

Περιεχόμενα

Πίνακας Σχημάτων	3
Λίστα πινάκων	6
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	9
1.1 Σκοπός.....	9
1.2 Γιατί μελετάμε την πρόβλεψη.....	10
1.3 Το τσιμέντο	11
1.3.1 Γενικά χαρακτηριστικά τσιμέντου.....	11
1.3.2 Ιστορική αναδρομή	11
1.3.3 Παρασκευή τσιμέντου	12
1.3.4 Διαδικασία σκληρύνσεως	12
1.3.5 Τύποι τσιμέντου	13
1.4 Η αγορά τσιμέντου στην Ελλάδα.....	14
1.5 Γενικά για την εταιρία ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ	16
1.6 Περιεχόμενα διπλωματικής εργασίας	17
Κεφάλαιο 2: Περιγραφή και ανάλυση δεδομένων.....	18
2.1 Γενικά.....	18
2.2 Συνολικός και Αστικός Πληθυσμός.....	19
2.3 Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν (ΑΕΠ).....	20
2.4 Τριτογενής Τομέας.....	22
2.5 Άδηλοι Πόροι.....	22
2.6 Εισροή Κεφαλαίων	24
2.7 Δημόσιες και Ιδιωτικές Επενδύσεις.....	25
2.8 Στεγαστικά Επιτόκια.....	28
2.9 Άνεργος Πληθυσμός	29
2.10 Χρήση Τσιμέντου	30
2.11 Ανάλυση συσχετίσεων	32
Κεφάλαιο 3: Γενικά μοντέλα πρόβλεψης	36
3.1 Κινητός μέσος όρος	36
3.2 Εκθετική εξομάλυνση	39
3.3 Γραμμική εκθετική εξομάλυνση.....	41
3.4 Γραμμική και εποχική εκθετική εξομάλυνση του Winter	43
3.5 Προσαρμοστική εξομάλυνση.....	46
3.6 Μέθοδος διαχωρισμού	48

3.7 Μέθοδος απλής παλινδρόμησης	52
3.8 Μέθοδος πολλαπλής παλινδρόμησης	57
3.9 Τα κριτήρια αξιολόγησης μιας πρόβλεψης.....	57
Κεφάλαιο 4: Μοντελοποίηση με χρήση ανάλυσης παλινδρόμησης.....	59
4.1 Ποσοτική ανάλυση παλινδρόμησης.....	59
4.1.1 Βασικό μοντέλο	59
4.1.2 Αποτελέσματα του βασικού μοντέλου	62
4.1.3 Μοντέλο διαφορών	66
4.1.4 Αποτελέσματα του μοντέλου διαφορών	68
4.2 Ποιοτική ανάλυση παλινδρόμησης.....	72
4.2.1 Παρουσίαση του μοντέλου	72
4.2.2 Αποτελέσματα του μοντέλου	77
Κεφάλαιο 5: Ανάπτυξη πληροφοριακού συστήματος	84
5.1 Γενική παρουσίαση	84
5.2 Διαχείριση δεδομένων	85
5.2.1 Μορφή δεδομένων	85
5.2.2 Εισαγωγή και επεξεργασία δεδομένων.....	87
5.3 Επίλυση και παρουσίαση αποτελεσμάτων	89
5.3.1 Το LINDO API	89
5.3.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων.....	91
5.4 Παρουσίαση των επιλογών μενού	93
5.5 Τεχνικά στοιχεία λογισμικού	98
Κεφάλαιο 6: Προχωρημένες αναλύσεις.....	102
6.1 Βηματική παλινδρόμηση	102
6.1.1 Βηματική παλινδρόμηση με % μεταβολή.....	102
6.1.2 Βηματική παλινδρόμηση με υστέρηση	106
6.2 Έλεγχος αποτελεσματικότητας.....	109
6.3 Πρόβλεψη	111
Κεφάλαιο 7: Ανασκόπηση, συγκριτική ανάλυση και μελλοντικές επεκτάσεις.....	113
7.1 Συγκριτική ανάλυση	113
7.2 Μελλοντικές επεκτάσεις	115
Βιβλιογραφία:	117
Παράρτημα Α: Δεδομένα πρόβλεψης.....	118
Παράρτημα Β: Αναλυτικά αποτελέσματα μοντέλων πρόβλεψης.....	133

Πίνακας Σχημάτων

Σχήμα 1: Κέντρα διανομής και εργοστάσια εταιριών τσιμέντου στην Ελλάδα	14
Σχήμα 2: Ετήσια παραγωγική ικανότητα τσιμέντου ανά εταιρία.....	15
Σχήμα 3: Κατανάλωση Τσιμέντου.....	15
Σχήμα 4: Ετήσια % μεταβολή της Κατανάλωσης Τσιμέντου	16
Σχήμα 5: Συνολικός Πληθυσμός της Ελλάδας	19
Σχήμα 6: Ετήσια % μεταβολή του Συνολικού Πληθυσμού.....	19
Σχήμα 7: Σύνολο Αστικού Πληθυσμού στην Ελλάδα	20
Σχήμα 8: Ετήσια % μεταβολή του Αστικού Πληθυσμού	20
Σχήμα 9: Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν	21
Σχήμα 10: Ετήσια % μεταβολή του Ακαθάριστου Εθνικού Προϊόντος.....	21
Σχήμα 11: Τριτογενής Τομέας(σταθερές τιμές 1995)	22
Σχήμα 12: Ετήσια % μεταβολή του Τριτογενή Τομέα	22
Σχήμα 13: Άδηλοι Πόροι(σταθερές τιμές 1995).....	23
Σχήμα 14: Ετήσια % μεταβολή των Άδελων Πόρων.....	23
Σχήμα 15: Εισροή Κεφαλαίων (σταθερές τιμές 1995)	24
Σχήμα 16: Ετήσια % μεταβολή Εισροών Κεφαλαίου	25
Σχήμα 17: Δημόσιες Επενδύσεις (σταθερές τιμές 1995).....	26
Σχήμα 18: Ετήσια % μεταβολή των Δημοσίων Επενδύσεων	26
Σχήμα 19: Ιδιωτικές Επενδύσεις (σταθερές τιμές 1995)	27
Σχήμα 20: Ετήσια % μεταβολή των Ιδιωτικών Επενδύσεων	27
Σχήμα 21: Τραπεζικά Επιτόκια Στεγαστικών Δανείων	28
Σχήμα 22: Ετήσια % μεταβολή τραπεζικών Επιτοκίων Στεγαστικών Δανείων.....	29
Σχήμα 23: Συνολικός Άνεργος Πληθυσμός.....	29
Σχήμα 24: Ετήσια % μεταβολή του άνεργου πληθυσμού	30
Σχήμα 25: Χρήση Τσιμέντου.....	31
Σχήμα 26: % μεταβολή Χρήσης Τσιμέντου με βάση το 1960.....	31
Σχήμα 27: Ανάλυση συσχετίσεων των παραγόντων	33
Σχήμα 28: Ευθεία παλινδρόμησης και πραγματικές τιμές.....	53
Σχήμα 29: Σφάλματα	56
Σχήμα 30: Γραφική απεικόνιση της πραγματικής και προβλεπόμενης κατανάλωσης του βασικού μοντέλου	64
Σχήμα 31: Σφάλματα ανά έτος σύμφωνα με το βασικό μοντέλο	65

Σχήμα 32: Κατανομή σφαλμάτων σύμφωνα με το βασικό μοντέλο	66
Σχήμα 33: Γραφική απεικόνιση της πραγματικής και προβλεπόμενης του μοντέλου διαφορών.....	69
Σχήμα 34: Σφάλματα ανά έτος στο μοντέλο διαφορών.....	71
Σχήμα 35: Κατανομή σφαλμάτων στο μοντέλο διαφορών.....	71
Σχήμα 36: Μεταβλητές σφάλματος για την j χρονική περίοδο	73
Σχήμα 37: Οι μεταβλητές μετασχηματισμού Z_m και W_{ik}	74
Σχήμα 38: Γραφικές παραστάσεις των συναρτήσεων αξιών	79
Σχήμα 39: Γραφική απεικόνιση πραγματικής και προβλεπόμενης Κατανάλωσης Τσιμέντου.....	80
Σχήμα 40: Σφάλματα ανά έτος	82
Σχήμα 41: Κατανομή σφαλμάτων κατά την ποιοτική παλινδρόμηση.....	82
Σχήμα 42: Λογικό διάγραμμα πληροφοριακού συστήματος.....	84
Σχήμα 43: Αρχική φόρμα προγράμματος	86
Σχήμα 44: Άνοιγμα αρχείου παραδείγματος.....	86
Σχήμα 45: Οθόνη βασικών δεδομένων παραδείγματος.....	87
Σχήμα 46: Οθόνη με γραφική απεικόνιση των δεδομένων του παραδείγματος.....	88
Σχήμα 47: Γράφημα σε % μεταβολή των δεδομένων του παραδείγματος.....	88
Σχήμα 48: Αντιπροσώπευση αραιών μητρών	89
Σχήμα 49: Οθόνη με καρτέλα επίλυσης	92
Σχήμα 50: Οθόνη με επιλογή μορφής των παραγόντων.....	92
Σχήμα 51: Οθόνη με καρτέλα επίλυσης με μεταβελτισποίηση	93
Σχήμα 52: Μενού επιλογών λογισμικού	93
Σχήμα 53: Οθόνη με ομάδα επιλογής Edit	95
Σχήμα 54: Οθόνη με καρτέλα Linear Solution	96
Σχήμα 55: Οθόνη με καρτέλα για Quality Regression	97
Σχήμα 56: Οθόνη με καρτέλα Forecasting	98
Σχήμα 57: Έναρξη εγκατάστασης setup προγράμματος.....	99
Σχήμα 58: Οθόνη του setup για επιλογή προορισμού	99
Σχήμα 59: Οθόνη του setup για πληροφορίες χωρητικότητας του προγράμματος ...	100
Σχήμα 60: Οθόνη του setup για συνέχεια εγκατάστασης μετά από τις ρυθμίσεις.....	100
Σχήμα 61: Οθόνη του setup με πορεία εγκατάστασης προς την ολοκλήρωση.....	101
Σχήμα 62: Γραφική απεικόνιση πραγματικής και προβλεπόμενης κατανάλωσης	103
Σχήμα 63: Σφάλματα ανά έτος	104

Σχήμα 64: Κατανομή σφαλμάτων	105
Σχήμα 65: Γραφική απεικόνιση πραγματικών και προβλεπόμενων τιμών.....	107
Σχήμα 66: Σφάλματα ανά έτος	108
Σχήμα 67: Κατανομή σφαλμάτων	108
Σχήμα 68: Γραφική απεικόνιση πραγματικών και προβλεπόμενων τιμών.....	110
Σχήμα 69: Σφάλματα ανά έτος	110
Σχήμα 70: Γραφική απεικόνιση πραγματικών και προβλεπόμενων τιμών.....	115

Λίστα πινάκων

Πίνακας 1: Ανάλυση συσχετίσεων των δεδομένων.....	32
Πίνακας 2: Ανάλυση συσχετίσεων με υστέρηση των παραγόντων.....	33
Πίνακας 3: Ανάλυση συσχετίσεων δεδομένων.....	35
Πίνακας 4: Πρόβλεψη της κατανάλωσης τσιμέντου με κινητό μέσο όρο 3 και 5 ετών	37
Πίνακας 5: Σύγκριση των σφαλμάτων πρόβλεψης για τον κινητό μέσο όρο.....	38
Πίνακας 6: Πρόβλεψη της ζήτησης παπουτσιών με εκθετική εξομάλυνση	40
Πίνακας 7: Σύγκριση των σφαλμάτων πρόβλεψης για την εκθετική εξομάλυνση.....	40
Πίνακας 8: Πρόβλεψη μιας σειράς με τάση χρησιμοποιώντας απλή εκθετική εξομάλυνση.....	41
Πίνακας 9: Δεδομένα Κατανάλωση Τσιμέντου σε τρίμηνα	44
Πίνακας 10: Παράγοντες εξομάλυνσης και πρόβλεψη με τη μέθοδο Winter	45
Πίνακας 11: Κατανάλωση Τσιμέντου σε τρίμηνα.....	49
Πίνακας 12: Κατανάλωσης Τσιμέντου – Κινητός μέσος	50
Πίνακας 13: Κατανάλωση Τσιμέντου - Εποχικότητα	51
Πίνακας 14: Εποχικότητα ανά τρίμηνο	51
Πίνακας 15: Κανονικοποιημένη εποχικότητα ανά τρίμηνο.....	51
Πίνακας 16: Μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων.....	55
Πίνακας 17: Υπολογισμοί για τον συντελεστή συσχέτισης	55
Πίνακας 18: Σφάλμα πρόβλεψης	56
Πίνακας 19: Ορισμός μεταβλητών βασικού μοντέλου.....	60
Πίνακας 20: Συντελεστές παραγόντων του βασικού μοντέλου.....	63
Πίνακας 21: Πραγματικές και προβλεπόμενες τιμές για το βασικό μοντέλο	65
Πίνακας 22: Δείκτες σφαλμάτων και προσαρμογής του βασικού μοντέλου.....	65
Πίνακας 23: Ορισμός μεταβλητών του μοντέλου διαφορών.....	67
Πίνακας 24: Μονάδες των συντελεστών των παραγόντων του μοντέλου διαφορών..	68
Πίνακας 25: Πραγματικές και προβλεπόμενες τιμές του μοντέλου διαφορών	70
Πίνακας 26: Δείκτες σφαλμάτων και προσαρμογής του μοντέλου διαφορών	70
Πίνακας 27: Μεταβλητές του μη γραμμικού μοντέλου.....	73
Πίνακας 28: Πίνακας βαρών των συντελεστών.....	77
Πίνακας 29: Παράδειγμα εφαρμογής του μοντέλου για το έτος 2000	80

Πίνακας 30: Πραγματικές και προβλεπόμενες τιμές του μοντέλου ποιοτικής παλινδρόμησης.....	81
Πίνακας 31: Δείκτες σφαλμάτων και προσαρμογής ποιοτικής παλινδρόμησης	82
Πίνακας 32: Μορφή παραγόντων στη βηματική παλινδρόμηση με % μεταβολή	102
Πίνακας 33: Συντελεστές παραγόντων βηματικής παλινδρόμησης με % μεταβολή.....	103
Πίνακας 34: Πραγματική και προβλεπόμενη τιμή της Κατανάλωσης ανά έτος	104
Πίνακας 35: Δείκτες σφαλμάτων και προσαρμογής βηματικής παλινδρόμησης για % μεταβολή	105
Πίνακας 36: Μορφή παραγόντων με βηματική υστέρηση	106
Πίνακας 37: Συντελεστές παραγόντων βηματικής παλινδρόμησης με υστέρηση....	106
Πίνακας 38: Πραγματική και προβλεπόμενη τιμή Κατανάλωσης.....	108
Πίνακας 39: Δείκτες σφαλμάτων και προσαρμογής βηματικής παλινδρόμησης με υστέρηση.....	108
Πίνακας 40: Συντελεστές παραγόντων	109
Πίνακας 41: Πραγματικές και προβλεπόμενες τιμές	110
Πίνακας 42: Δείκτες σφαλμάτων και προσαρμογής.....	111
Πίνακας 43: Πρώτο σενάριο δεδομένων	111
Πίνακας 44: Δεύτερο σενάριο δεδομένων	112
Πίνακας 45: Τιμές πρόβλεψης της Κατανάλωσης Τσιμέντου για το πρώτο σενάριο δεδομένων	112
Πίνακας 46: Τιμές πρόβλεψης της Κατανάλωσης Τσιμέντου για το δεύτερο σενάριο δεδομένων	112
Πίνακας 47: Συγκεντρωτικός πίνακας πραγματικών και προβλεπόμενων τιμών.....	114
Πίνακας 48: Συγκεντρωτικό πίνακας δεικτών σφαλμάτων και προσαρμογής.....	115
Πίνακας 49: Δεδομένα Κατανάλωσης Τσιμέντου στην Ελληνική επικράτεια.....	118
Πίνακας 50: Δεδομένα Συνολικού Πληθυσμού.....	119
Πίνακας 51: Δεδομένα Πληθυσμού 0-14.....	120
Πίνακας 52: Δεδομένα Αστικού Πληθυσμού	121
Πίνακας 53: Δεδομένα Άνεργου Πληθυσμού στην Ελληνική επικράτεια	122
Πίνακας 54: Δεδομένα ΑΕΠ.....	123
Πίνακας 55: Δεδομένα Κατά Κεφαλή Εισόδημα	124
Πίνακας 56: Δεδομένα Τριτογενή Τομέα	125
Πίνακας 57: Διάρθρωση ΑΕΠ	126
Πίνακας 58: Δεδομένα Άδηλων Πόρων	127

Πίνακας 59: Δεδομένα Εισροών Κεφαλαίων	128
Πίνακας 60: Δεδομένα Δημόσιων Επενδύσεων	129
Πίνακας 61: Δεδομένα Ιδιωτικών Επενδύσεων	130
Πίνακας 62: Δεδομένα Τραπεζικών Επιτοκίων Στεγαστικών Δανείων	131
Πίνακας 63: Δεδομένα Συντελεστή Χρήσης Τσιμέντου	132
Πίνακας 64: Συντελεστές στις παραλλαγές του βασικού μοντέλου πρόβλεψης	133
Πίνακας 65: Πραγματική και προβλεπόμενη Κατανάλωση Τσιμέντου των παραλλαγών του βασικού μοντέλου πρόβλεψης(σε χιλιάδες τόνους).....	134
Πίνακας 66: Δείκτες σφαλμάτων και προσαρμογής των παραλλαγών του βασικού μοντέλου πρόβλεψης	134
Πίνακας 67: Συντελεστές στις παραλλαγές του μοντέλου διαφορών.....	135
Πίνακας 68: Πραγματική και προβλεπόμενη κατανάλωση των παραλλαγών του μοντέλου διαφορών (σε χιλιάδες τόνους)	136
Πίνακας 69: Δείκτες σφαλμάτων και προσαρμογής των παραλλαγών του μοντέλου διαφορών.....	136

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Σκοπός

Σκοπός της παρούσης διπλωματικής εργασίας είναι η θεωρητική έρευνα μοντέλων πρόβλεψης και η ανάπτυξη ενός πληροφοριακού συστήματος για την πρόβλεψη. Τα συγκεκριμένα μοντέλα πρόβλεψης βασίζονται σε μεθόδους γραμμικής και μη-γραμμικής ανάλυσης παλινδρόμησης. Βασική προϋπόθεση τόσο της θεωρητικής μελέτης των μοντέλων πρόβλεψης όσο και της ανάπτυξης του πληροφοριακού συστήματος είναι η ανάλυση των δεδομένων που επηρεάζουν την πρόβλεψη.

Η ανάπτυξη του πληροφοριακού συστήματος αιτιολογείται από την αναγκαιότητα ύπαρξης ενός εργαλείου, το οποίο θα είναι σε θέση να υποστηρίξει τις αποφάσεις του συγκεκριμένου χρήστη, με επιστημονικό τρόπο. Ένα τέτοιο σύστημα δίνει τη δυνατότητα ανάπτυξης ενός εργαλείου το οποίο θα είναι προσαρμοσμένο με ακρίβεια σε ένα σύνολο απαιτήσεων του αποφασίζοντα όπως η ερμηνεία των αποτελεσμάτων, η ανάλυση των τάσεων της αγοράς, ποιότητα αποτελεσμάτων.

Η διαδικασία σχεδιασμού του προτεινόμενου συστήματος προϋποθέτει την ανάπτυξη και τη μελέτη μιας μεθοδολογίας πρόβλεψης, γεγονός που αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα οφέλη της υλοποίησης του έργου, δεδομένης της πληθώρας διαφορετικής φιλοσοφίας μαθηματικών μοντέλων και εργαλείων πρόβλεψης.

Έτσι, το σημαντικότερο χαρακτηριστικό του προτεινόμενου πληροφοριακού συστήματος αποτελεί η ενσωμάτωση ενός αιτιοκρατικού πολυδιάστατου μοντέλου πρόβλεψης. Η χρήση ενός μοντέλου πρόβλεψης πολλαπλών μεταβλητών κρίνεται απαραίτητη λόγω επιρροής της κατανάλωσης τσιμέντου από ένα σύνολο ανεξάρτητων παραγόντων. Επιπρόσθετα, το αιτιοκρατικό μοντέλο πρόβλεψης παρουσιάζει ένα σύνολο σημαντικών πλεονεκτημάτων, όπως:

1. Η καλύτερη ευστάθεια των αποτελεσμάτων, η οποία επιτυγχάνεται με τη φάση ανάλυσης μεταβελτιστοποίησης, δεδομένου ότι οι προβλέψεις βασίζονται σε ένα σύνολο επιμέρους παραγόντων. Με την ανάλυση μεταβελτιστοποίησης δίνεται η δυνατότητα ελέγχου του επίπεδου προσαρμογής των αποτελεσμάτων.
2. Η δυνατότητα καλύτερης μελέτης των παραγόντων που επηρεάζουν την Κατανάλωση Τσιμέντου. Μπορούμε δηλαδή να αναλύσουμε, να μεταβάλουμε και να αναθεωρήσουμε τους παράγοντες που επιλέξαμε.
3. Η ποσοτική μέτρηση της σημαντικότητας αυτής της επιρροής. Βλέπουμε το ποσοστό με το οποίο επηρεάζουν οι παράγοντες που επιλέχτηκαν την Κατανάλωση Τσιμέντου.

Το προτεινόμενο πληροφοριακό σύστημα αποτελεί ουσιαστικά ένα ολοκληρωμένο Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων, το οποίο βασίζεται σε μεθόδους γραμμικής και μη γραμμικής ανάλυσης παλινδρόμησης και το οποίο έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Υψηλός βαθμός αυτοματοποίησης
- Ανάλυση προβλέψεων σε πραγματικό χρόνο (real time)
- Αλληλεπιδραστική επικοινωνία χρήστη και συστήματος (interactive)
- Παραμετροποίηση του συστήματος στις ανάγκες του αποφασίζοντα
- Χρήση προηγμένων τεχνικών οπτικοποίησης (visualization)

Ο αλληλεπιδραστικός χαρακτήρας ανάμεσα στον χρήστη και στο προτεινόμενο λογισμικό αποτελεί ένα επίσης από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του πληροφοριακού συστήματος. Η αλληλεπιδραστική αυτή αφενός συνεπάγεται έναν υψηλό βαθμό παραμετροποίησης του συστήματος και αφετέρου δίνει την δυνατότητα προχωρημένων αναλύσεων σε έμπειρους χρήστες (π.χ. ανάλυση μεταβελτιστοποίησης, μελέτη σεναρίων, κλπ).

