	95,2	94,7	95,4
12	Χρωματισμοί	93,8	93,3	92,8	92,8	93,2
13	Μονώσεις	96,6	95,4	95,4	95,2	95,6
14	Υαλοπίνακες	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9
15	Ανελκυστήρες	94,2	94,2	94,2	94,2	94,2
16	Γύψινες κατασκευές	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5
17	Ειδικές εγκαταστάσεις χωρίς συσκευές & εξαρτήματα	94,7	94,7	94,7	94,4	94,6