Συγκεκριμένα, στην αναφορά της διπλωματικής εργασίας που ακολουθεί θέλουμε να προβλέψουμε την Κατανάλωση Τσιμέντου στην Ελλάδα για την ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ. Αρχικά, αναλύουμε τα στοιχεία τα οποία μας παρείχε η εταιρία, στη συνέχεια μοντελοποιούμε το πρόβλημα της πρόβλεψης, αναπτύσσουμε μοντέλα πρόβλεψης και επιλύουμε με αυτά το πρόβλημα. Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται αφορούν βασικά οικονομικά και πληθυσμιακά μεγέθη των τελευταίων 40 ετών σε πανελλαδική κλίμακα.

1.2 Γιατί μελετάμε την πρόβλεψη

Στη διοίκηση και στη διαχείριση των επιχειρήσεων και των μεγάλων οργανισμών, η ανάγκη για σχεδιασμό και έλεγχο είναι ιδιαίτερα επιτακτική γιατί ο χρόνος που απαιτείται για μια διοικητική απόφαση κυμαίνεται από αρκετά χρόνια (όπως στην περίπτωση μιας κατασκευής ενός εργοστασίου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας) ως λίγες μόνο ημέρες ή ώρες (όπως στην περίπτωση του προσδιορισμού των επιπέδων παραγωγής και αποθεμάτων). Πληροφορίες που προέρχονται από προβλέψεις αναφορικά με μελλοντικά γεγονότα αποτελούν συνήθως κρίσιμη εισροή στο πλατύ φάσμα των διαχειριστικών και διευθυντικών αποφάσεων, αφού οι αποφάσεις για τα σημερινά σχέδια εξαρτώνται από τις μελλοντικές προσδοκίες.

Ενώ η πρόβλεψη είναι σημαντικός παράγοντας, εν τούτοις μερικοί αναρωτιούνται για το κύρος, την αξιοπιστία και την αποτελεσματικότητα ενός γνωστικού κλάδου που ασχολείται με την πρόβλεψη μελλοντικών γεγονότων. Συχνά το ερώτημα αυτό ανακύπτει εξαιτίας της αποτυχίας αναγνώρισης της προόδου, που έχει αναφορικά με τις επιχειρηματικές προβλέψεις κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Πολλές είναι οι εταιρίες που δεν ασχολούνται με την πρόβλεψη γιατί εξακολουθούν να πιστεύουν πως ούτε το μέλλον επιφυλάσσει σημαντικές αλλαγές, ούτε ότι θα υπάρξει αρκετός χρόνος-στο μέλλον- που θα επιτρέπει σε μια εταιρία ή σε ένα άτομο, μετά το γεγονός, να αντιδράσει στις αλλαγές των γεγονότων. Ακόμη, κάποιες άλλες εταιρίες δεν χρησιμοποιούν την πρόβλεψη γιατί ίσως απλά αγνοούν την ανάγκη της, ή για παράδειγμα, επειδή η εταιρία φάνηκε τυχερή και δεν παρουσίασε υπερβολικά αποθέματα ή απώλειες πωλήσεων. Όλοι οι οργανισμοί, εν τούτοις, λειτουργούν μέσα σε μια ατμόσφαιρα αβεβαιότητας σε ότι αφορά τα μελλοντικά γεγονότα και είναι υποχρεωμένοι να παίρνουν αποφάσεις με δεδομένη αυτή την αβεβαιότητα. Οι επιλογές που στηρίζονται σε επιστημονικές αναλύσεις αναφορικά με τα μελλοντικά γεγονότα έχουν μεγαλύτερη αξία για εκείνους που παίρνουν τις αποφάσεις και λειτουργούν σε κλίμα αβεβαιότητας από ότι οι μη επιστημονικές μαντείες. Επομένως, η ικανότητα πρόβλεψης των μελλοντικών γεγονότων με ακρίβεια, είναι ένα απαραίτητο μέρος του σημερινού πολύπλοκου διευθυντικού σχεδιασμού και ελέγχου.

Οι προβλέψεις αποτελούν αριθμητικούς υπολογισμούς των μελλοντικών επιπέδων των πωλήσεων, της ζήτησης, των επενδύσεων, του κόστους, των εξαγωγών, των τιμών, ανάμεσα σε άλλα για μια εταιρία, μια βιομηχανία, ένα φορέα της οικονομίας ή τη συνολική οικονομία.

Σκοπός της πρόβλεψης είναι να βοηθήσει τη διεύθυνση να προγραμματίσει τις απαιτήσεις για μάρκετινγκ, των πρώτων υλών, του προσωπικού, της παραγωγής, των υπηρεσιών, της απόκτησης κεφαλαίου και της δημιουργίας εγκαταστάσεων, των βραχυχρόνιων απαιτήσεων για χρηματοδότηση κτλ. Οι έξυπνες, επιστημονικές και καλά προετοιμασμένες προβλέψεις θα πρέπει να είναι ακριβείς ώστε να επιτρέπουν καλύτερο σχεδιασμό και έλεγχο από ότι θα γινόταν χωρίς αυτές.

1.3 Το τσιμέντο

1.3.1 Γενικά χαρακτηριστικά τσιμέντου

Το τσιμέντο είναι οικοδομικό υλικό με μορφή γκριζοπράσινης λεπτής σκόνης, ειδικού βάρους $3,10-3,25 \text{ gr /cm}^3$ που σχηματίζει με το νερό λάσπη και όταν στερεοποιηθεί μπορεί να συσσωματώσει και άλλα υλικά και να δώσει σκληρή μάζα αδιαπέραστη από το νερό.

Το τσιμέντο διακρίνεται σε αργιλούχο τσιμέντο, τσιμέντο βραδείας πήξης, τσιμέντο λευκό, τσιμέντο μεταλλουργικό, τσιμέντο οξύμαχο, τσιμέντο Portland ή τεχνικό τσιμέντο, τσιμέντο σορέλ, τσιμέντο υδραυλικό και τσιμέντο φυσικό.

Όταν χύσουμε το τσιμέντο σε κατάλληλα καλούπια, κατασκευάζουμε τους τσιμεντοσωλήνες και διάφορα άλλα είδη, τα οποία είναι στεγανά και στερεά όπως ο σίδηρος. Όταν ανακατέψουμε τσιμέντο με ασβέστη κατασκευάζουμε τους τσιμεντόλιθους ή τσιμεντόπλινθους σε κανονικά παραλληλεπίπεδα σχήματα, κούφια στο εσωτερικό, που είναι στέρεοι όπως και η πέτρα.

1.3.2 Ιστορική αναδρομή

Οι αρχαίοι Ρωμαίοι έχτισαν πολυάριθμους δρόμους, υδραγωγεία και τείχη που στην πραγματικότητα τα χρησιμοποιούν ακόμη και σήμερα. Η ανθεκτικότητα τους αυτή δεν οφείλεται μόνο στο εξαιρετικό σχέδιό τους και στον προσεχτικά επεξεργασμένο λίθο και στο τούβλο από τα οποία είναι κατασκευασμένα, αλλά εξ αιτίας της εκτεταμένης χρήσης που έκαναν οι Ρωμαίοι μιας πρωταρχικής μορφής τσιμέντου, κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορούν να συγκρατηθούν μεταξύ τους αυτοί οι ογκόλιθοι.

Πολλά διαφορετικά είδη από συγκολλητικές ουσίες, κόλλες και στόκους χρησιμοποιούνται για την συγκόλληση δυο πραγμάτων. Τα είδη αυτά συνήθως σκληραίνουν όταν εκτεθούν στον αέρα ή αναμειχθούν με μια ειδική ουσία που ονομάζεται σκληρυντικό. Τα τσιμέντα είναι μια οικογένεια ψιλά κονιοποιημένων σκονών που στερεοποιούνται όταν αναμειχθούν με νερό. Μερικές φορές χρησιμοποιούνται ως συγκολλητικά, όπως το κονίαμα που πληρεί τα κενά ανάμεσα στα πλακάκια του μπάνιου ή κατά την επίθεση των στρώσεων από τούβλα. Συνήθως όμως αναμειγνύονται με άμμο, χαλίκι ή κονιορτοποιημένη πέτρα για να σχηματίσουν το σκυρόδεμα, ένα από τα παλαιότερα καθώς και τα πιο ευρέως χρησιμοποιημένα οικοδομικά υλικά.

Η ανακάλυψη από αρχαιολόγους αρχαίων κλιβάνων μαρτυρεί ότι το ασβεστοτσιμέντο κατασκευαζόταν από ασβεστόλιθο για πάνω από 5000 χρόνια (ασβέστιο αναμειγμένο με άμμο, είναι όμοιο με το σημερινό γύψο). Οι αρχαίοι Ρωμαίοι εξελίχθηκαν ειδικά καλοί σε αυτόν το είδος, αναμειγνύοντας τσιμέντο με

ηφαιστειακή γη και συνθλιμμένα κεραμίδια για τα υδραγωγεία τους και άλλες κατασκευές. Η κατασκευή του τσιμέντου παρέμεινε ουσιαστικά ίδια από τους Ρωμαϊκούς χρόνους μέχρι τον 18^ο αιώνα. Σήμερα, το πιο κοινό είδος τσιμέντου είναι το τσιμέντο Portland, φτιαγμένο το 1824 σύμφωνα με μια διαδικασία πατενταρισμένη από τον Άγγλο οικοδόμο Joseph Aspdin. Το τσιμέντο Portland έχει αντικαταστήσει άλλα είδη τσιμέντου σε μεγάλο βαθμό, αν και ορισμένα είδη, όπως αυτό με υψηλή περιεκτικότητα αλουμινίου και αυτό με περιεκτικότητα λάσπης, χρησιμοποιούνται για ειδικούς σκοπούς.

1.3.3 Παρασκευή τσιμέντου

Δεν υπάρχει καμία γενική φόρμουλα για την τσιμεντοκονία. Είναι ένα μίγμα πολλών διαφορετικών υλικών σε διαφορετικές αναλογίες. Καθένα από αυτά τα υλικά παίζει ένα ρόλο στις διαφορετικές ιδιότητες του σκληρυνθέντος τσιμέντου. Οι ιδιότητες αυτές συμπεριλαμβάνουν την ταχύτητα της σκλήρυνσης, την αντοχή του τσιμέντου, για πόσο δηλαδή χρονικό διάστημα διατηρεί την αντοχή του, την ικανότητα του να αντιστέκεται στην επίδραση των χημικών, το πόση θερμότητα αποδίδει, ενώ σκληραίνει και αν μπορεί να σκληρύνει στο νερό. Προτού διαλέξει τσιμέντο π αρχιτέκτονας, πρέπει να λάβει υπόψη καθεμία από αυτές τις ιδιότητες υπό το φως των ειδικών απαιτήσεων του τεχνικού έργου.

Η διαδικασία παρασκευής τσιμέντου αποτελείται από 3 βασικά βήματα. Το πρώτο βήμα συνιστάται στην επιλογή, στη ρύθμιση της αναλογίας και στην άλεση των δυο κύριων ακατέργαστων υλών του τσιμέντου. Μια από αυτές είναι κάποια ύλη που περιέχει ανθρακικό ασβέστιο, όπως ο ασβεστόλιθος, η κιμωλία ή τα όστρακα. Η άλλη είναι κάποια ουσία που περιέχει πυριτικό άργιλο, όπως ο πηλός, ο αργιλικός σχιστόλιθος ή ο σχιστόλιθος. Η σωστή ποσότητα από την καθεμία, καθώς και των αναπόφευκτων προσμιξέων, πρέπει να ελέγχεται προσεκτικά για να παραχθούν οι επιθυμητές ποιότητες. Η παρουσία του σιδήρου, για παράδειγμα, δίνει στο τσιμέντο ένα γκρι χρώμα, έτσι πρέπει να αφαιρεθεί όταν χρειάζεται κανείς λευκό τσιμέντο. Αυτές οι ακατέργαστες ύλες αλέθονται και γίνονται μία απαλή σκόνη για να τις ετοιμάσουν για το επόμενο βήμα.

Στο δεύτερο βήμα, αυτές οι αλεσμένες ακατέργαστες ύλες ψήνονται σε έναν κλίβανο, σε θερμοκρασίες που ποικίλλουν από 1300 μέχρι 1500 °C. Όταν τα δυο υλικά ψηθούν σε αυτές τις υψηλές θερμοκρασίες, συντήκονται μεταξύ τους χημικά, χωρίς να λειώσουν. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται όπτηση και παράγει πέτρες σε μέγεθος καρυδιού που ονομάζονται κλίνκερ (clinker).

Στο τρίτο και τελευταίο βήμα, τα clinker ψύχονται και αναμιγνύονται σε μια μικρή ποσότητα γύψου, η οποία ελέγχει το πόσο γρήγορα σκληραίνει το μείγμα. Τα clinker και ο γύψος αλέθονται μαζί σε λεπτή σκόνη, πιο λεπτή και από το αλεύρι. Το τελικό μείγμα είναι το τσιμέντο Portland.

1.3.4 Διαδικασία σκλήρυνσεως

Όταν το νερό προστεθεί σε αυτό το δείγμα, η σωστή ποσότητα είναι σχεδόν το μισό βάρους του τσιμέντου, λαμβάνει χώρα μια χημική αντίδραση. Η σκλήρυνση του μείγματος προκαλείται από ορισμένες διεργασίες που συμβαίνουν στους πολύ μικρούς κόκκους τσιμέντου κατά τη διάρκεια αυτής της χημικής διαδικασίας σκλήρυνσεως. Η διαδικασία αυτή γίνεται σε δυο στάδια.

Το πρώτο στάδιο αρχίζει, όταν η τσιμεντοκονία και το νερό αναμιχθούν. Αν και το τσιμέντο είναι μια λεπτή σκόνη, κάτω από ένα μικροσκόπιο μπορούμε να δούμε ότι αποτελείται από μικρούς κόκκους, όπως είναι για παράδειγμα οι μικροσκοπικοί κόκκοι της άμμου. Όταν προστεθεί νερό, αυτοί οι μικροί κόκκοι επικαλύπτονται με ένα λεπτό στρώμα ζελέ. Το ζελέ αυτό που επικαλύπτει κάθε κόκκο σιγά-σιγά παχιάνει, μέχρις ότου οι στρώσεις που περιβάλλουν κάθε κόκκο αρχίζουν να αγγίζουν και να κολλάει ο ένας τον άλλο. Μέσα σε 2 ώρες, το μείγμα έχει σχηματίσει μια παχιά, λασπώδη κολλοειδή ουσία που ονομάζεται πολτός τσιμεντοκονίας.

Το δεύτερο στάδιο αρχίζει μετά από 3 με 5 ώρες και αφού το μίγμα έχει παρασκευαστεί. Το λεπτό στρώμα γύρω από κάθε κόκκο αρχίζει να αναπτύσσει μικρά αγκάθια, τα οποία επεκτείνονται προς την εξωτερική πλευρά του κόκκου. Κάτω από ένα ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, κάθε κόκκος φαίνεται σε αυτό το σημείο όπως ένας μικροσκοπικός ακανθόχοιρος ή όπως ένα ακανθωτό κομμάτι κοραλλιού. Τα αγκάθια αυτά είναι κενοί σωλήνες που ονομάζονται βελόνες και καθώς η αντίδραση προχωράει, αναπτύσσονται περισσότερα και μακρύτερα και αρχίζουν να εμπλέκονται μεταξύ τους. Τελικά σχηματίζεται ένα παχύ, αλληλοσυμπλεκόμενο δίκτυο από αυτές τις βελόνες, καθιστώντας το μείγμα ακόμη πιο άκαμπτο. Μετά από μερικές ακόμη ώρες, το μείγμα γίνεται σκληρό σαν πέτρα. Μόνο τα τελευταία χρόνια η χημική αυτή διαδικασία έχει περιγραφεί με ακρίβεια, χάρις στα ηλεκτρονικά μικροσκόπια και στις προηγούμενες χημικές ερευνητικές τεχνικές. Τώρα που η διαδικασία έγινε κατανοητή, μπορεί να είναι δυνατό για τους επιστήμονες να μάθουν πως να την τροποποιήσουν, ώστε να παρασκευάσουν καλύτερο τσιμέντο, όπως ακριβώς η κατανόηση της υφής των μετάλλων τους βοήθησε να αναπτύξουν καλύτερους χάλυβες. Περισσότερες βελτιώσεις στην αντοχή, στην ταχύτητα σκληρύνσεως και στην αντίσταση στη φθορά, είναι σχεδόν σίγουρο ότι μας επιφυλάσσονται στο μέλλον γι' αυτό το δημοφιλές δομικό υλικό.

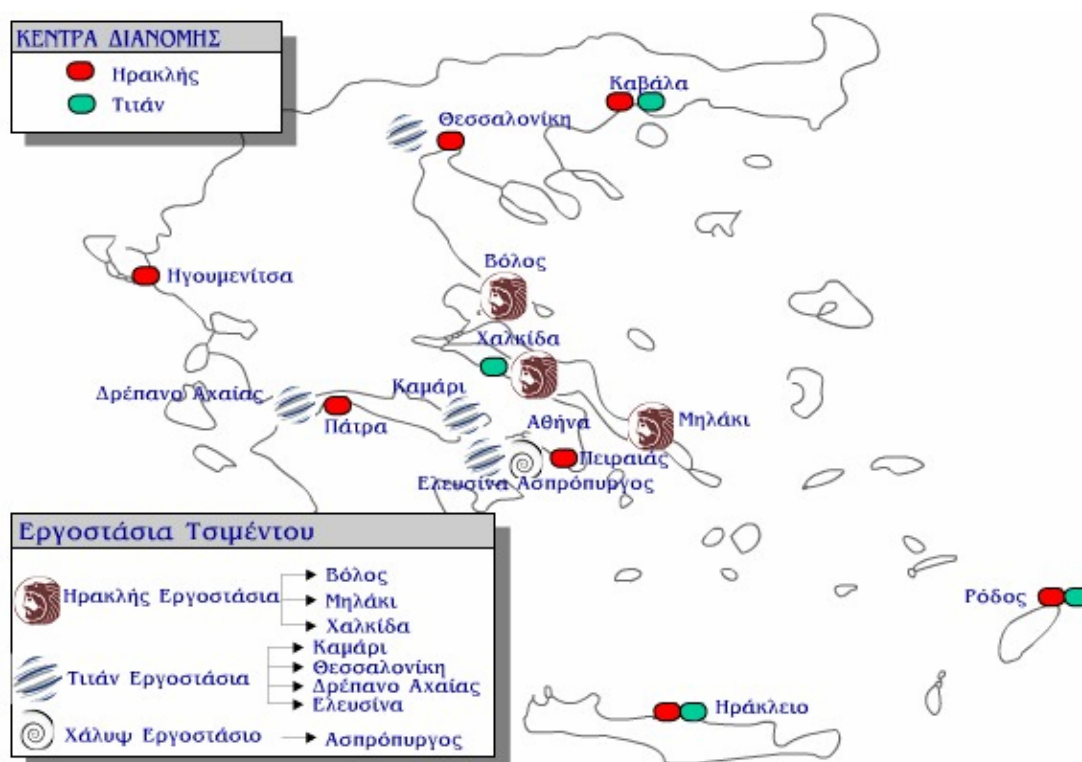
1.3.5 Τύποι τσιμέντου

- **Portland:** Παριστάνει το 70-80% της παραγωγής των υδραυλικών ενώσεων. Προϊόν της οπτικής ασβεστόλιθου και πηλού. Έχει αργή επενέργεια και χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος.
- **Πιτιολίτιδας γης:** Λαμβάνεται αναμειγνύοντας clinker με πιτιολίτιδα γη. Είναι μια υδραυλική ένωση εξαιρετικών χαρακτηριστικών, πολύ κατάλληλων για φράγματα και ογκώδη έργα.
- **Υψικαμίνου :** Λαμβάνεται αναμειγνύοντας καθαρά clinker τσιμέντου με υπολείμματα υψικαμίνου, λαμβανόμενα κατά την παραγωγή του χυτοσιδήρου. Κατάλληλο για επιστρώσεις οδών και για ουδέτερες κατασκευές στο νερό.
- **Αλουμινιούχο :** Λαμβάνεται με τήξη ενός μείγματος αλουμίνας, πυριτίου και οξειδίου του ασβεστίου ή ανθρακικού ασβεστίου. Κατάλληλο, λόγω της ταχείας τήξης του, για επείγουσες εργασίες, όπως επισκευή οδών, σιδηροδρομικών γραμμών και υδραυλικών έργων.
- **Σιδηρούχο:** Είναι τα τσιμέντα Portland παραγόμενα με πρώτες ύλες πτωχές σε αλουμίνα. Χρησιμοποιούνται από οπλισμένο σκυρόδεμα για όξινα διαλύματα. Η υψηλή τιμή του περιορίζει την χρήση του.

1.4 Η αγορά τσιμέντου στην Ελλάδα

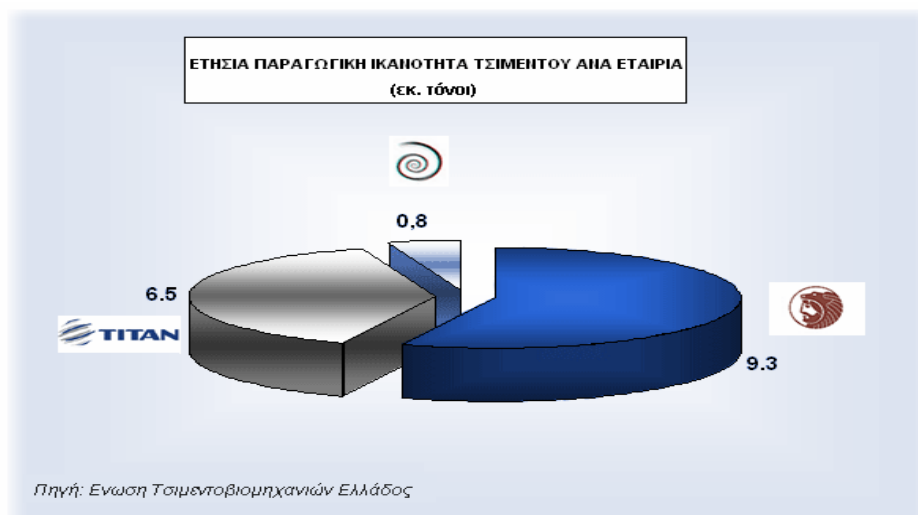
Σύμφωνα με τις τελευταίες καταγραφές, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια συνεχή αύξηση της Κατανάλωσης Τσιμέντου στην Ελλάδα και η οποία συνεχίζεται μέχρι και σήμερα. Το έτος 2001, μάλιστα, ήταν μία χρονιά ρεκόρ για την Κατανάλωση Τσιμέντου, με μια αύξηση της τάξης του 4,5% σε σχέση με την κατανάλωση του 2000. Κύρια αίτια αυτής της αύξησης ήταν οι υψηλοί ρυθμοί ανάπτυξης στην Ελλάδα και τα έργα υποδομής σε ολόκληρη τη χώρα.

Παράλληλα με την ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ, στην Ελλάδα δραστηριοποιούνται και άλλες εταιρίες παραγωγής τσιμέντου, όπως η Ανώνυμος Εταιρία Τσιμέντων «ΤΙΤΑΝ» και η ΧΑΛΥΨ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ Α.Ε.. Τα κέντρα διανομής καθώς και τα εργοστάσια αυτών κατανέμονται στον ελλαδικό χώρο ως εξής :



Σχήμα 1: Κέντρα διανομής και εργοστάσια εταιριών τσιμέντου στην Ελλάδα

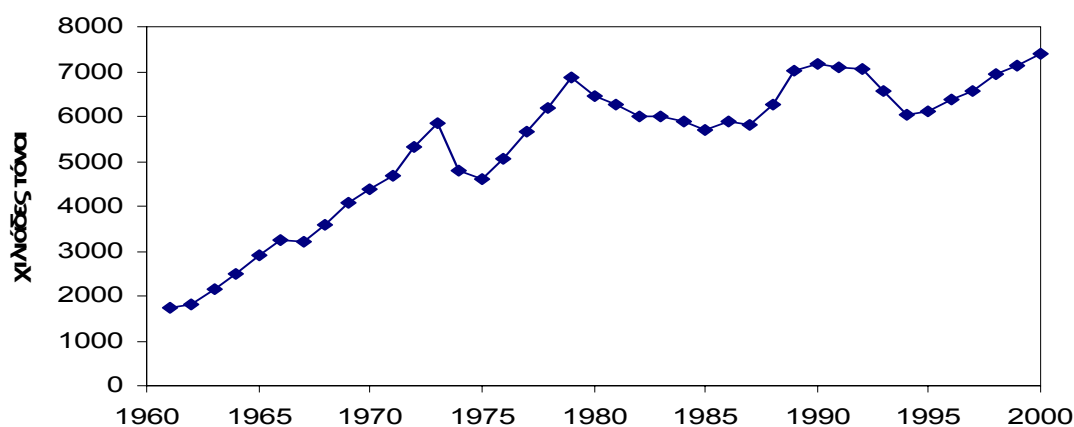
Αν παρατηρήσουμε τη δράση των εταιριών αυτών ως προς την παραγωγική τους ικανότητα, βλέπουμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό παραγωγής το κατέχει η ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ με 9.3 εκ. τόνους /έτος, την ακολουθεί η «ΤΙΤΑΝ» με 6.5 εκ. τόνους/έτος και τέλος η «ΧΑΛΥΨ» με 0.8 εκ. τόνους/ έτος.



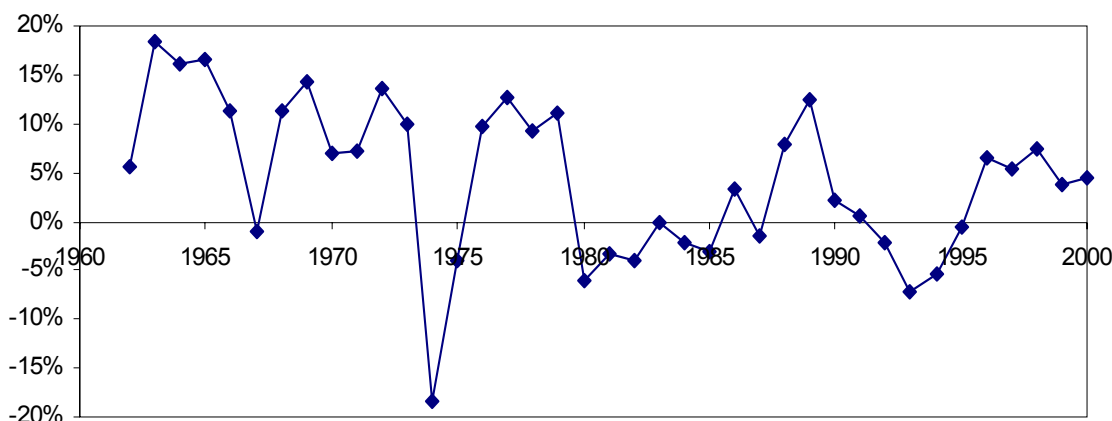
Σχήμα 2: Ετήσια παραγωγική ικανότητα τσιμέντου ανά εταιρία

Οι συνολικές παραδόσεις του κλάδου υπολογίζεται ότι ανήλθαν σε 9,3 εκατομμύρια τόνους, διαμορφώνοντας το δείκτη της κατά κεφαλήν κατανάλωσης σε 900 κιλά, που είναι ένας από τους υψηλότερους της Ευρώπης. Τη μεγαλύτερη αύξηση της κατανάλωσης παρουσίασε ο νομός Αττικής, λόγω της κατασκευής μεγάλων δημοσίων έργων (όπως η Αττική Οδός, η κάλυψη του Κηφισού ποταμού) καθώς και λόγω των Ολυμπιακών Έργων όπως επίσης και λόγω της υψηλής δραστηριότητας στις ιδιωτικές οικοδομές, αυξάνοντας έτσι σημαντικά τη ζήτηση τσιμέντου, πάνω από 8%. Υψηλοί ρυθμοί οικοδομικής δραστηριότητας παρουσιάστηκαν επίσης στην Κρήτη, στη Θράκη και την Ήπειρο, συγκριτικά με το 2000.

Η Κατανάλωση Τσιμέντου παρουσιάζει μια αυξητική τάση τα τελευταία 40 χρόνια, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 3). Συγκεκριμένα από το 1960 έως το 1973 και από το 1995 έως το 2000 η κατανάλωση έχει ιδιαίτερα ανοδική τάση ενώ από το 1973 έως το 1995 παρουσιάζει αρκετές αυξομειώσεις.



Σχήμα 3: Κατανάλωση Τσιμέντου



Σχήμα 4: Ετήσια % μεταβολή της Κατανάλωσης Τσιμέντου

Στο σχήμα 4 δίνεται η ετήσια % μεταβολή της κατανάλωσης τσιμέντου, όπου φαίνεται ότι στα πρώτα 20 χρόνια υπάρχουν έντονοι ρυθμοί μεταβολής της κατανάλωσης οι οποίοι όμως τείνουν να μειωθούν κατά την διάρκεια των επόμενων 20 ετών.

1.5 Γενικά για την εταιρία ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ

Το 1911 ιδρύεται στην Αθήνα η Ανώνυμος Βιομηχανική και Εμπορική Εταιρία «Γενική Εταιρία Τσιμέντων» και κατασκευάζεται το πρώτο εργοστάσιο με την ονομασία «ΗΡΑΚΛΗΣ» στον Πειραιά με ετήσια παραγωγική ικανότητα 2000 τόνων.

Το 1919 γίνεται εισαγωγή της εταιρίας στο Χρηματιστήριο Αξιών Αθηνών. Δέκα χρόνια αργότερα το 1929 γίνεται συγχώνευση της εταιρίας με την Ανώνυμη Εταιρία Τσιμέντων Βόλου «Όλυμπος», η οποία διέθετε εργοστάσιο στο Βόλο και η επωνυμία της εταιρίας γίνεται «Ανώνυμος Γενική Εταιρία Τσιμέντων – ΑΓΕΤ». Το 1952 το εργοστάσιο στον Πειραιά επιχορηγείται από το σχέδιο Marshal και η συνολική παραγωγική του ικανότητα ανέρχεται σε 1000 τόνους ημερησίως, ενώ 10 χρόνια αργότερα, το 1962 το ίδιο εργοστάσιο εκσυγχρονίζεται και διπλασιάζεται η παραγωγή του.

Μέσα στα επόμενα 5 χρόνια ξεκινούν τη λειτουργία τους κέντρα διανομής στη Θεσσαλονίκη, στο Ρίο Πατρών, στην Ηγουμενίτσα, στην Καβάλα και στο Ηράκλειο Κρήτης. Το 1973 ξεκινά τη λειτουργία του κέντρο διανομής στη Ρόδο, ενώ τον ίδιο χρόνο ξεκινά η ανέγερση εργοστασίου στα Μέθανα με παραγωγική ικανότητα 4000 τόνων ημερησίως, αναστέλλεται όμως η άδεια λειτουργίας του και ο εξοπλισμός μεταφέρεται στο εργοστάσιο στο Βόλο.

Το 1977 αλλάζει η επωνυμία σε «Ανώνυμος Γενική Εταιρία Τσιμέντων Ηρακλής». Το 1983 λειτουργεί νέο εργοστάσιο στην Εύβοια με το όνομα «Ηρακλής ΙΙ». Το 1996 γίνεται εξαγορά από την ΑΓΕΤ του ομίλου Τσιμέντα Χαλκίδος. Η εταιρία αποκτά το τρίτο της εργοστάσιο στην Χαλκίδα με το όνομα «Ηρακλής ΙΙΙ».

Σήμερα τα κεντρικά γραφεία της εταιρίας βρίσκονται στη Λυκόβρυση Αττικής σε μια έκταση 10000 m². Η συνολική παραγωγική ικανότητα των τριών εργοστασίων της εταιρίας είναι 8,4 εκατομμύρια τόνοι ετησίως. Η εταιρία διαθέτει τα προϊόντα της στην εγχώρια αγορά αλλά και στις κυριότερες ευρωπαϊκές χώρες και στις ΗΠΑ. Για τη διάθεση των προϊόντων έχει αναπτύξει δική της τεχνογνωσία στην παραγωγική διαδικασία, τη διακίνηση και τη μεταφορά του τσιμέντου.

1.6 Περιεχόμενα διπλωματικής εργασίας

Έχοντας ήδη αναλύσει το σκοπό της διπλωματικής αυτής εργασίας και παρουσιάσει γενικά στοιχεία για τον κλάδο του τσιμέντου στην Ελλάδα, τα κεφάλαια που ακολουθούν οργανώνονται ως εξής: στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή και ανάλυση των δεδομένων που μας δόθηκαν από την εταιρία καθώς η στατιστική ανάλυση αυτών που πραγματοποιήθηκε. Στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται και αναλύονται γενικά μοντέλα πρόβλεψης και τίθενται τα μέτρα εκτίμησης και αξιολόγησης της λύσης. Στο τέταρτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η παρουσίαση της ποιοτικής και ποσοτικής ανάλυσης παλινδρόμησης, τα μοντέλα, με τα οποία ολοκληρώθηκε η διαδικασία ανάπτυξης μοντέλων πρόβλεψης καθώς και τα αποτελέσματα που αυτά δίνουν. Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά το πληροφοριακό σύστημα που εμείς αναπτύξαμε, δηλαδή η δομή του η οποία αναλύεται σε δυο μέρη, στο λειτουργικό και στο interface (τρόπος επικοινωνίας του χρήστη με το λειτουργικό). Στο έκτο γίνονται οι προχωρημένες αναλύσεις του προβλήματος της πρόβλεψης. Τέλος, στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζεται η ανασκόπηση και η συγκριτική ανάλυση των μοντέλων που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και οι μελλοντικές επεκτάσεις .

Κεφάλαιο 2: Περιγραφή και ανάλυση δεδομένων

2.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι παράγοντες που σχετίζονται και επηρεάζουν την Κατανάλωση Τσιμέντου. Οι παράγοντες αυτοί είναι πληθυσμιακά κριτήρια (Συνολικός Πληθυσμός, Αστικός Πληθυσμός), οικονομικά μεγέθη (ΑΕΠ, Εισροή Κεφαλαίων, Άδηλοι Πόροι κλπ) καθώς επίσης και κριτήρια που επηρεάζουν αρνητικά την Κατανάλωση Τσιμέντου (Άνεργος Πληθυσμός, Στεγαστικά Επιτόκια). Τέλος, όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο, σημαντικός παράγοντας είναι η Χρήση Τσιμέντου και η Κατανάλωση Τσιμέντου Προηγούμενου Έτους. Τα οικονομικά μεγέθη επιλέχθηκαν με την λογική ότι η αύξηση των τιμών τους οδηγεί σε οικονομική ευημερία και κατά συνέπεια σε αύξηση της οικοδομικής δραστηριότητας. Αντίστοιχα αύξηση των πληθυσμιακών κριτηρίων οδηγεί σε μεγαλύτερη ανάγκη στέγασης και συνεπώς αύξηση της οικοδομικής δραστηριότητας. Τέλος, θεωρήσαμε σαν ανασταλτικούς παράγοντες την Ανεργία και τα Επιτόκια Στεγαστικών Δανείων στα οποία τυχόν αύξηση σημαίνει μείωση της οικοδομικής δραστηριότητας και επομένως μείωση της Κατανάλωσης Τσιμέντου. Συνολικά οι παράγοντες που θα χρησιμοποιήσουμε είναι οι εξής:

1. Συνολικός Πληθυσμός
2. Αστικός Πληθυσμός
3. Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν
4. Τριτογενής Τομέας
5. Άδηλοι Πόροι
6. Εισροή Κεφαλαίων
7. Δημόσιες Επενδύσεις
8. Ιδιωτικές Επενδύσεις
9. Στεγαστικά Επιτόκια
10. Άνεργος Πληθυσμός
11. Χρήση Τσιμέντου
12. Κατανάλωση Τσιμέντου Προηγούμενου Έτους

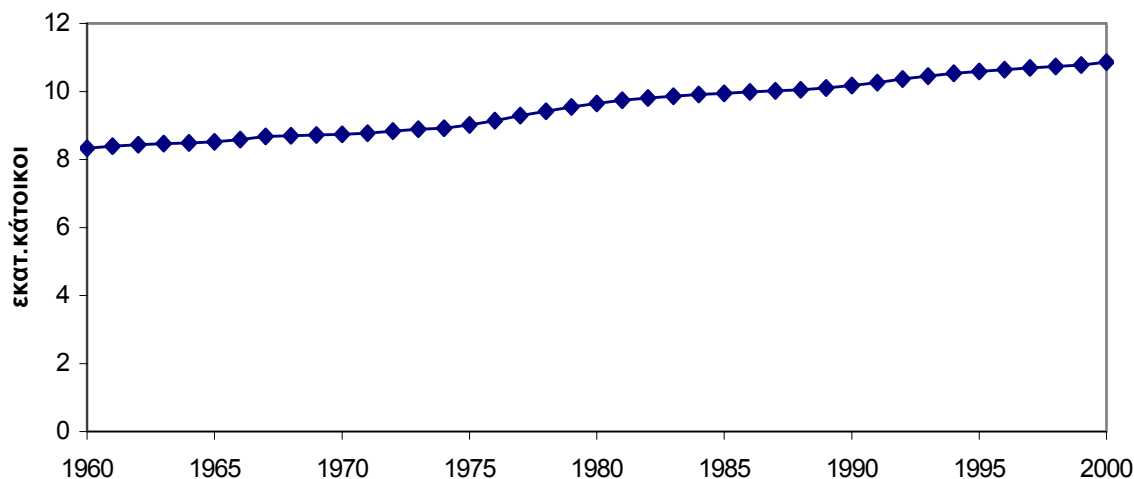
Κατά τη διάρκεια των διερευνήσεων μας χρησιμοποιήσαμε και τους παράγοντες Κατά Κεφαλήν Εισόδημα και Πληθυσμός 0-14 ετών. Και οι δύο αυτοί παράγοντες απορρίφθηκαν επειδή ο μεν πρώτος σχετίζεται και προκύπτει άμεσα από τους παράγοντες ΑΕΠ και Συνολικός Πληθυσμός και ο δεύτερος επειδή μειώνει το μέγεθος των διαθέσιμων δεδομένων καθώς απαιτεί την ύπαρξη μεγάλης χρονικής υστέρησης (25 τουλάχιστον έτη). Να σημειωθεί ότι ενδέχεται να υπάρχουν και άλλοι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την κατανάλωση τσιμέντου είτε θετικά είτε αρνητικά.

Στις παραγράφους που ακολουθούν παρουσιάζεται για τη χρονική περίοδο 1960-2000 τόσο η απόλυτη τιμή των προαναφερθέντων παραγόντων όσο και η % ετήσια μεταβολή αυτών. Τα στοιχεία τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα, δόθηκαν από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία

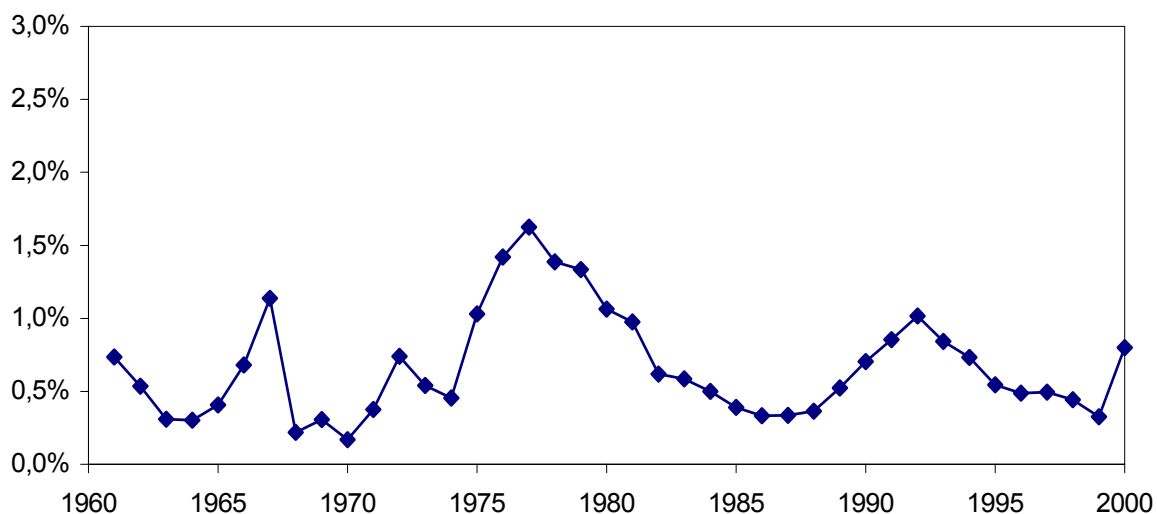
2.2 Συνολικός και Αστικός Πληθυσμός

Τα τελευταία 40 χρόνια παρουσιάζεται στην Ελλάδα μια συνεχώς αυξανόμενη τάση στον Συνολικό Πληθυσμό της χώρας, από 8 περίπου εκατομμύρια κατοίκων το 1960 έως 11 περίπου εκατομμύρια το 2000, σύμφωνα με την τελευταία απογραφή. Η αύξηση του μέσου όρου ζωής αλλά και η νομιμοποίηση ενός τεράστιου όγκου μεταναστών έχουν μεταξύ άλλων συντελέσει σε αυτή την αύξηση του πληθυσμού στη χώρα μας που με τη σειρά της έχει δημιουργήσει την ανάγκη εύρεσης και δημιουργίας περισσότερων και νέων θέσεων κατοικίας και εργασίας, άρα και μεγαλύτερης κατανάλωσης τσιμέντου. Ο Αστικός Πληθυσμός ακολουθεί επίσης μια έντονα αυξητική πορεία, μέσα σε αυτή τη σαρανταετία, και μάλιστα είναι περισσότερος από το μισό του Συνολικού Πληθυσμού και κατανέμεται μεταξύ των μεγαλύτερων πληθυσμιακών κέντρων όπως η Αθήνα, η Θεσσαλονίκη, η Πάτρα, η Λάρισα και το Ηράκλειο. "Τσιμεντουπόλεις" είναι ο χαρακτηριστικός προσδιορισμός που αποδίδεται στις πόλεις αυτές και ο οποίος φανερώνει την ύπαρξη των πολυπληθών πολυκατοικιών προκειμένου να στεγαστούν εκεί οι χιλιάδες των κατοίκων τους.

Το Σχήμα 5 απεικονίζει το Συνολικό Πληθυσμό στην Ελλάδα τα τελευταία 40 χρόνια .



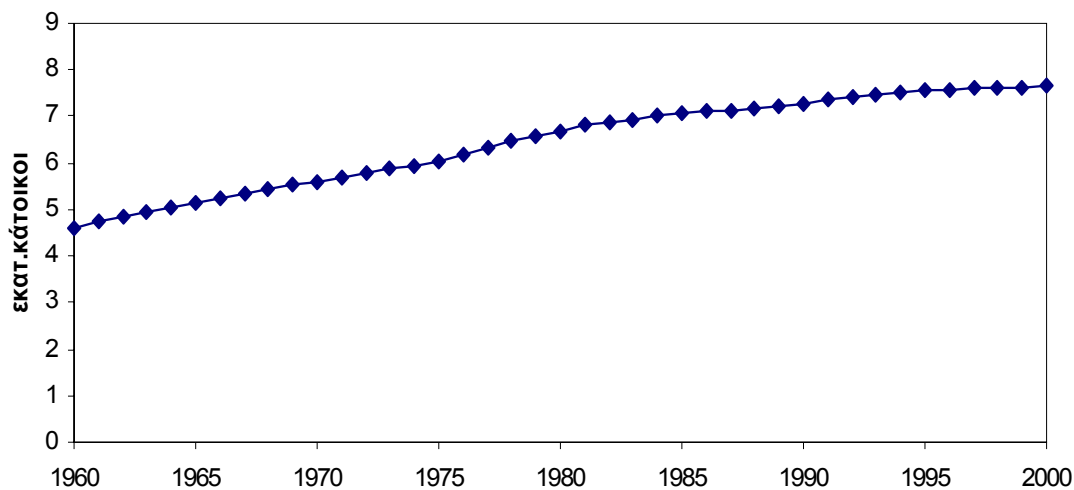
Σχήμα 5: Συνολικός Πληθυσμός της Ελλάδας



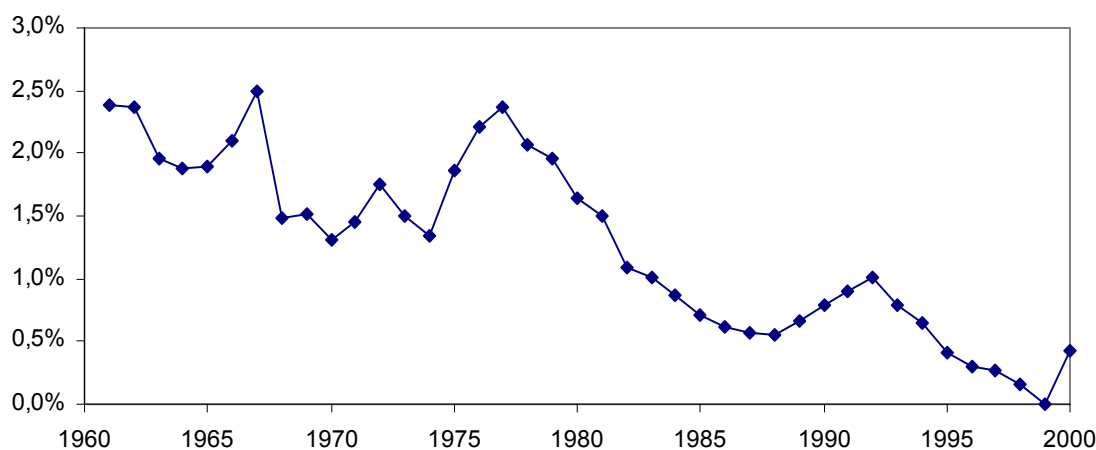
Σχήμα 6: Ετήσια % μεταβολή του Συνολικού Πληθυσμού

Η ομαλή εξέλιξη του Συνολικού Πληθυσμού επιβεβαιώνεται στο σχήμα 6, όπου φαίνεται η ετήσια % μεταβολή του Συνολικού Πληθυσμού και παρατηρούνται ιδιαίτερα μικρού μεγέθους μεταβολές, οι οποίες κυμαίνονται μεταξύ 0,1 και 1,7.

Στο σχήμα 7 φαίνεται, ότι όπως και ο Συνολικός Πληθυσμός της Ελλάδας έτσι και ο Αστικός παρουσιάζει μια ομαλή εξέλιξη.



Σχήμα 7: Σύνολο Αστικού Πληθυσμού στην Ελλάδα



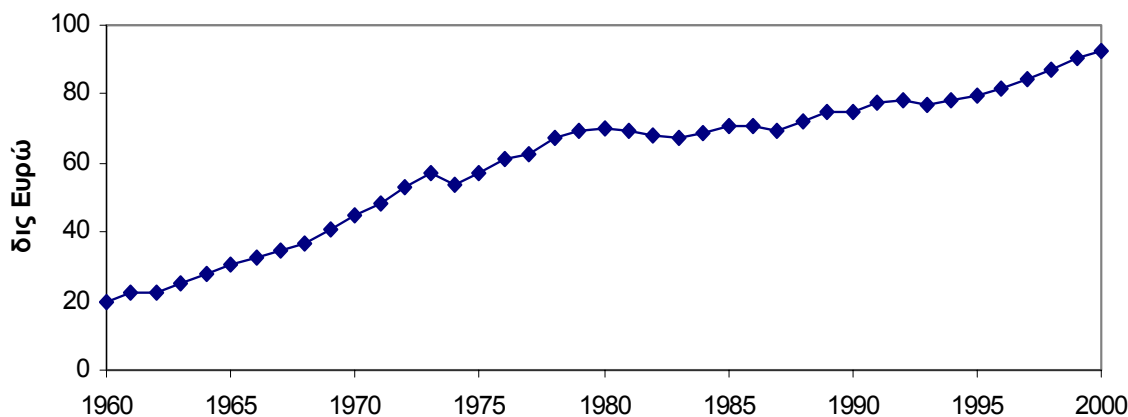
Σχήμα 8: Ετήσια % μεταβολή του Αστικού Πληθυσμού

Η ετήσια % μεταβολή του Αστικού Πληθυσμού κυμαίνεται επίσης σε μικρά ποσοστά, από 2,5% έως 0% και φανερώνει ένα φθίνοντα ρυθμό μεταβολής του Αστικού Πληθυσμού από το 1977 και μετά, με τιμές όμως μεγαλύτερες του 0%.

2.3 Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν (ΑΕΠ)

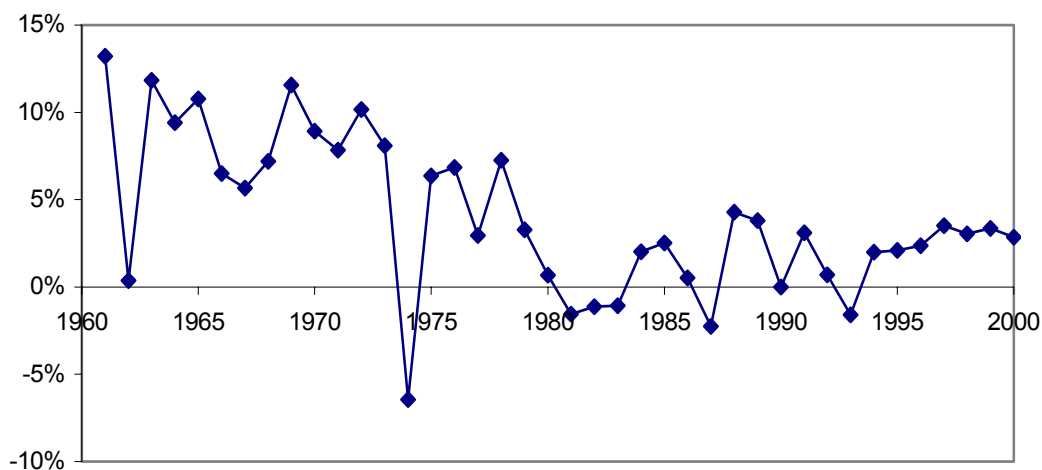
Το Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν (ΑΕΠ) είναι το συνολικό εγχώριο και ξένο προϊόν που ανήκει σε κατοίκους της χώρας. Περιλαμβάνει το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν και επιπρόσθετα το εισόδημα κατοίκων που προέρχεται από το εξωτερικό αφαιρούμενου του εισοδήματος που προκύπτει από την εγχώρια οικονομία αλλά

οφείλεται στο εξωτερικό. Είναι οικονομικός δείκτης του επιπέδου διαβίωσης και ανάπτυξης. Συνεπώς, όσο πιο υψηλός είναι τόσο περισσότερο επηρεάζει την Κατανάλωση Τσιμέντου.



Σχήμα 9: Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν

Το Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν παρουσιάζει μια συνεχώς αυξανόμενη τάση στο διάστημα 1960-2000. Τα μεγέθη που παρουσιάζονται αναφέρονται σε δισ Ευρώ, με βάση σταθερές τιμές του 1995. Θα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι η γραφική του παράσταση μοιάζει με αυτή της Κατανάλωσης Τσιμέντου, γεγονός που μας κάνει να προβλέψουμε ότι το ΑΕΠ θα έχει υψηλό συντελεστή στα μοντέλα πρόβλεψης.

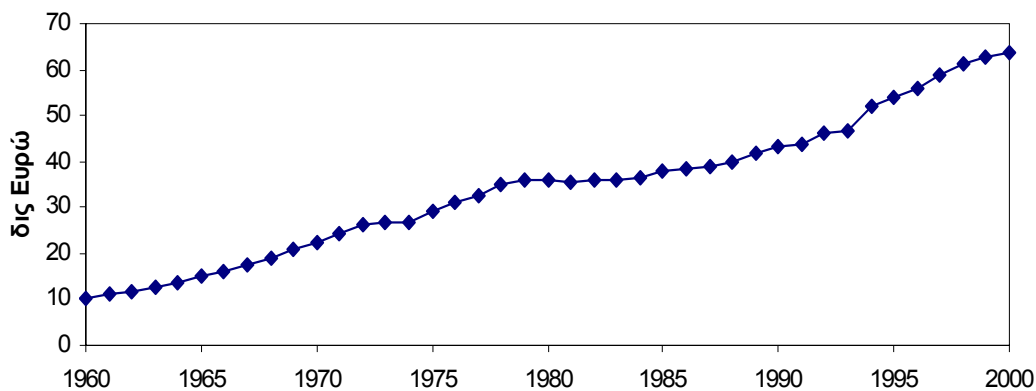


Σχήμα 10: Ετήσια % μεταβολή του Ακαθάριστου Εθνικού Προϊόντος

Η ετήσια % μεταβολή του ΑΕΠ παρουσιάζει αρκετές αυξομειώσεις, κυμαίνεται μεταξύ 14% και -6% και δείχνει μια φθίνουσα τάση από το 1978 και μετά (σχήμα 10).

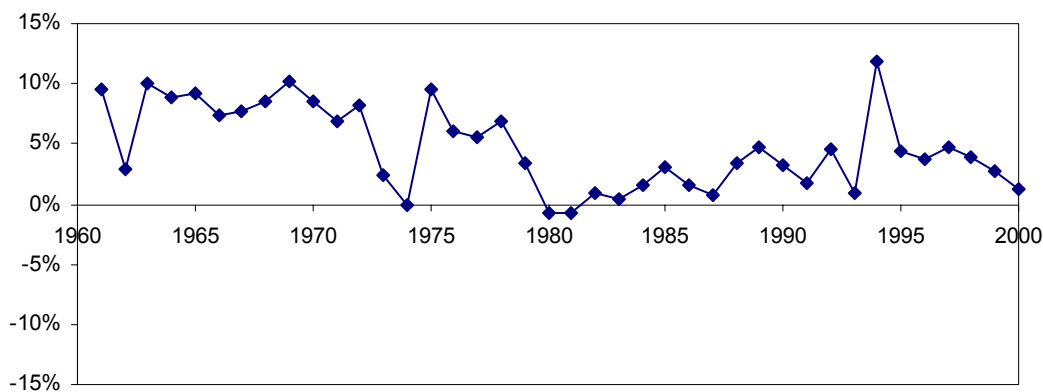
2.4 Τριτογενής Τομέας

Μέσα στα σαράντα χρόνια που εξετάζουμε, παρατηρούμε μια σημαντική αύξηση του τριτογενή τομέα, ο οποίος αποτελεί ένα μεγάλο ποσοστό του ΑΕΠ. Αυτό οφείλεται στην ραγδαία ανάπτυξη που παρουσίασαν υπηρεσίες όπως: τράπεζες, σχολεία, νοσοκομεία, λιμάνια, αεροδρόμια, τουρισμός, ναυτιλία και το εμπόριο που συνθέτουν τον Τριτογενή Τομέα. Άρα αύξηση του τομέα αυτού συνεπάγεται και αύξηση Κατανάλωσης Τσιμέντου.



Σχήμα 11: Τριτογενής Τομέας (σταθερές τιμές 1995)

Ο Τριτογενής Τομέας κυμαίνεται στο διάστημα 1960-2000 από 10 έως 64 περίπου δις ευρώ και δείχνει να μεταβάλλεται σχεδόν γραμμικά. Τα μεγέθη που παρουσιάζονται αναφέρονται σε δις Ευρώ, με βάση σταθερές τιμές του 1995.



Σχήμα 12: Ετήσια % μεταβολή του Τριτογενή Τομέα

Η ετήσια % μεταβολή του Τριτογενή Τομέα κυμαίνεται από 13% έως -0,5% και έχει σχεδόν σε όλο το διάστημα θετικές τιμές.

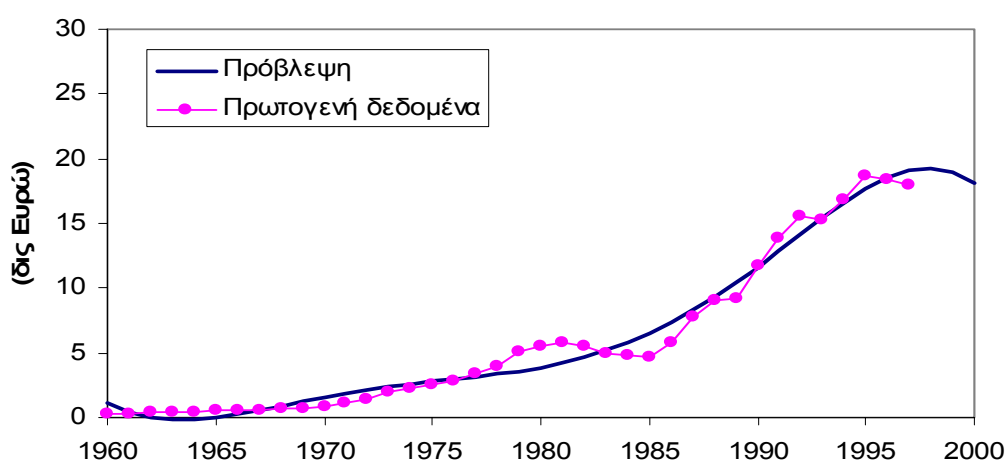
2.5 Άδηλοι Πόροι

Τα έσοδα σε συνάλλαγμα μιας χώρας, σε μια χρονική περίοδο, που προκύπτουν από την παροχή υπηρεσιών στο εξωτερικό. Συμπεριλαμβάνονται επίσης και οι υπηρεσίες που παρέχονται στο εσωτερικό προς τους ξένους υπηκόους, όταν όμως η αξία τους καταβάλλεται σε συνάλλαγμα.

Οι Άδηλοι Πόροι, σε σταθερές τιμές του 1995, παρουσιάζονται στο Σχήμα 13. Για το συγκεκριμένο μέγεθος δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα για το χρονικό διάστημα μετά το 1997. Για το λόγο αυτό κρίθηκε αναγκαία η χρήση ενός απλού μοντέλου πρόβλεψης με κύριο στόχο τη διερεύνηση του συνόλου των δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν στα μοντέλα πρόβλεψης της κατανάλωσης τσιμέντου. Το μοντέλο πρόβλεψης των άδηλων πόρων έχει την εξής πολυωνυμική μορφή:

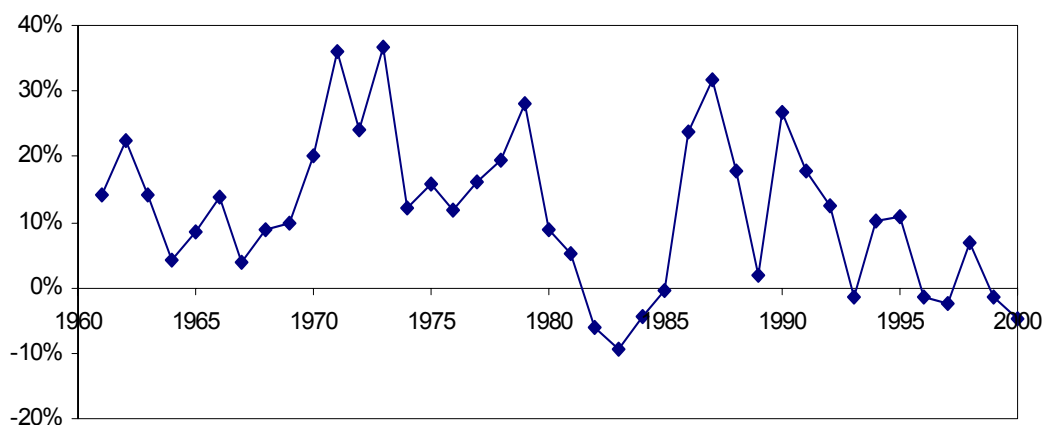
$$y = -0.006x^5 + 0.5797x^4 - 19.613x^3 + 291.29x^2 - 1590.9x + 2592.9 \quad (2.1)$$

όπου y είναι οι Άδηλοι Πόροι (σε δις Ευρώ, σταθερές τιμές 1995) και $x = t - 1959$ είναι η περίοδος του χρονικού ορίζοντα, σε σχέση με το έτος t . Η συγκεκριμένη προσέγγιση είναι ιδιαίτερα καλή, δεδομένου του υψηλού συντελεστή προσδιορισμού ($R^2 = 0.98$).



Σχήμα 13: Άδηλοι Πόροι(σταθερές τιμές 1995)

Οι Άδηλοι Πόροι παρουσιάζουν μια ιδιαίτερη εξέλιξη. Από το 1960 μέχρι το 1970 έχουν πολύ μικρή τιμή από 0 έως 1 δις ευρώ. Από το 1970 μέχρι το 1985 παρουσιάζει μια μικρή αύξηση που φτάνει τα 5,5 δις ευρώ ενώ από το 1985 και μετά παρουσιάζει κατακόρυφη σχεδόν αύξηση που φτάνει τα 18 δις ευρώ.



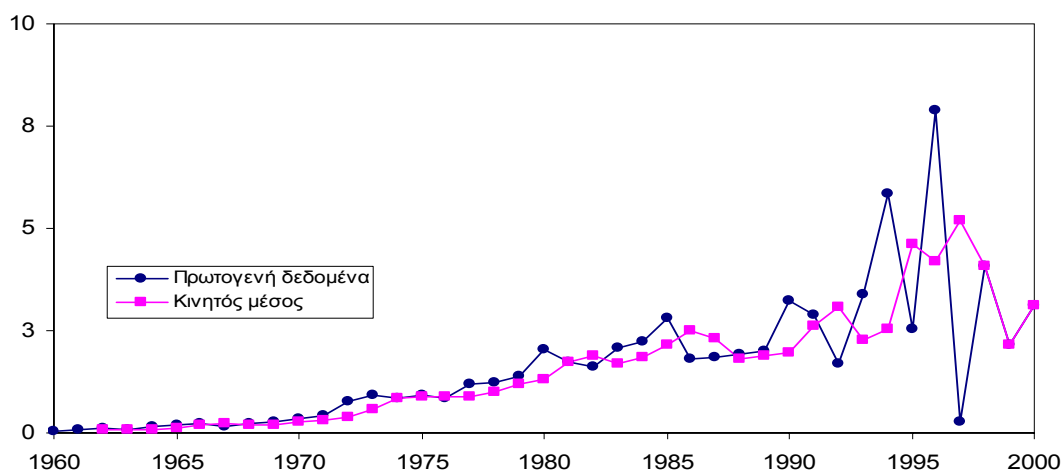
Σχήμα 14: Ετήσια % μεταβολή των Άδηλων Πόρων

Η ετήσια % μεταβολή των Άδηλων Πόρων παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις, παίρνει τιμές από 39 % μέχρι -10% ενώ από το 1987 και μετά υπάρχει μια φθίνουσα τάση.

2.6 Εισροή Κεφαλαίων

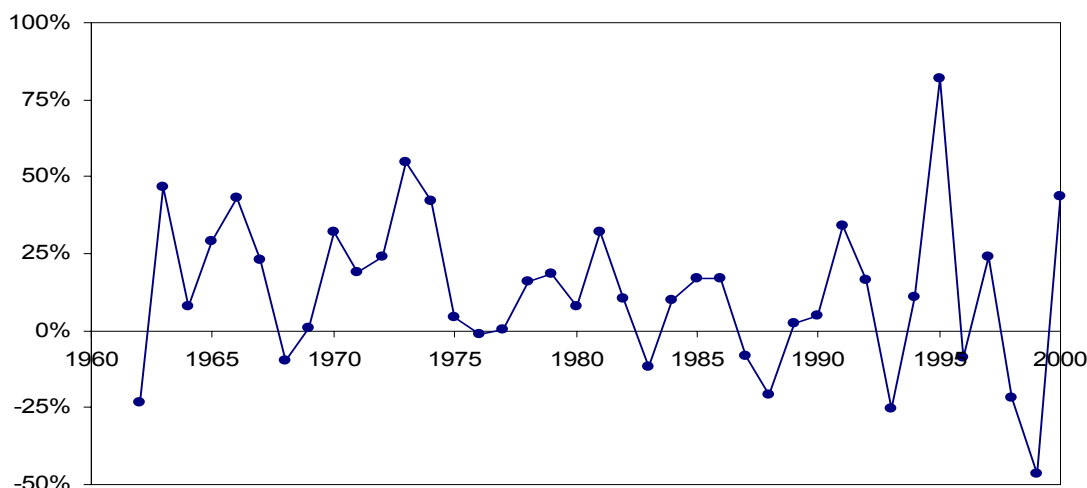
Η Εισροή Κεφαλαίων περιλαμβάνει τις επενδύσεις από το εξωτερικό, τα κεφάλαια που χορηγούνται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και την Εισροή Κεφαλαίων που προέρχονται από την εργασία των ομογενών που εργάζονται στο εξωτερικό. Η Εισροή Κεφαλαίων λοιπόν είναι ένας ακόμα οικονομικός δείκτης, η οποία συντελεί στην ανάπτυξη και στην ύπαρξη επενδυτικής δραστηριότητας, παράγοντες οι οποίοι συντελούν στην Κατανάλωση Τσιμέντου.

Η γραφική απεικόνιση της Εισροής Κεφαλαίων παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις από το 1990 και μετά όπως φαίνεται στο Σχήμα 15. Το γεγονός αυτό οφείλεται σε καθαρά ταμειακούς λόγους εκταμίευσης κεφαλαίων από τα Κοινοτικά Πλαίσια Στήριξης και δεν αντικατοπτρίζει την πραγματική εικόνα του συγκεκριμένου οικονομικού μεγέθους. Για το λόγο αυτό κρίνεται απαραίτητη η εξομάλυνση των δεδομένων, η οποία έχει πραγματοποιηθεί με τη χρήση ενός κινητού μέσου 2 περιόδων.



Σχήμα 15: Εισροή Κεφαλαίων (σταθερές τιμές 1995)

Στο Σχήμα 16 παρουσιάζεται η % ετήσια μεταβολή της Εισροής Κεφαλαίων, η οποία έχει υπολογιστεί με βάση την εξομάλυνση του κινητού μέσου και όχι τα πρωτογενή δεδομένα, στα οποία παρατηρούνται ιδιαίτερα υψηλές μεταβολές.



Σχήμα 16: Ετήσια % μεταβολή Εισροών Κεφαλαίου

2.7 Δημόσιες και Ιδιωτικές Επενδύσεις

Οι Ιδιωτικές και Δημόσιες Επενδύσεις αποτελούν καθοριστικό παράγοντα καθώς τόσο ο Ιδιωτικός Τομέας, που δείχνει την εμπιστοσύνη της αγοράς στις προοπτικές της Ελληνικής οικονομίας, όσο και το πρόγραμμα δημόσιων επενδύσεων συμβάλλουν στην διατήρηση των υψηλών αναπτυξιακών ρυθμών με τη δημιουργία ενός σύγχρονου πλέγματος υποδομών και συνεπώς συμβάλλουν στην αύξηση Κατανάλωσης Τσιμέντου. Με κινητήρια δύναμη την ανάγκη για ανάπτυξη και εξέλιξη μεγάλα έργα υποδομής υλοποιήθηκαν ή πρόκειται να υλοποιηθούν σε ολόκληρη τη χώρα και αφορούν σε συγκοινωνιακά και μεταφορικά δίκτυα, εκπαίδευση και κατάρτιση καθώς και έργα τοπικής εμβέλειας που συμπληρώνουν τις μεγάλες υποδομές της περιφέρειας. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε: Φράγμα Μόρνου, Ολυμπιακό Στάδιο, Στάδιο Ειρήνης και Φιλίας, Φράγμα και Σήραγγα Ευήνου, Μετρό Αθηνών, Διεθνές Αεροδρόμιο στα Σπάτα, Εγκαταστάσεις Φυσικού Αερίου Ρεθυθούσας, Αττική Οδός, Εγνατία Οδός, Γέφυρα ζεύξης Ρίου-Αντιρρίου, Υποθαλάσσια Σήραγγα Ακτίου-Πρέβεζας, Βόρειος Οδικός Άξονας Κρήτης και άλλα. Την τελευταία τετραετία μάλιστα πραγματοποιήθηκαν και πολλά δημόσια έργα ιδιαίτερα στον νομό Αττικής αλλά και σε άλλες Ολυμπιακές πόλεις εν ‘ όψει των Ολυμπιακών Αγώνων.

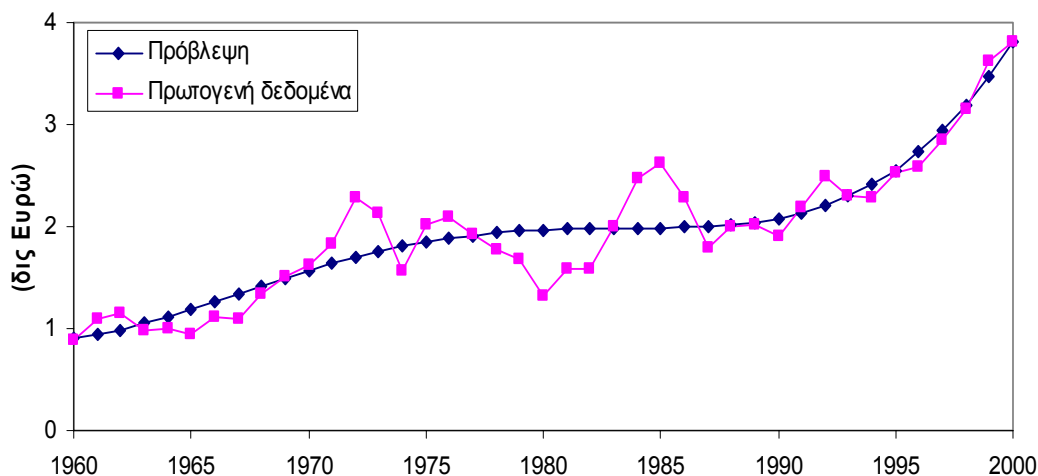
Στο σχήμα 17 παρουσιάζεται το μέγεθος των Δημόσιων Επενδύσεων όπου φαίνεται μια αυξητική τάση με πολλές διακυμάνσεις που κυμαίνονται από 1,9 δις ευρώ έως 3,9 δις ευρώ.

Και στην περίπτωση αυτή έχει χρησιμοποιηθεί ένα απλό πολυωνυμικό μοντέλο πρόβλεψης για τη διερεύνηση του συνόλου των δεδομένων μια και δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για το έτος 2000. Το μοντέλο πρόβλεψης των Δημόσιων Επενδύσεων έχει την εξής πολυωνυμική μορφή:

$$y = 0.002734x^4 - 0.1754x^3 + 3.0823x^2 + 5.1319x + 297.7661 \quad (2.2)$$

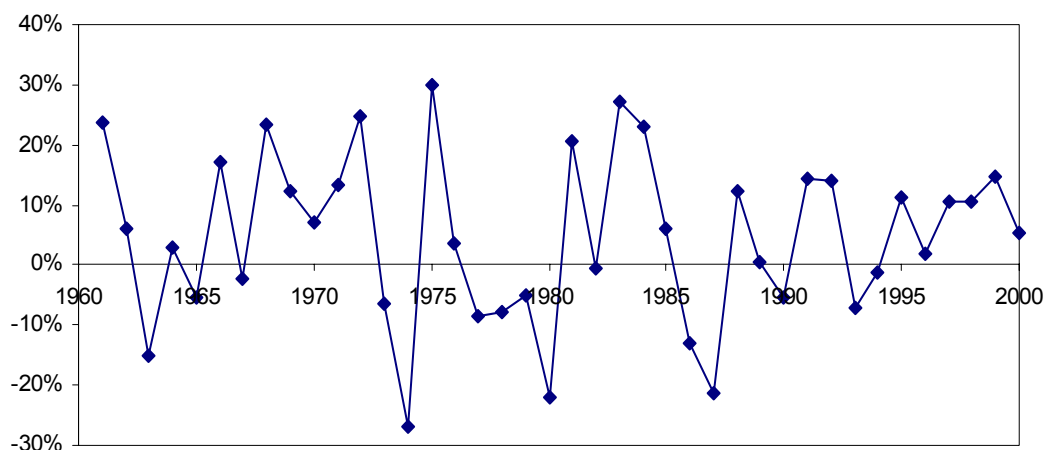
όπου y είναι οι Δημόσιες Επενδύσεις (σε δις Ευρώ, σταθερές τιμές 1995) και $x = t - 1995$ είναι η περίοδος του χρονικού ορίζοντα, σε σχέση με το έτος t .

Ο συντελεστής προσδιορισμού για τη συγκεκριμένη προσέγγιση υπολογίζεται στο 0,83 και επιβεβαιώνει την ακρίβεια της εκτίμησης.



Σχήμα 17: Δημόσιες Επενδύσεις (σταθερές τιμές 1995)

Η ετήσια % μεταβολή των Δημοσίων Επενδύσεων παίρνει ιδιαίτερα μεγάλες τιμές και κυμαίνεται μεταξύ 30% και -30% με μία φθίνουσα τάση από το 1994 και μετά.



Σχήμα 18: Ετήσια % μεταβολή των Δημοσίων Επενδύσεων

Οι Ιδιωτικές Επενδύσεις παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλές τιμές, σε σχέση με τις επενδύσεις του Δημοσίου, έχουν σχεδόν τετραπλάσια τιμή. Από το 1960 και μέσα σε 8 χρόνια οι Ιδιωτικές Επενδύσεις ξεκινώντας από τα 5 περίπου δις Ευρώ διπλασιάστηκαν φτάνοντας το 1968 τα 10 δις Ευρώ. Έκτοτε παρουσιάζουν μια έντονα αυξητική τάση, χωρίς να πέσουν ποτέ κάτω από τα 10 δις Ευρώ, αντικατοπτρίζοντας την εμπιστοσύνη του ιδιώτη στις προοπτικές της Ελληνικής οικονομίας. Σήμερα, περισσότερο από κάθε άλλη φορά, η ιδιωτική πρωτοβουλία ενεργοποιείται σε πάρα πολλούς τομείς της καθημερινής δραστηριότητας προσφέροντας υποδομές και υπηρεσίες πολλαπλού τύπου για να καλύψει τις ανάγκες του σύγχρονου ανθρώπου. Μερικοί από τους τομείς που καλύπτει η ιδιωτική δραστηριότητα είναι οι μεταφορές, οι επικοινωνίες, το εμπόριο, η διασκέδαση και ψυχαγωγία, ο τουρισμός, η εκπαίδευση και ο αθλητισμός. Οι Ιδιωτικές Επενδύσεις, όπως φαίνεται στο Σχήμα 19

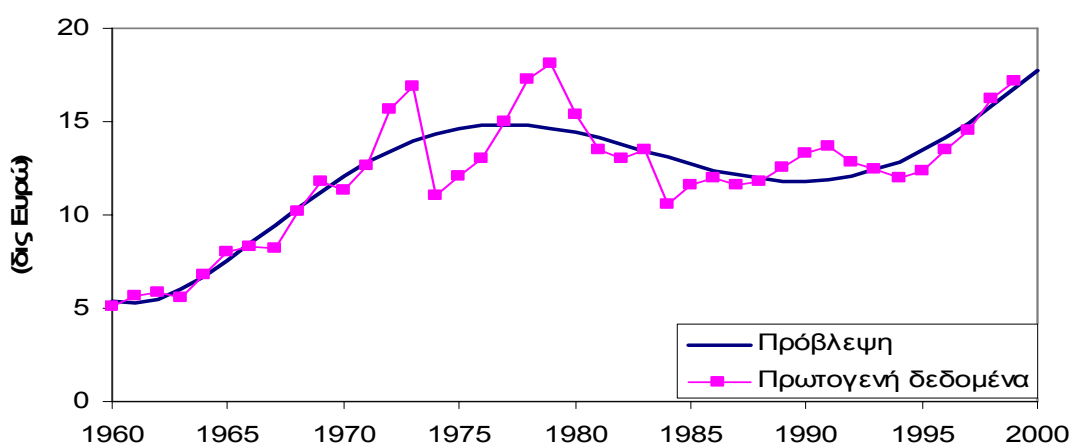
για το διάστημα 1960 - 2000 κυμαίνονται μεταξύ των 5 και 18 δις ευρώ και παρουσιάζουν αυξητική τάση.

Και στην περίπτωση αυτή έχει χρησιμοποιηθεί ένα απλό πολυωνυμικό μοντέλο πρόβλεψης για τη διερεύνηση του συνόλου των δεδομένων μια και δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για το έτος 2000. Το μοντέλο πρόβλεψης των δημόσιων επενδύσεων έχει την εξής πολυωνυμική μορφή:

$$y = -0.0012x^5 + 0.1448x^4 - 5.9657x^3 + 92.28047x^2 - 279.8093x + 2033.3798 \quad (2.3)$$

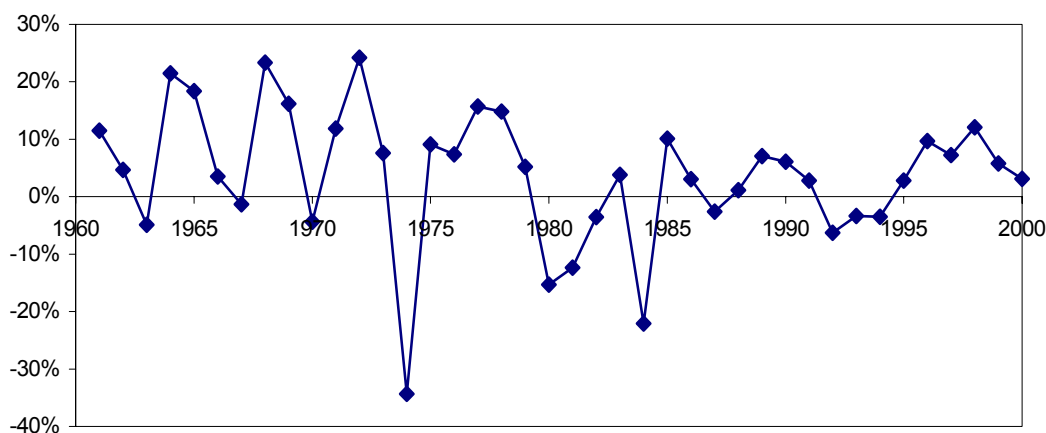
όπου y είναι οι Ιδιωτικές Επενδύσεις (σε δις Ευρώ, σταθερές τιμές 1995) και $x = t - 1995$ είναι η περίοδος του χρονικού ορίζοντα, σε σχέση με το έτος t .

Ο συντελεστής προσδιορισμού για τη συγκεκριμένη προσέγγιση υπολογίζεται στο 0,83 και επιβεβαιώνει την ακρίβεια της εκτίμησης.



Σχήμα 19: Ιδιωτικές Επενδύσεις (σταθερές τιμές 1995)

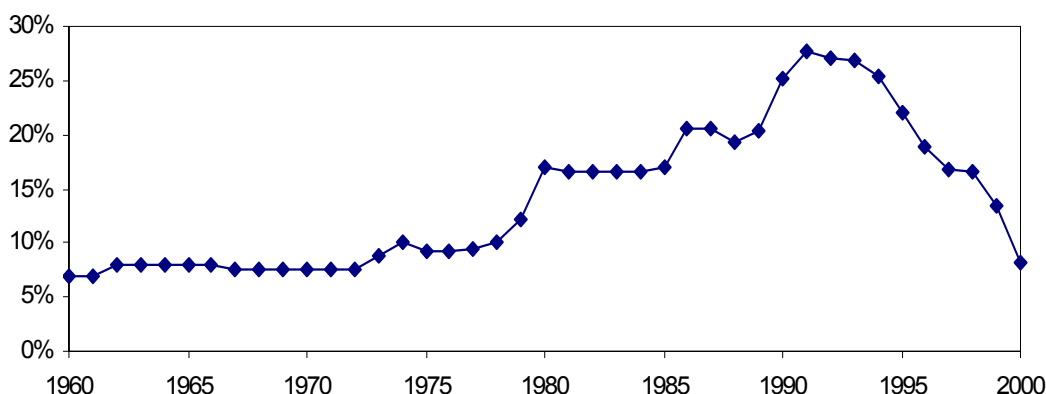
Η ετήσια % μεταβολή των Ιδιωτικών Επενδύσεων έχει αρκετές αυξομειώσεις, κυμαίνεται από 28% μέχρι -38% και παρουσιάζει μια φθίνουσα τάση από το 1985 και μετά.



Σχήμα 20: Ετήσια % μεταβολή των Ιδιωτικών Επενδύσεων

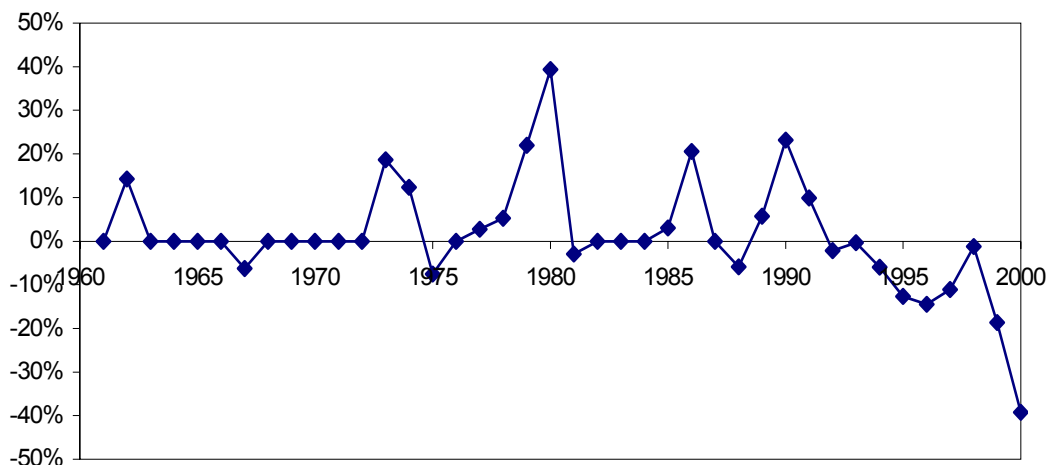
2.8 Στεγαστικά Επιτόκια

Τα επιτόκια των δανείων και ιδιαίτερα των Στεγαστικών αποτελούν έναν πολύ σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει την Κατανάλωση Τσιμέντου και μάλιστα αρνητικά. Υψηλές τιμών των Στεγαστικών Δανείων αποθαρρύνουν τους καταναλωτές ενώ όσο πιο χαμηλά είναι τόσο πιο εύκολα αποφασίζει κάποιος να πάρει δάνειο για να χτίσει ή να αγοράσει σπίτι. Μέσα στα τελευταία σαράντα χρόνια θα λέγαμε ότι τα επιτόκια ακολούθησαν μια κυκλική πορεία και σήμερα βρίσκονται σε ιστορικά χαμηλά επίπεδα, τα χαμηλότερα των τελευταίων χρόνων. Από το 1960 μέχρι το 1972 παραμένουν σταθερά στο 7%, ύστερα και μέχρι το 1991 αυξάνονται δραματικά έως την μέγιστη τιμή του 27% το 1991 από όπου και ύστερα αρχίζουν να μειώνονται φτάνοντας το 2000 στο 7%. Η αποπληρωμή των δανείων μπορεί να γίνει με σταθερό ή κυμαινόμενο επιτόκιο ενώ παράλληλα οι τράπεζες παρέχουν πολλαπλούς εναλλακτικούς τρόπους αποπληρωμής. Επιπλέον στη περίπτωση που το στεγαστικό δάνειο αφορά στην αγορά πρώτης κατοικίας οι τόκοι των δανείων εκπίπτουν από το φορολογητέο εισόδημα. Τέλος θα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι τα φθηνά Στεγαστικά Επιτόκια μπορεί να έχουν διευκολύνει την αγορά ή ανέγερση κατοικίας έχουν όμως οδηγήσει σε μια ξέφρενη αύξηση των τιμών των ακινήτων, η οποία την τελευταία δεκαετία ξεπερνά το 20%.



Σχήμα 21: Τραπεζικά Επιτόκια Στεγαστικών Δανείων

Στο σχήμα 22, όπου φαίνεται η ετήσια % μεταβολή των Στεγαστικών Επιτοκίων, απεικονίζονται οι τρεις φάσεις που περιγράφηκαν παραπάνω. Μέχρι το 1972 η μεταβολή είναι σχεδόν μηδενική. Από το 1972 και μέχρι το 1991 υπάρχουν αρκετές αυξομειώσεις που κυμαίνονται μεταξύ 40% και -5%. Από το 1991 και μετά η ετήσια μεταβολή παρουσιάζει φθίνουσα τάση και το 2000 φτάνει στο 40%. Βέβαια, μετά από τόσα χρόνια όλα αυτά φαίνονται "παράξενα".

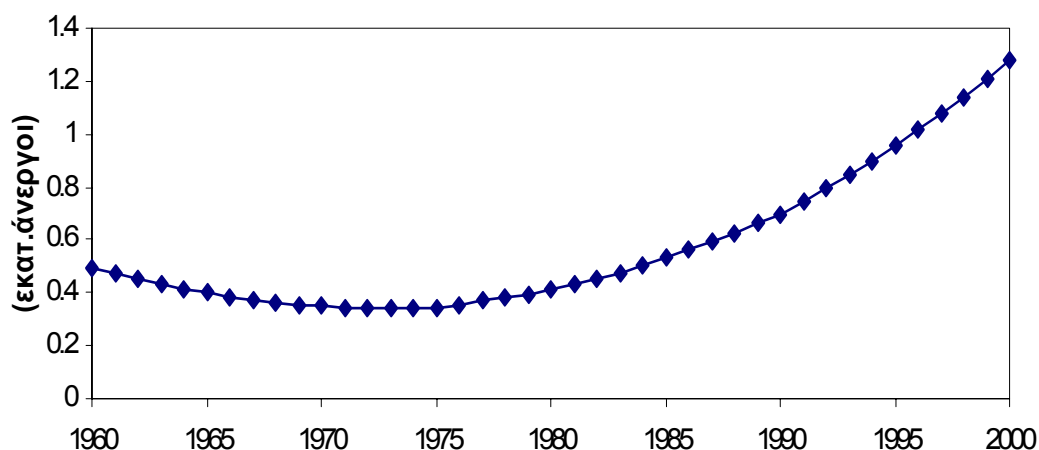


Σχήμα 22: Ετήσια % μεταβολή τραπεζικών Επιτοκίων Στεγαστικών Δανείων

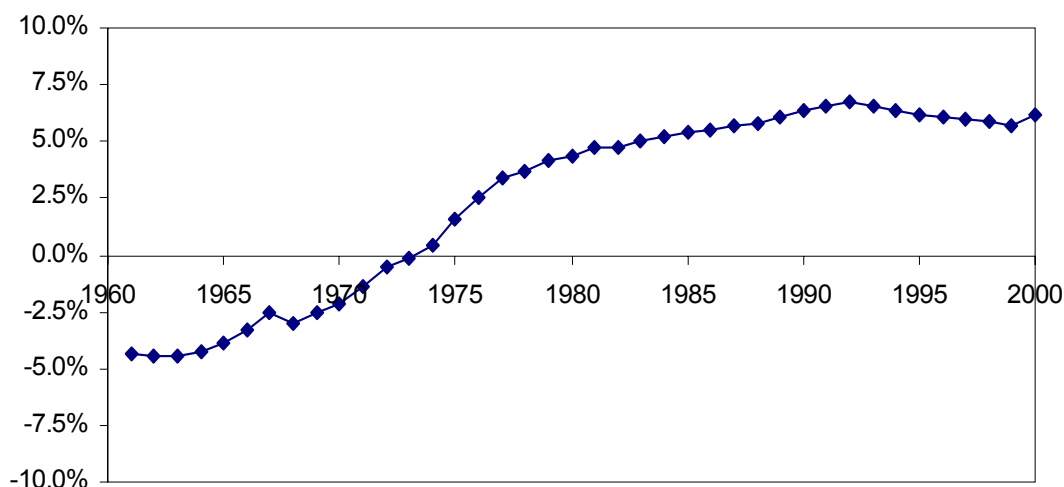
2.9 Άνεργος Πληθυσμός

Ο Άνεργος Πληθυσμός είναι επίσης ένας από εκείνους τους παράγοντες που επηρεάζουν αρνητικά την Κατανάλωση Τσιμέντου. Η αυτοματοποίηση, η έλλειψη κατάρτισης, η εισροή εργατικού και επιστημονικού δυναμικού από την αλλοδαπή και η έλλειψη νέων θέσεων εργασίας είναι ορισμένοι από τους λόγους που έχουν οδηγήσει σε δραματική αύξηση του άνεργου πληθυσμού τα τελευταία τριάντα χρόνια.

Το σχήμα 23 παρουσιάζει την εξέλιξη του Άνεργου Πληθυσμού σε εκατομμύρια ανέργων και χωρίζεται σε τρεις περιόδους. Από το 1960 μέχρι το 1970 ο Άνεργος Πληθυσμός, ξεκινώντας από τα 0,5 εκατομμύρια ανέργων, μειώνεται και φτάνει στην ελάχιστη τιμή των 0,38 εκατομμυρίων το 1970. Στη δεύτερη περίοδο μεταξύ 1970 και 1975 ο Άνεργος Πληθυσμός παραμένει σταθερός στα 0,38 εκατομμύρια ανέργων. Τέλος στην τρίτη περίοδο από 1975 μέχρι 2000 ο Άνεργος Πληθυσμός αυξάνεται και φτάνει στη μέγιστη τιμή του το 2000 στα 1,3 εκατομμύρια ανέργων.



Σχήμα 23: Συνολικός Άνεργος Πληθυσμός



Σχήμα 24: Ετήσια % μεταβολή του άνεργου πληθυσμού

Η ετήσια % μεταβολή του άνεργου πληθυσμού έχει μια ιδιαίτερα ομοιόμορφη καμπύλη η οποία ξεκινά από το -4% και αυξάνεται φτάνοντας το 6%.

2.10 Χρήση Τσιμέντου

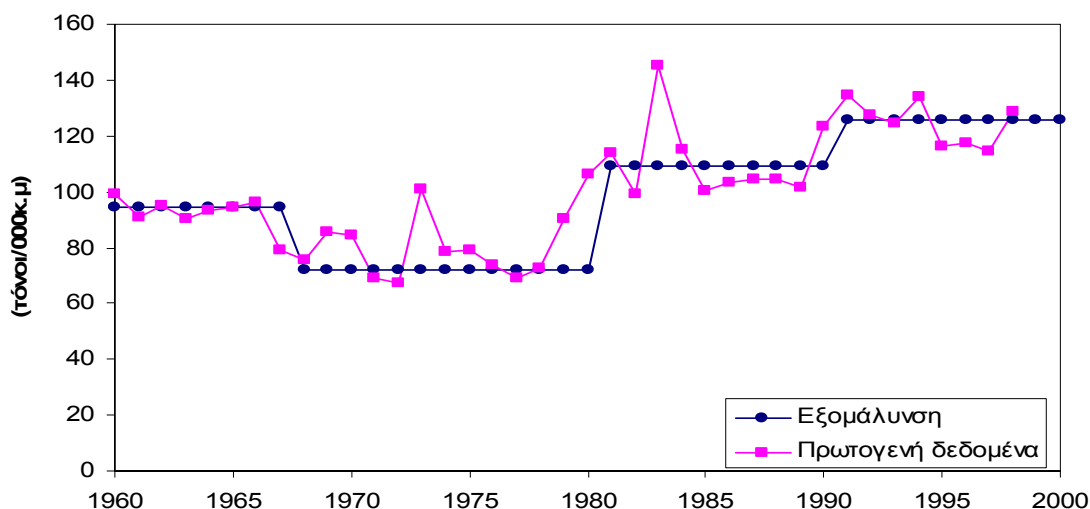
Η Χρήση Τσιμέντου είναι ένας παράγοντας, ο οποίος υποδηλώνει την ποσότητα χρήσης τσιμέντου στην οικοδομική δραστηριότητα. Η ύπαρξη του παράγοντα αυτού κρίνεται σκόπιμη, έτσι ώστε τα μοντέλα πρόβλεψης που θα μορφοποιηθούν να έχουν τη δυνατότητα προσαρμογής στα αλλαγές του περιβάλλοντος της συγκεκριμένης αγοράς. Ο παράγοντας αυτός μεταβάλλεται σημαντικά στο εξεταζόμενο χρονικό διάστημα και επηρεάζεται σε γενικές γραμμές από:

- Αντισεισμικοί κανονισμοί
- Μέγεθος κτηρίων που ανεγείρονται
- Εναλλακτικά οικοδομικά υλικά στην οικοδομική δραστηριότητα κλπ.

Λόγω ανακρίβειας των διαθέσιμων δεδομένων, χρησιμοποιήσαμε μια διαδικασία εξομάλυνσης των δεδομένων, σύμφωνα με την οποία ξεχωρίζουν οι εξής περίοδοι:

- 1960-1967 (94,21 τον. τσιμέντου /χιλιάδες m^3 κτιρίων)
- 1968-1980 (71,99 τον τσιμέντου / χιλιάδες m^3 κτιρίων)
- 1980-1990 (109,40 τον τσιμέντου. / χιλιάδες m^3 κτιρίων)
- 1991-2000 (125,61 τον. τσιμέντου / χιλιάδες m^3 κτιρίων)

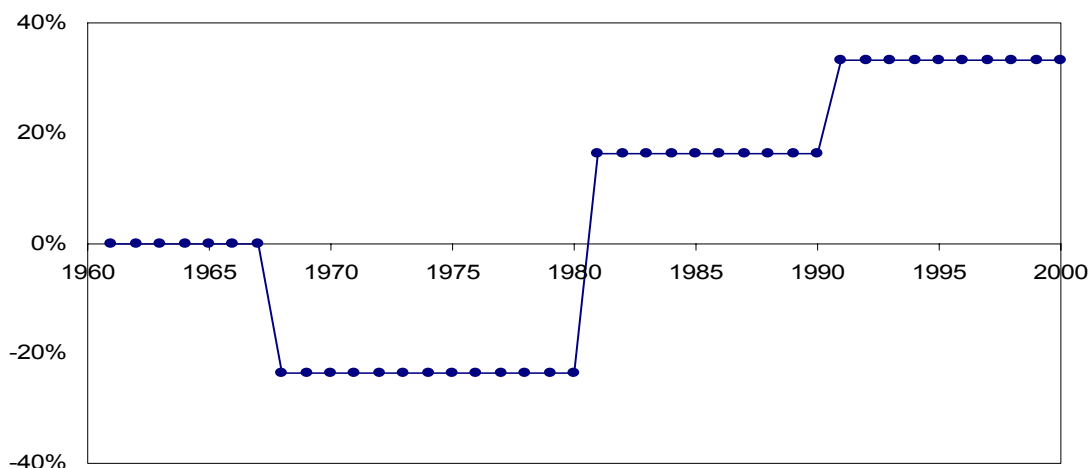
Τόσο τα πρωτογενή, όσο και τα ομαλοποιημένα δεδομένα παρουσιάζονται στο σχήμα 25.



Σχήμα 25: Χρήση Τσιμέντου

Στο παραπάνω γράφημα μπορούμε να διακρίνουμε με την μπλε γραμμή την τιμή που παίρνει η Χρήση Τσιμέντου με την εξομάλυνση, ενώ με την ροζ γραμμή απεικονίζεται η μοναδιαία Χρήση Τσιμέντου.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονισθεί ιδιαίτερα ότι η % μεταβολή της Χρήσης Τσιμέντου δεν έχει υπολογισθεί με βάση τις ετήσιες αυξήσεις /μειώσεις, διότι λόγω της «βηματικής» συνάρτησης που έχει αποφασισθεί να χρησιμοποιηθεί, κάτι τέτοιο θα οδηγούσε σε ένα σύνολο δεδομένων με πολλές μηδενικές τιμές. Έτσι, η γραφική παράσταση του Σχήματος 26 παρουσιάζει την % μεταβολή του συγκεκριμένου παράγοντα σε σχέση με το έτος βάσης 1960.



Σχήμα 26: % μεταβολή Χρήσης Τσιμέντου με βάση το 1960

2.11 Ανάλυση συσχετίσεων

Στο σημείο αυτό θα κάνουμε μια συνοπτική στατιστική ανάλυση όλων των παραγόντων που θα χρησιμοποιήσουμε στα μοντέλα πρόβλεψης. Σκοπός μας είναι να βρούμε τον συντελεστή συσχέτισης που υπάρχει μεταξύ του κάθε παράγοντα (ανεξάρτητη μεταβλητή) με την Κατανάλωση Τσιμέντου (εξαρτημένη μεταβλητή).

Οι συντελεστές συσχέτισης δίνονται στον παρακάτω πίνακα μετά από επεξεργασία στο Excel και χρησιμοποιώντας τον τύπο:

$$\rho_{(x,y)} = \frac{Cov(X,Y)}{\sigma_X \sigma_Y} \text{ , όπου } Cov(X,Y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y)$$

Παράγοντας	Συντελεστής συσχέτισης
Κατανάλωση Προηγούμενου Έτους	0,971
Συνολικός Πληθυσμός	0,866
Αστικό Πληθυσμός	0,915
Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν	0,962
Τριτογενής Τομέας	0,874
Αθλητοι Πόροι	0,730
Εισροή Κεφαλαίων	0,710
Ιδιωτικές Επενδύσεις	0,845
Δημόσιες Επενδύσεις	0,742
Άνεργος Πληθυσμός	0,565
Επιτόκια Στεγαστικών Δανείων	0,674
Χρήση Τσιμέντου	0,451

Πίνακας 1: Ανάλυση συσχετίσεων των δεδομένων

Παρατηρούμε ότι η Κατανάλωση Τσιμέντου του προηγούμενου έτους και το ΑΕΠ παρουσιάζουν τους μεγαλύτερους συντελεστές συσχέτισης με την Κατανάλωση Τσιμέντου σε ποσοστό που ξεπερνά το 97%. Παράγοντες με υψηλό ποσοστό συσχέτισης είναι ο Αστικός Πληθυσμός, ο Τριτογενής Τομέας, ο Συνολικός Πληθυσμός και οι Ιδιωτικές Επενδύσεις. Ο άνεργος πληθυσμός και τα Επιτόκια των Στεγαστικών Δανείων παρουσιάζουν ιδιαίτερα μικρό συντελεστή συσχέτισης γεγονός που ίσως σημαίνει την αρνητική επιρροή αυτών στην Κατανάλωση Τσιμέντου. Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι υψηλό ή χαμηλό ποσοστό συσχέτισης δεν σημαίνει αναγκαστικά υψηλό ή χαμηλό αντίστοιχα συντελεστή του παράγοντα στα μοντέλα που θα μελετήσουμε ακολούθως. Είναι δυνατόν να υπάρχουν και μη γραμμικές συσχετίσεις οι οποίες δεν εντοπίζονται με τον συντελεστή συσχέτισης.

Επιπρόσθετα κάνουμε και μια ανάλυση συσχετίσεων με υστέρηση των τιμών των παραγόντων 1, 2, 3 έτη.

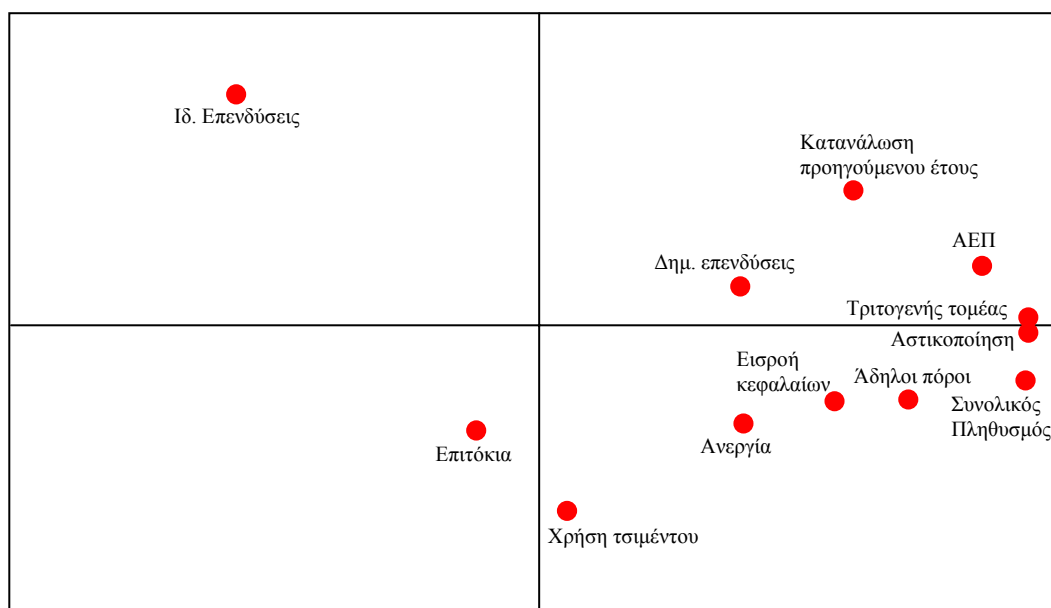
	1 έτος	2 έτη	3 έτη
Παράγοντες	Κατανάλωση	Κατανάλωση	Κατανάλωση
Κατανάλωση Προηγούμενου Έτους	0.918	0.865	0.822
Συνολικός Πληθυσμός	0.857	0.842	0.830

Αστικός Πληθυσμός	0.912	0.901	0.890
ΑΕΠ	0.957	0.938	0.921
Τριτογενής Τομέας	0.883	0.880	0.877
Άδηλοι Πόροι	0.710	0.690	0.671
Εισροή Κεφαλαίων	0.701	0.718	0.733
Ιδιωτικές Επενδύσεις	0.846	0.777	0.716
Δημόσιες Επενδύσεις	0.772	0.768	0.782
Άνεργος Πληθυσμός	0.524	0.502	0.484
Επιτόκια Στεγαστικών Δανείων	0.682	0.669	0.656
Χρήση Τσιμέντου	0.383	0.346	0.320

Πίνακας 2: Ανάλυση συσχετίσεων με υστέρηση των παραγόντων

Μπορούμε εύκολα να παρατηρήσουμε ότι όσο αυξάνονται τα έτη της υστέρησης τόσο μικρότερος είναι ο συντελεστής συσχέτισης των τιμών των παραγόντων με αυτές της Κατανάλωσης Τσιμέντου. Αυτό συμβαίνει για όλους τους παράγοντες εκτός από την Εισροή Κεφαλαίων όπου όσο αυξάνονται τα έτη της υστέρησης τόσο μεγαλώνει ο συντελεστής συσχέτισης με την Κατανάλωση Τσιμέντου.

Η παράγραφος και το κεφάλαιο αυτό ολοκληρώνονται με μια ανάλυση συσχετίσεων μεταξύ των τιμών των παραγόντων (σχήμα 27).



Σχήμα 27: Ανάλυση συσχετίσεων των παραγόντων

Η ανάλυση σε κύριες συνιστώσες είναι ένα σημαντικό εργαλείο της ανάλυσης δεδομένων, το οποίο αποτελεί και μια εναλλακτική τεχνική για τη μελέτη των συσχετίσεων στους παράγοντες πρόβλεψης. Το σχήμα 27 παρουσιάζει το βασικό διάγραμμα της μεθόδου για τις 2 σημαντικότερες συνιστώσες, όπου επιβεβαιώνονται τα προηγούμενα αποτελέσματα. Έτσι, μπορεί να σημειωθεί ότι, η Κατανάλωση Τσιμέντου συσχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με την Κατανάλωση Προηγούμενου

Έτους, το ΑΕΠ και τις Δημόσιες Επενδύσεις. Ο Συνολικός και Αστικός Πληθυσμός, η Εισροή Κεφαλαίων, οι Άδελφοι Πόροι και ο Άνεργος Πληθυσμός φαίνεται να δημιουργούν μια ομάδα παραγόντων η οποία έχει και αυτή υψηλό επίπεδο συσχέτισης με την Κατανάλωση Τσιμέντου. Τόσο τα Στεγαστικά Επιτόκια Δανείων όσο και η Χρήση Τσιμέντου παρουσιάζουν μάλλον μια αρνητική συσχέτιση και με την Κατανάλωση Τσιμέντου και με το σύνολο των υπολοίπων παραγόντων. Οι Ιδιωτικές Επενδύσεις φαίνονται να μην είναι ιδιαίτερα εξαρτημένες με τα υπόλοιπα.

	Κατανάλωση	Κατανάλωση Προηγούμενου Έτους	Συνολικός Πληθυσμός	Αστικός Πληθυσμός	ΑΕΠ	Τριτογενής Τομέας	Άδηλοι Πόροι	Εισροή Κεφαλαίων	Ιδιωτικές Επενδύσεις	Δημόσιες Επενδύσεις	Άνεργος Πληθυσμός	Επιτόκια Στεγαστικών Δανείων	Χρήση Τσιμέντου
Κατανάλωση	1,000	0,971	0,866	0,915	0,962	0,874	0,730	0,710	0,845	0,742	0,565	0,674	0,451
Κατανάλωση Προηγούμενου Έτους	0,971	1,000	0,869	0,914	0,951	0,858	0,735	0,719	0,743	0,697	0,578	0,722	0,509
Συνολικός Πληθυσμός	0,866	0,869	1,000	0,989	0,951	0,976	0,934	0,913	0,613	0,826	0,836	0,783	0,777
Αστικός Πληθυσμός	0,915	0,914	0,989	1,000	0,981	0,973	0,891	0,893	0,682	0,831	0,763	0,776	0,697
ΑΕΠ	0,962	0,951	0,951	0,981	1,000	0,963	0,838	0,835	0,798	0,849	0,693	0,698	0,568
Τριτογενής Τομέας	0,874	0,858	0,976	0,973	0,963	1,000	0,939	0,900	0,710	0,891	0,853	0,661	0,685
Άδηλοι Πόροι	0,730	0,735	0,934	0,891	0,838	0,939	1,000	0,905	0,505	0,794	0,944	0,711	0,811
Εισροή Κεφαλαίων	0,710	0,719	0,913	0,893	0,835	0,900	0,905	1,000	0,420	0,733	0,839	0,691	0,788
Ιδιωτικές Επενδύσεις	0,845	0,743	0,613	0,682	0,798	0,710	0,505	0,420	1,000	0,691	0,358	0,274	0,064
Δημόσιες Επενδύσεις	0,742	0,697	0,826	0,831	0,849	0,891	0,794	0,733	0,691	1,000	0,784	0,413	0,554
Άνεργος Πληθυσμός	0,565	0,578	0,836	0,763	0,693	0,853	0,944	0,839	0,358	0,784	1,000	0,522	0,834
Επιτόκια Στεγαστικών Δανείων	0,674	0,722	0,783	0,776	0,698	0,661	0,711	0,691	0,274	0,413	0,522	1,000	0,714
Χρήση Τσιμέντου	0,451	0,509	0,777	0,697	0,568	0,685	0,811	0,788	0,064	0,554	0,834	0,714	1,000

Πίνακας 3: Ανάλυση συσχετίσεων δεδομένων

Κεφάλαιο 3: Γενικά μοντέλα πρόβλεψης

Όπως είδαμε και στο πρώτο κεφάλαιο η πρόβλεψη αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο τόσο για τη λήψη αποφάσεων όσο και τον μελλοντικό σχεδιασμό για μια εταιρεία, μια βιομηχανία ακόμα και ένα φορέα της οικονομίας. Τα μοντέλα πρόβλεψης, με τα οποία εμείς ασχοληθήκαμε και παρουσιάζουμε στο επόμενο κεφάλαιο δεν είναι τα μόνα που υπάρχουν και μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Στις επόμενες παραγράφους αυτού του κεφαλαίου παρουσιάζονται και αναλύονται μια σειρά μοντέλων πρόβλεψης. Τα μοντέλα αυτά είναι:

1. Κινητός μέσος όρος
2. Εκθετική εξομάλυνση
3. Γραμμική εκθετική εξομάλυνση
4. Γραμμική και εποχική εξομάλυνση του Winter
5. Προσαρμοστική εξομάλυνση
6. Μέθοδος διαχωρισμού
7. Μέθοδος απλής παλινδρόμησης
8. Μέθοδος πολλαπλής παλινδρόμησης

Στα μοντέλα αυτά χρησιμοποιούμε τις τιμές της χρονοσειράς και προσπαθούμε ελαχιστοποιώντας τα σφάλματα να προσαρμόσουμε όσο το δυνατόν καλύτερα τις τιμές της πρόβλεψης με τις πραγματικές.

Τα τέσσερα πρώτα μοντέλα είναι απλές μέθοδοι χρονοσειρών όπου η πρόβλεψη γίνεται χρησιμοποιώντας μέσες τιμές παλαιότερων παρατηρήσεων. Η μέθοδος διαχωρισμού αναλύει τις τιμές της χρονοσειράς και μελετά ξεχωριστά την τάση, την εποχικότητα και τον κύκλο των πραγματικών τιμών και προσπαθεί να κάνει πρόβλεψη αυτών. Η μέθοδος της απλής και πολλαπλής παλινδρόμησης υποθέτει ότι η μεταβλητή, την οποία θέλουμε να προβλέψουμε, εξαρτάται από μία ή περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές και στόχος της είναι να υπολογίσει το ποσοστό επιρροής που καθεμία από αυτές τις μεταβλητές έχει.

3.1 Κινητός μέσος όρος

Ο κινητός μέσος όρος χρησιμοποιεί μια σειρά παρατηρήσεων, βρίσκει τον μέσο όρο τους και χρησιμοποιεί αυτόν τον μέσο σαν πρόβλεψη για την επόμενη χρονική περίοδο. Ο ακριβής αριθμός παρατηρήσεων που χρησιμοποιούνται καθορίζεται από τον χρήστη και παραμένει σταθερός. Ο όρος, κινητός μέσος όρος χρησιμοποιείται επειδή καθώς κάθε νέα παρατήρηση γίνεται διαθέσιμη, ένας νέος μέσος υπολογίζεται και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρόβλεψη.

Για να κατανοήσουμε πως λειτουργεί ο κινητός μέσος όρος θα εξετάσουμε το παρακάτω παράδειγμα της κατανάλωσης τιμέντου:

Θα χρησιμοποιήσουμε τον κινητό μέσο όρο τριών και πέντε ετών για να κάνουμε πρόβλεψη της κατανάλωσης μέσω της σχέσης :

$$F_{t+1} = \frac{X_t + X_{t-1} + X_{t-2} + \dots + X_{t-n+1}}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=t-n+1}^t X_i \quad (3.1)$$

Όπου F_{t+1} είναι η πρόβλεψη για τη χρονική περίοδο $t+1$

X_i είναι η πραγματική τιμή τη περίοδο i

n είναι ο αριθμός των παρατηρήσεων που συμπεριλαμβάνονται στον μέσο όρο

Όπως φαίνεται από την παραπάνω σχέση, στην μέθοδο του κινητού μέσου δίνεται ίσο βάρος σε καθεμία από τις τελευταίες n τιμές αλλά καθόλου βάρος στις τιμές πριν από αυτές. Για την περίπτωση μας θα είναι $n = 3$ και $n = 5$.

Παρακάτω στον πίνακα 4 δίνεται η κατανάλωση και η πρόβλεψη με κινητό μέσο όρο 3 και 5 έτη. Η ετήσια Κατανάλωση Τσιμέντου δίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Έτος	Κατανάλωση	Πρόβλεψη με Κινητό μέσο όρο 3 ετών	Πρόβλεψη με Κινητό μέσο όρο 5 ετών
1960	2000	-	-
1961	1350	-	-
1962	1950	-	-
1963	1975	1767	-
1964	3100	1758	-
1965	1750	2342	2075
1966	1550	2275	2025
1967	1300	2133	2065
1968	2200	1533	1935
1969	2770	1683	1980
1970	2350	2090	1915
1971	-	2440	2034

Πίνακας 4: Πρόβλεψη της κατανάλωσης τσιμέντου με κινητό μέσο όρο 3 και 5 ετών

Στον παραπάνω πίνακα 4 η τρίτη στήλη δίνει την πρόβλεψη με κινητό μέσο όρο 3 ετών, βασιζόμενος στις τιμές της κατανάλωσης των τριών προηγούμενων ετών. Για παράδειγμα, η πρόβλεψη 1767 για το 1963 βασίζεται στην μέση τιμή της κατανάλωσης για τις περιόδους 1, 2, 3. Η τιμή του κινητού μέσου όρου γίνεται πρόβλεψη για την τέταρτη περίοδο. Η τελευταία τιμή 2440 στην τρίτη στήλη είναι η μέση τιμή για τις περιόδους 9, 10, 11 και είναι η πρόβλεψη για το 1971. Ομοίως, στη τέταρτη στήλη, όπου δίνεται η πρόβλεψη της κατανάλωσης με κινητό μέσο όρο 5 ετών, η τιμή 2075 για το 1965 αντιπροσωπεύει τον μέσο όρο για τις περιόδους 1 έως 5 και χρησιμοποιείται ως πρόβλεψη για το 1965. Η τελευταία τιμή 2034 στην τέταρτη στήλη είναι ο μέσος όρος των περιόδων 7 έως 11 και είναι η πρόβλεψη για το 1971.

Η μέθοδος του κινητού μέσου όρου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πρόβλεψη δύο ή τριών ετών μπροστά καθώς και ένα έτος μπροστά. Όμως η πιθανότητα σφάλματος θα είναι πολύ μεγαλύτερη καθώς οι τρεις τιμές που χρησιμοποιούνται στον κινητό μέσο 3 ετών για πρόβλεψη ενός έτους μπροστά οι ίδιες χρησιμοποιούνται στον κινητό μέσο 3 ετών για πρόβλεψη 3 ετών μπροστά. Για το λόγο αυτό η μέθοδος του απλού κινητού μέσου όρου προτιμάται για πρόβλεψη μιας περιόδου μπροστά.

Για να καθορίσουμε αν ο κινητός μέσος 3 ή 5 ετών είναι πιο κατάλληλος για να προβλέψουμε τη κατανάλωση θα πρέπει να υπολογίσουμε το σφάλμα και στις δύο προβλέψεις. Στον πίνακα 5 δίνεται το σφάλμα πρόβλεψης, το απόλυτο σφάλμα, το συνολικό και το μέσο σφάλμα και για τις δύο περιπτώσεις.

Έτος	Κατανάλωση	Τρία έτη			Πέντε έτη		
		Πρόβλεψη	Σφάλμα	Απόλυτο σφάλμα	Πρόβλεψη	Σφάλμα	Απόλυτο σφάλμα
1	2000	-	-	-	-	-	-
2	1350	-	-	-	-	-	-
3	1950	-	-	-	-	-	-
4	1975	1767	+208	208	-	-	-
5	3100	1758	-1342	1342	-	-	-
6	1750	2342	-592	592	2075	-325	325
7	1550	2275	-725	725	2025	-475	475
8	1300	2133	-833	833	2065	-765	765
9	2200	1533	+667	667	1935	+265	265
10	2770	1683	+1087	1087	1980	-790	790
11	2350	2090	+260	260	1915	+435	435
12	-	2440	-	-	2034	-	-
Συνολικό σφάλμα			1414	5714		-1655	3055
Μέσο σφάλμα			+177	714		-267	509

Πίνακας 5: Σύγκριση των σφαλμάτων πρόβλεψης για τον κινητό μέσο όρο

Είναι σημαντικό να παρατηρήσουμε ότι στη συγκεκριμένη μέθοδο δίνεται ίσο βάρος σε καθεμία από τις τελευταίες n τιμές αλλά καθόλου βάρος δεν δίνεται στις τιμές πριν από αυτές.

Ο παραπάνω πίνακας 5 δείχνει ότι ο κινητός μέσος 5 ετών δίνει καλύτερη πρόβλεψη από αυτόν των 3 ετών. Παρόλο που ο κινητός αυτός μέσος είναι καλύτερος από άποψη σφάλματος, δίνει δηλαδή τα μικρότερα σφάλματα, θα πρέπει ο χρήστης να γνωρίζει ότι τα δεδομένα που απαιτούνται είναι πολύ περισσότερα από εκείνα του κινητού μέσου όρου 3 ετών. Όταν μάλιστα έχουμε ένα μεγάλο σύνολο μεγεθών (π.χ. μέγεθος μπορεί να θεωρηθεί η κατανάλωση) που πρέπει να προβλέψουμε σε κάθε έτος τότε θα υπάρξει μια αύξηση 67% του όγκου των δεδομένων τα οποία πρέπει να αποθηκευτούν και αυτό σημαίνει μεγάλο κόστος. Για το λόγο αυτό, αν η αποθήκευση των δεδομένων κοστίζει, ο χρήστης ίσως τελικά αποφασίσει να χρησιμοποιήσει τον κινητό μέσο όρο 3 ετών αντί αυτού των 5 ετών. Αυτός θα πρέπει να καθορίσει τον αριθμό των περιόδων που θα χρησιμοποιήσει.

Μειονέκτημα της μεθόδου του κινητού μέσου όρου είναι το γεγονός ότι λαμβάνουμε προβλέψεις μικρού εύρους για δραστηριότητες που χρειάζονται μεγάλο αριθμό μεγεθών.

Η σχέση 3.1 μπορεί επίσης να γραφτεί και ως :

$$F_{t+1} = \frac{X_t}{n} - \frac{X_{t-n}}{n} + F_t \quad (3.2)$$

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει ότι κάθε νέα πρόβλεψη βασιζόμενη σε ένα κινητό μέσο όρο είναι μια ρύθμιση της προηγούμενης τιμής της πρόβλεψης. Επίσης είναι εύκολο να δούμε γιατί ο παράγοντας της εξομάλυνσης αυξάνει καθώς το n γίνεται μεγαλύτερο: μια μικρότερη ρύθμιση γίνεται μεταξύ της κάθε πρόβλεψης.

3.2 Εκθετική εξομάλυνση

Η εκθετική εξομάλυνση λειτουργεί με τρόπο ανάλογο του κινητού μέσου όρου ομαλοποιώντας τις παλαιότερες παρατηρήσεις. Σημαντική διαφορά σε σχέση με τον κινητό μέσο όρο είναι ότι η εκθετική εξομάλυνση δίνει μεγαλύτερο βάρος στις πιο πρόσφατες παρατηρήσεις και μειώνει το βάρος των παλαιότερων.

Εδώ υποθέτουμε ότι έχουμε διαθέσιμη μόνο την πιο πρόσφατη παρατήρηση και την πρόβλεψη που έχει γίνει για την ίδια περίοδο. Στην περίπτωση αυτή στη σχέση (3.2) μπορούμε να βάλουμε στη θέση της παρατήρησης για τη περίοδο $(t-n)$ μια παραπλήσια τιμή, η οποία είναι η πρόβλεψη της προηγούμενης περιόδου t . Έτσι η παραπάνω σχέση γίνεται:

$$F_{t+1} = \frac{X_t}{n} - \frac{X_{t-n}}{n} + F_t = \frac{1}{n} X_t + (1 - \frac{1}{n}) F_t \quad (3.3)$$

Αυτό που έχουμε τώρα είναι μια πρόβλεψη η οποία δίνει βάρος στην πιο πρόσφατη παρατήρηση $\frac{1}{n}$ και στην πιο πρόσφατη πρόβλεψη βάρος $1 - \frac{1}{n}$.

Αν θέσω $\frac{1}{n} = \alpha$ έχω:

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha) F_t \quad (3.4)$$

Ο παραπάνω τύπος δίνει τη σχέση που υπολογίζει την εκθετική εξομάλυνση. Είναι αξιοσημείωτο ότι με τον παραπάνω τύπο εξαλείφεται αμέσως ένα από τα προβλήματα του κινητού μέσου όρου καθώς δεν χρειάζεται να αποθηκεύεται μεγάλο πλήθος παλαιότερων παρατηρήσεων. Αντιθέτως, μόνο η πιο πρόσφατη παρατήρηση, η πιο πρόσφατη πρόβλεψη και μια τιμή για το α χρειάζονται για να κάνουμε μια νέα πρόβλεψη. Η παραπάνω σχέση γίνεται εναλλακτικά

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(X_t - F_t) \quad (3.5)$$

Με αυτή τη μορφή η νέα πρόβλεψη είναι ίση με την προηγούμενη επαυξημένη κατά α φορές το σφάλμα της προηγούμενης πρόβλεψης. Όσο το α παίρνει τιμές κοντά στο 1, η νέα πρόβλεψη θα συμπεριλαμβάνει ένα σημαντικό ποσοστό από το σφάλμα της προηγούμενης πρόβλεψης. Αντιθέτως όταν το α παίρνει τιμές κοντά στο 0, η νέα πρόβλεψη θα συμπεριλαμβάνει πολύ μικρό ποσοστό από το σφάλμα της προηγούμενης πρόβλεψης.

Χρησιμοποιώντας το παράδειγμα που δόθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, μπορούμε να παρουσιάσουμε διάφορες εκδοχές της εκθετικής εξομάλυνσης. Ο παρακάτω πίνακας 6 δίνει τις τιμές της πρόβλεψης για $\alpha = 0,1, 0,5, 0,9$. Οι τελευταίες στήλες του πίνακα μπορούν να υπολογιστούν από τον τύπο (3.4) ή (3.5). Παρατηρούμε ότι για την πρώτη περίοδο δεν υπάρχει διαθέσιμη πρόβλεψη και στην θέση της έχουμε χρησιμοποιήσει την πραγματική τιμή της ζήτησης.

Έτος	Πραγματικές τιμές	Πρόβλεψη με εκθετική εξομάλυνση		
		$\alpha = 0,1$	$\alpha = 0,5$	$\alpha = 0,9$
1960	2000	-	-	-
1961	1350	2000	2000	2000
1962	1950	1935	1675	1415
1963	1975	1937	1813	1897
1964	3100	1940	1894	1967
1965	1750	2056	2497	2987
1966	1550	2026	2123	1874
1967	1300	1978	1837	1582
1968	2200	1910	1568	1328
1969	2775	1939	1884	2113
1970	2350	2023	2330	2709
1971	-	2056	2340	2386

Πίνακας 6: Πρόβλεψη της κατανάλωσης τσιμέντου με εκθετική εξομάλυνση

Έτσι λοιπόν ο αριθμός 1935 στην τρίτη στήλη του πίνακα για $\alpha = 0,1$ προκύπτει αν στη προβλεπόμενη 2000 προσθέσουμε το γινόμενο του $\alpha = 0,1$ επί τη διαφορά της πραγματικής μείον την προβλεπόμενη τιμή. Αυτός ο υπολογισμός μας δίνει την τιμή 1935, η οποία αποτελεί την πρόβλεψη για την περίοδο 3.

Η επίδραση που έχει στην πρόβλεψη η τιμή που θα επιλέξουμε για το α φαίνεται στον παραπάνω πίνακα 6. Μεγάλη τιμή του α (0,9) δίνει μικρή εξομάλυνση στην πρόβλεψη ενώ μικρή τιμή του α (0,1) δίνει σημαντική εξομάλυνση.

Για να κατανοήσουμε καλύτερα τα αποτελέσματα που μας δίνει κάθε τιμή του α θα υπολογίσουμε το σφάλμα πρόβλεψης, το απόλυτο σφάλμα, το συνολικό και το μέσο σφάλμα.

Χρονική περίοδος	$\alpha = 0,1$		$\alpha = 0,5$		$\alpha = 0,9$	
	Σφάλμα	Απόλυτο σφάλμα	Σφάλμα	Απόλυτο σφάλμα	Σφάλμα	Απόλυτο σφάλμα
1960	-	-	-	-	-	-
1961	-650	650	-650	650	-650	650
1962	+15	15	+275	275	+535	535
1963	+38	38	+162	162	+78	78
1964	+1160	1160	+1206	1206	+1133	1133
1965	-306	306	-747	747	-1237	1237
1966	-476	476	-573	573	+324	324
1967	-678	678	-537	537	-282	282
1968	+290	290	+632	632	+872	872
1969	+831	831	+886	886	+657	657
1970	+327	327	+20	20	-359	359
1971	-	-	-	-	-	-
Συνολικό Σφάλμα	+551	4771	+674	5688	-423	6127
Μέσο σφάλμα	+55	477	+67	569	-42	613

Πίνακας 7: Σύγκριση των σφαλμάτων πρόβλεψης για την εκθετική εξομάλυνση

Συγκρίνοντας τα παραπάνω σφάλματα για τις διάφορες τιμές του α παρατηρούμε ότι για $\alpha = 0,1$ παίρνουμε την καλύτερη πρόβλεψη.

Για να χρησιμοποιήσουμε την εκθετική εξομάλυνση, ο χρήστης χρειάζεται μόνο την πιο πρόσφατη παρατήρηση, την πιο πρόσφατη πρόβλεψη και μια τιμή για το α . Ένα από τα προβλήματα όμως που αντιμετωπίζουμε στην μέθοδο αυτή είναι η σωστή επιλογή του α . Για το λόγο αυτό χρειάζεται να κάνουμε δοκιμές για διάφορες τιμές του α και να επιλέξουμε εκείνη που δίνει τα μικρότερα σφάλματα και επομένως την καλύτερη πρόβλεψη.

Τέλος ένα ακόμα πρόβλημα που μπορεί να παρουσιαστεί είναι όταν οι παρατηρήσεις που έχουμε στη διάθεση μας ακολουθούν μια τάση ή παρουσιάζουν εποχικότητα. Στην περίπτωση αυτή τόσο ο κινητός μέσος όρος όσο και η εκθετική εξομάλυνση δεν δίνουν τα σωστά αποτελέσματα. Στις επόμενες παραγράφους θα αναλύσουμε πως αντιμετωπίζουμε τέτοια προβλήματα.

3.3 Γραμμική εκθετική εξομάλυνση

Η απλή εκθετική εξομάλυνση είναι κατάλληλη όταν η χρονοσειρά των δεδομένων μας δεν παρουσιάζει τάση ή εποχικότητα. Η μέθοδος της γραμμικής εκθετικής εξομάλυνσης αντιμετωπίζει το πρόβλημα ύπαρξης τάσης στην χρονοσειρά.

Ας υποθέσουμε ότι μας ζητούν να προβλέψουμε την επόμενη τιμή της τυχαίας σειράς 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30. Με μια πρώτη προσέγγιση θα χρησιμοποιούσαμε την απλή εκθετική εξομάλυνση όπως την περιγράψαμε στην προηγούμενη παράγραφο και θα παίρναμε τα αποτελέσματα που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 8 (Η καλύτερη τιμή για το α είναι 1 καθώς ελαχιστοποιεί τα σφάλματα). Το σφάλμα για κάθε μία από τις εννέα προβλέψεις είναι ίσο με 3.

Χρονική περίοδος	Πραγματική τιμή	Πρόβλεψη με εκθετική εξομάλυνση $\alpha = 1$	Σφάλμα
1	3	-	-
2	6	3	3
3	9	6	3
4	12	9	3
5	15	12	3
6	18	15	3
7	21	18	3
8	24	21	3
9	27	24	3
10	30	27	3

Πίνακας 8: Πρόβλεψη μιας σειράς με τάση χρησιμοποιώντας απλή εκθετική εξομάλυνση

Η πρόβλεψη γίνεται για μια χρονική περίοδο μπροστά. Αν οι παρατηρήσεις συνεχίσουν να αυξάνονται κατά 3 μονάδες κάθε χρονική περίοδο, μετά τη χρονική περίοδο 10 και εμείς προβλέψουμε αυτές τις περιόδους χρησιμοποιώντας την τελευταία προβλεπόμενη τιμή 27, τα σφάλματα θα συνεχίσουν να είναι 3 μονάδες για κάθε μια από τις περιόδους. Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα, ανακαλύπτουμε ότι το μέγεθος του σφάλματος για κάθε χρονική περίοδο είναι απλώς το μέγεθος της τάσης για κάθε χρονική περίοδο. Σε κάθε χρονική περίοδο η παρατήρηση είναι κατά 3 μονάδες μεγαλύτερη από αυτή της προηγούμενης χρονικής περιόδου. Η γραμμική εκθετική εξομάλυνση αναγνωρίζει αυτό το γεγονός και το χρησιμοποιεί μέσω του τύπου 3.6 για να υπολογίσει την τάση στα δεδομένα μας.

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (3.6)$$

Όπου S_t είναι η πρόβλεψη που δίνει η απλή εκθετική εξομάλυνση
 β είναι ένας συντελεστής ανάλογος του α και
 T_t είναι η τάση στην χρονοσειρά.

Η βασική αρχή στον τύπο (3.6) είναι ίδια με αυτή της απλής εκθετικής εξομάλυνσης του τύπου (3.5). Η πιο πρόσφατη τάση στην πρόβλεψη ($S_t - S_{t-1}$) βαρύνεται με β και η πιο πρόσφατη τάση T_{t-1} βαρύνεται με $(1-\beta)$. Το άθροισμα αυτών των δύο είναι η νέα πρόβλεψη της τάσης.

Η γραμμική εκθετική εξομάλυνση χρησιμοποιεί την (3.6) για να αποκτήσει την τιμή της τάσης και σε συνδυασμό με την

$$S_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (3.7)$$

δίνει την ζητούμενη πρόβλεψη. Η μόνη διαφορά από την προηγούμενη σχέση (3.5) της απλής εκθετικής εξομάλυνσης είναι ο όρος T_{t-1} .

Χρησιμοποιώντας τις σχέσεις (3.6) και (3.7) και τα δεδομένα του προηγούμενου πίνακα 8 θα επιλύσουμε το πρόβλημα με τη βοήθεια της γραμμικής εκθετικής εξομάλυνσης. Οι καλύτερες τιμές για το α , β , ύστερα από δοκιμές είναι $\alpha = 1$ και $\beta = 1$. Έτσι για την περίοδο 2 έχουμε:

$$\begin{aligned} S_2 &= \alpha X_2 + (1-\alpha)(S_1 + T_1) = 1(X_2) + 0(S_1 + T_1) = 6 \\ T_2 &= \beta(S_2 - S_1) + (1-\beta)T_1 = 1(6-3) + 0(T_1) = 3 \end{aligned}$$

Για την περίοδο 3 έχουμε:

$$\begin{aligned} S_3 &= 1(X_3) + 0(S_2 + T_2) = 9 \\ T_3 &= 1(9-6) + 0(3) = 3 \end{aligned}$$

Συνεχίζοντας τους υπολογισμούς με τον ίδιο τρόπο για την περίοδο 10 έχουμε:

$$\begin{aligned} S_{10} &= 1(X_{10}) + 0(S_9 + T_9) = 30 \\ T_{10} &= 1(27-24) + 0(27+3) = 3 \end{aligned}$$

Παρατηρούμε ότι πρώτα υπολογίζουμε το S και ύστερα το T . Προκειμένου να χρησιμοποιήσουμε τις τιμές S και T για να κάνουμε πρόβλεψη, θα πρέπει να προσθέσουμε στην πρόβλεψη S την τάση T πολλαπλασιασμένη επί τις χρονικές περιόδους για τις οποίες θέλουμε να κάνουμε πρόβλεψη. Ο γενικός τύπος που χρησιμοποιούμε είναι:

$$F_{t+m} = S_t + mT_t \quad (3.8)$$

Έτσι λοιπόν η πρόβλεψη για την περίοδο 11, η οποία είναι μια περίοδος μπροστά ($m = 1$) χρησιμοποιώντας την (3.8) έχουμε:

$$F_{10} = S_{10} + mT_{10} = 30 + 1(3) = 33$$

Ομοίως, οι προβλέψεις για τις περιόδους 12, 13, 14 ($m = 2, 3, 4$) είναι:

$$F_{12} = 30 + 2(3) = 36$$

$$F_{13} = 30 + 3(3) = 39$$

$$F_{14} = 30 + 4(3) = 42$$

Έτσι λοιπόν με τη μέθοδο αυτή και με κατάλληλη επιλογή των α , β μηδενίζεται το σφάλμα πρόβλεψης. Σημαντική διαφορά της μεθόδου τόσο από τον κινητό μέσο όρο όσο και από την απλή εκθετική εξομάλυνση είναι το γεγονός ότι μπορούμε να κάνουμε πρόβλεψη για μεγάλο αριθμό χρονικών περιόδων μπροστά.

3.4 Γραμμική και εποχική εκθετική εξομάλυνση του Winter

Είναι μια ακόμα μορφή εξομάλυνσης η οποία αξίζει να παρουσιαστεί. Αυτή η μέθοδος παράγει αποτελέσματα παρόμοια με αυτά της εκθετικής εξομάλυνσης αλλά έχει ένα επιπλέον πλεονέκτημα. Μπορεί να διαχειριστεί δεδομένα που παρουσιάζουν εποχικότητα καθώς και συγκεκριμένη τάση. Η μέθοδος του Winter συμπεριλαμβάνει μια επιπλέον παράμετρο η οποία διαχειρίζεται την εποχικότητα. Οι τρεις σχέσεις που περιλαμβάνει η μέθοδος του Winter είναι:

$$S_t = \frac{aX_t}{I_{t-1}} + (1-a)(S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (3.9)$$

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1} \quad (3.10)$$

$$I_t = \gamma \frac{X_t}{S_t} + (1-\gamma)I_{t-1} \quad (3.11)$$

Όπου S είναι η τιμή της εξομάλυνσης της πρόβλεψης

T είναι η τάση

I είναι ο παράγοντας της εποχικότητας

L είναι το μήκος της εποχικότητας (π.χ. ο αριθμός μηνών ή τέταρτα ενός χρόνου).

Ο παράγοντας της εποχικότητας I , δίνεται ως ο λόγος της πραγματικής τιμής X προς την εξομαλυσμένη S για την ίδια χρονική περίοδο. Αν το X_t είναι μεγαλύτερο από το S_t ο λόγος θα είναι μεγαλύτερος της μονάδας. Αν το X_t είναι μικρότερο από το S_t , ο λόγος θα είναι μικρότερος της μονάδας. Για να κατανοήσουμε αυτή τη μέθοδο και το ρόλο του παράγοντα της εποχικότητας I θα πρέπει να συνειδητοποιήσουμε ότι το S_t είναι μια εξομαλυσμένη σειρά τιμών η οποία ακολουθεί μια τάση αλλά δεν περιέχει εποχικότητα. Αντιθέτως η χρονοσειρά των δεδομένων X_t περιέχει εποχικότητα. Θα πρέπει ακόμα να θυμόμαστε ότι τα X_t περιλαμβάνουν κύκλο ή δεν είναι τυχαία (include cycle/randomness). Για να εξομαλύνουμε την randomness ο τύπος για το I βαρύνει τον παράγοντα της εποχικότητας $\frac{X_t}{S_t}$ με γ και τον πιο πρόσφατο παράγοντα εποχικότητας I_{t-1} με $(1-\gamma)$.

Ο τύπος για το T_t εξομαλύνει την τάση καθώς βαραίνει την incremental τάση

$(S_t - S_{t-1})$ με β και την προηγούμενη τιμή της τάσης T_{t-1} με $(1-\beta)$. Αυτό ακριβώς γίνεται και στην γραμμική εκθετική εξομάλυνση. Στον τύπο (3.9) για την εξομαλυσμένη τιμή S_t , ο πρώτος όρος διαιρείται με τον παράγοντα της εποχικότητας I_{t-1} . Αυτό γίνεται για να εξαλείψουμε την εποχικότητα από την χρονοσειρά X_t . Για να κατανοήσουμε αυτή την τροποποίηση θα πρέπει να σκεφτούμε την περίπτωση που το I_{t-1} είναι μεγαλύτερο από τη μονάδα. Διαιρώντας το X_t με το I_{t-1} μας δίνει μια τιμή η οποία είναι μικρότερη από την αρχική κατά ένα ποσοστό ίσο με το μέγεθος της εποχικότητας για την χρονική περίοδο $t-1$. Το αντίθετο συμβαίνει όταν το I_{t-1} είναι μικρότερο της μονάδας. Η τιμή του I_{t-1} χρησιμοποιείται σε αυτούς τους υπολογισμούς επειδή το I_t δεν μπορεί να υπολογιστεί μέχρι να γίνει γνωστό το S_t .

Η πρόβλεψη που βασίζεται στο μοντέλο του Winter γίνεται από τον τύπο:

$$F_{t+m} = (S_t + mT_t)I_{t-1+m} \quad (3.12)$$

Τα δεδομένα του παρακάτω πίνακα 9 θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε την μέθοδο του Winter. Το παράδειγμα αναφέρεται σε πωλήσεις (σε χιλιάδες δολάρια) μιας επιχείρησης για έξι χρόνια. Οι πωλήσεις έχουν εποχικότητα και το μήκος της εποχικότητας αναφέρεται σε τρίμηνα.

Έτος	Τρίμηνο	Χρονική περίοδος	Κατανάλωση Τσιμέντου (χιλιάδες τόνους)
1979	1	1	362
	2	2	385
	3	3	432
	4	4	341
1980	1	5	382
	2	6	409
	3	7	498
	4	8	387
1981	1	9	473
	2	10	513
	3	11	582
	4	12	474
1982	1	13	544
	2	14	582
	3	15	681
	4	16	557
1983	1	17	628
	2	18	707
	3	19	773
	4	20	592
1984	1	21	627
	2	22	725
	3	23	854
	4	24	661

Πίνακας 9: Δεδομένα Κατανάλωση Τσιμέντου σε τρίμηνα

Οι τιμές των α , β , γ που χρησιμοποιήσαμε για την επίλυση του προβλήματος ύστερα από δοκιμές είναι : $\alpha = 0,2$, $\beta = 0,1$ και $\gamma = 0,05$.

Ο τρόπος που λαμβάνουμε τις τιμές του πίνακα δίνεται ενδεικτικά για την περίοδο 24

Πρώτα

$$F_{24} = [S_{23} + T_{23}(I)]I_{20} = (709,56 + 17,4) 0,90 = 654,03$$

Έπειτα

$$S_{24} = 0,2 \frac{X_{24}}{I_{20}} + 0,8(S_{23} + T_{23}) = 0,2 \frac{661}{0,9} + 0,8 (709,56 + 17,4) = 728,06$$

Και

$$T_{24} = 0,1(S_{24} - S_{23}) + 0,9T_{23} = 0,1(728,06 - 709,56) + 0,9(17,4) = 17,51$$

Τέλος

$$I_{24} = 0,05 \frac{X_{24}}{S_{24}} + 0,95I_{20} = 0,05 \frac{661}{728,06} + 0,95(0,9024) = 0,90275$$

Οι προβλέψεις και οι διάφορες τιμές εξομάλυνσης φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 10.

Χρονική περίοδος	Πραγματική τιμή X_t	Εξομαλυσμένη τιμή S_t	Παράγοντας εποχικότητας I_t	Τιμή της τάσης T_t	Πρόβλεψη για $m=1$
1	362		0,95		Initial values
2	385		1,01		
3	432		1,14		
4	341		0,90		
5	382	382	1,00	9,17	
6	409	394,05	1,07	14,70	424,79
7	498	411,62	1,18	14,99	481,10
8	387	427,39	0,90	15,07	383,53
9	473	448,17	1,01	15,64	444,32
10	513	467,08	1,07	15,97	495,53
11	582	485,20	1,18	16,18	569,34
12	474	506,52	0,90	16,70	450,90
13	544	526,64	1,01	17,04	526,75
14	582	543,74	1,07	17,04	581,68
15	681	564,08	1,18	17,37	661,55
16	557	588,78	0,90	18,11	523,98
17	628	610,11	1,01	18,43	611,79
18	707	634,99	1,07	19,07	672,48
19	773	654,15	1,18	19,08	772,49
20	592	669,65	0,90	18,72	608,19
21	627	674,96	1,01	17,38	694,66
22	725	689,13	1,07	17,06	742,26
23	854	709,56	1,18	17,40	834,08
24	661	728,06	0,90	17,51	654,03
25	-				753,03

Πίνακας 10: Παράγοντες εξομάλυνσης και πρόβλεψη με τη μέθοδο Winter

Οι προβλέψεις για τις περιόδους 25, 26, 27 και 28 δίνονται για τις διάφορες τιμές του m ($m = 1, m = 2, m = 3, m = 4$):

$$F_{25} = [728,06 + 17,51(1)]1,01 = 753,03$$

$$F_{26} = [728,06 + 17,51(2)]1,07 = 816,50$$

$$F_{27} = [728,06 + 17,51(3)]1,18 = 921,10$$

$$F_{28} = [728,06 + 17,51(4)]0,90 = 718,30$$

Ένα από τα προβλήματα που σχετίζεται με την μέθοδο του Winter είναι ο καθορισμός των τιμών των α , β , γ τα οποία θα ελαχιστοποιούν τα σφάλματα. Αυτό γίνεται μόνο ύστερα από δοκιμές. Η αναζήτηση για τις καλύτερες τιμές γίνεται αφού πρώτα καθορίσουμε για κάθε παράμετρο την κατεύθυνση προς την οποία η τιμή της παραμέτρου μειώνει τα σφάλματα της πρόβλεψης (απόλυτο, συνολικό, μέσο σφάλμα). Ύστερα από πολλές δοκιμές βρίσκουμε το κατάλληλο σετ τιμών.

Ένα από τα πλεονεκτήματα της μεθόδου, όπως και στην γραμμική εκθετική εξομάλυνση είναι ότι μπορούμε να κάνουμε πρόβλεψη για αρκετές χρονικές περιόδους μπροστά.

3.5 Προσαρμοστική εξομάλυνση

Η προσαρμοστική εξομάλυνση είναι μια διαφοροποίηση της απλής εκθετικής εξομάλυνσης. Η διαφορά έγκειται στο ότι δεν χρησιμοποιούμε μια σταθερή τιμή για το α , αλλά προσαρμόζουμε την τιμή του α σύμφωνα με το σφάλμα της πρόβλεψης. Όταν το σφάλμα της πρόβλεψης είναι μεγάλο, η τιμή του α τίθεται κοντά στο 1 ώστε να ρυθμίζει την πρόβλεψη κοντά στην προηγούμενη πραγματική τιμή. Όταν το σφάλμα πρόβλεψης είναι μικρό, η τιμή του α τίθεται κοντά στο 0 και η πρόβλεψη μεταβάλλεται ελάχιστα. Η τιμή του α εξαρτάται από τον λόγο του σφάλματος της εξομαλυσμένης πρόβλεψης προς την απόλυτη τιμή του σφάλματος πρόβλεψης. Αν το σφάλμα πρόβλεψης ακολουθεί μια συνεχή κατεύθυνση ο λόγος θα είναι κοντά στη μονάδα. Όταν η πρόβλεψη δεν έχει συγκεκριμένη κατεύθυνση το σφάλμα θα κινείται κοντά στο μηδέν και το ίδιο θα κάνει και ο λόγος. Οι σχέσεις που χρησιμοποιούνται στην προσαρμοστική εξομάλυνση είναι:

$$F_{t+1} = a_t X_t + (1 - a_t) F_t \quad (3.13)$$

$$a_t = \left| \frac{E_{t-1}}{M_{t-1}} \right| \quad (3.14)$$

$$E_t = \beta e_t + (1 - \beta) E_{t-1} \quad (3.15)$$

$$M_t = \beta |e_t| + (1 - \beta) M_{t-1} \quad (3.16)$$

$$e_t = X_t - F_t \quad (3.17)$$

όπου e_t είναι το σφάλμα πρόβλεψης τη χρονική περίοδο t

E_t είναι το σφάλμα της εξομαλυσμένης πρόβλεψης για την περίοδο t

α_i είναι ο παράγοντας εξομάλυνσης για την περίοδο t
 F_i είναι η πρόβλεψη τη χρονική περίοδο t
 β είναι ένας παράγοντας που παίρνει τιμές μεταξύ 0 και 1.

Επίσης θεωρούμε ότι $E_0 = 0$ και $M_0 = 0$

Η κατάλληλη τιμή για το β βρίσκεται ύστερα από δοκιμές. Όπως και στην απλή εκθετική εξομάλυνση, το προσαρμοστικό μοντέλο δίνει πρόβλεψη για μια ή δύο χρονικές περιόδους μπροστά και υπό την προϋπόθεση ότι στην χρονοσειρά των δεδομένων δεν υπάρχει τάση ούτε εποχικότητα.

Χρησιμοποιώντας το παράδειγμα που δόθηκε στην παράγραφο 3.1, μπορούμε να παρουσιάσουμε διάφορες εκδοχές της προσαρμοστικής εξομάλυνσης. Ο παρακάτω πίνακας δίνει τις τιμές της πρόβλεψης για $\beta = 0,1, 0,5, 0,9$. Παρατηρούμε ότι για την πρώτη περίοδο δεν υπάρχει διαθέσιμη πρόβλεψη και στην θέση της έχουμε χρησιμοποιήσει την πραγματική τιμή της ζήτησης

Χρονική περίοδος	Πραγματικές τιμές	Πρόβλεψη με προσαρμοστική εξομάλυνση		
		$\beta = 0,1$	$\beta = 0,5$	$\beta = 0,9$
1960	2000	-	-	-
1961	1350	2000	2000	2000
1962	1950	1350	1350	1350
1963	1975	1631,633	1032,353	789,6694
1964	3100	1831,777	1377,224	1744,053
1965	1750	2634,344	2715,226	3085,921
1966	1550	1967,726	1814,011	1751,173
1967	1300	1801,826	1792,472	1912,206
1968	2200	1670,14	1855,756	2472,557
1969	2775	1732,897	1685,466	2743,867
1970	2350	1964,735	1749,111	2712,762
1971	-	2111,858	2180,722	2727,109

Πίνακας 11: Πρόβλεψη της κατανάλωσης τσιμέντου με προσαρμοστική εξομάλυνση

Η επίδραση που έχει στην πρόβλεψη η τιμή που θα επιλέξουμε για το β φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Χρονική περίοδος	$\beta = 0,1$		$\beta = 0,5$		$\beta = 0,9$	
	Σφάλμα	Απόλυτο σφάλμα	Σφάλμα	Απόλυτο σφάλμα	Σφάλμα	Απόλυτο σφάλμα
1960	-	-	-	-	-	-
1961	-650	650	-650	650	-650	650
1962	600	600	600	600	600	600
1963	343,3673	343,3673	942,6471	942,6471	1185,331	1185,331
1964	1268,223	1268,223	1722,776	1722,776	1355,947	1355,947
1965	-884,344	884,3444	-965,226	965,2263	-1335,92	1335,921
1966	-417,726	417,7259	-264,011	264,011	-201,173	201,1725
1967	-501,826	501,8255	-492,472	492,4723	-612,206	612,2064
1968	529,8602	529,8602	344,2439	344,2439	-272,557	272,5572
1969	1042,103	1042,103	1089,534	1089,534	31,13261	31,13261
1970	385,2646	385,2646	600,8894	600,8894	-362,762	362,7621
1971	-	-	-	-	-	-

Συνολικό σφάλμα	1714,922	6622,714	2928,381	7671,801	-262,209	6607,03
Μέσο σφάλμα	171,4922	662,2714	292,8381	767,1801	-26,2209	660,703

Πίνακας 12: Σύγκριση των σφαλμάτων πρόβλεψης για την προσαρμοστική εξομάλυνση

Συγκρίνοντας τις τιμές των παραπάνω σφαλμάτων για τις διάφορες τιμές του β παρατηρούμε ότι για $\beta = 0,9$ παίρνουμε την καλύτερη πρόβλεψη.

3.6 Μέθοδος διαχωρισμού

Η μέθοδος διαχωρισμού προσπαθεί να διαιρέσει τη χρονοσειρά σε τρία υποσύνολα τα οποία μαζί συνθέτουν τη χρονοσειρά των δεδομένων. Αυτά είναι η τάση, ο κύκλος και η εποχικότητα. Η τάση αντιπροσωπεύει την μακροπρόθεσμη συμπεριφορά της χρονοσειράς και μπορεί να αυξάνεται, να μειώνεται ή να παραμένει αμετάβλητη. Ο παράγοντας του κύκλου αντιπροσωπεύει τα σκαμπανεβάσματα της οικονομίας ή μιας συγκεκριμένης βιομηχανίας. Ο παράγοντας της εποχικότητας συνδέεται με περιοδικά φαινόμενα μικρού μήκους τα οποία προκαλούνται από παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η βροχόπτωση, το μήνα του έτους και άλλα. Η διαφορά μεταξύ εποχικότητας και κύκλου είναι ότι η εποχικότητα επαναλαμβάνεται κατά τακτά χρονικά διαστήματα όπως ένας χρόνος, ένας μήνας ή μια εβδομάδα ενώ ο κύκλος έχει μεγαλύτερη διάρκεια η οποία διαφέρει από κύκλο σε κύκλο. Έτσι λοιπόν η μέθοδος διαχωρισμού θεωρεί ότι η χρονοσειρά των δεδομένων αποτελείται από:
Δεδομένα = $f(\text{τάση, κύκλος, εποχικότητα}) + \text{σφάλμα}$

Ο παράγοντας του σφάλματος θεωρείται ότι είναι η διαφορά μεταξύ της συνδυασμένης επίδρασης των τριών άλλων παραγόντων και της χρονοσειράς των δεδομένων.

Η σχέση που συνδέει τους παραπάνω παράγοντες είναι :

$$X_t = S_t \cdot T_t \cdot C_t \cdot E_t \quad (3.18)$$

Όπου X_t είναι η τιμή της χρονοσειράς τη χρονική περίοδο t

S_t είναι ο παράγοντας της εποχικότητας τη χρονική περίοδο t

T_t είναι ο παράγοντας της τάσης τη χρονική περίοδο t

C_t είναι ο παράγοντας του κύκλου τη χρονική περίοδο t

E_t είναι ο τυχαίος παράγοντας ή σφάλμα τη χρονική περίοδο t

Για να κατανοήσουμε καλύτερα τη μέθοδο χρησιμοποιούμε τα δεδομένα του παρακάτω πίνακα 13, όπου δίνονται η Κατανάλωση Τσιμέντου σε τρίμηνα για τα έτη 1967-1978.

Χρονική περίοδος	Παρατηρήσεις	Χρονική περίοδος	Παρατηρήσεις	Χρονική περίοδος	Παρατηρήσεις
1	3017,604	17	3849,629	33	4360,332
2	3043,539	18	3701,185	34	4360,533
3	2094,350	19	2642,376	35	3172,184
4	2809,843	20	3585,522	36	4223,762
5	3274,797	21	4078,662	37	4690,480
6	3163,285	22	3907,058	38	4694,484
7	2114,305	23	2818,458	39	3342,355
8	3024,575	24	4089,503	40	4577,628
9	3327,480	25	4339,607	41	4965,459
10	3493,485	26	4148,602	42	5026,046
11	2439,927	27	2916,447	43	3470,139
12	3490,793	28	4084,644	44	4525,936
13	3685,084	29	4242,423	45	5258,715
14	3661,228	30	3997,580	46	5189,582
15	2378,427	31	2881,006	47	3596,765
16	3459,551	32	4036,233	48	3881.604

Πίνακας 13: Κατανάλωση Τιμέντου σε τρίμηνα

Αρχικά ξεχωρίζουμε από τη χρονοσειρά την τάση και τον κύκλο, αυτό γίνεται ως εξής:

Βρίσκουμε την μέση τιμή των 4 πρώτων τιμών των παρατηρήσεων

$$\frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4}{4} = \frac{3017,60 + 3043,54 + 2094,35 + 2809,40}{4} = 2741,33$$

Η τιμή 2741,33 είναι η μέση τιμή για ένα ολόκληρο χρόνο και δεν έχει εποχικότητα, περιέχει μόνο τάση και κύκλο ($T C$).

Στον επόμενο μέσο όρο που υπολογίζω αφαιρώ την τιμή X_1 και εισάγω την τιμή X_5

$$\frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4}{4} = 2805,63$$

Και συνεχίζουμε ομοίως. Δηλαδή στον επόμενο υπολογισμό θα αφαιρέσουμε την τιμή X_2 και θα εισάγουμε την τιμή X_6 και πάει λέγοντας. Κάνοντας την παραπάνω διαδικασία για όλες τις χρονικές περιόδους παίρνουμε μια σειρά από κινητούς μέσους όρους από την αρχή μέχρι το τέλος της χρονοσειράς των δεδομένων. Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι τον πρώτο κινητό μέσο που υπολογίσαμε τον θέτουμε δίπλα στο τρίμηνο 3, τον δεύτερο δίπλα στο τρίμηνο 4 κλπ.

Αν τώρα διαιρέσουμε τις πραγματικές τιμές της χρονοσειράς με τους αντίστοιχους κινητούς μέσους που υπολογίσαμε παραπάνω παίρνουμε το λόγο:

$$\frac{X}{TC} = \frac{TCSE}{TC} = SE \quad (3.19)$$

Οι τιμές που μας δίνει ο λόγος αυτός περιλαμβάνουν μόνο εποχικότητα και κάποιο σφάλμα. Για διευκόλυνση πολλαπλασιάζουμε τις τιμές αυτές με το 100. Τα αποτελέσματα δίνονται συγκεντρωτικά στον παρακάτω πίνακα 14.

Τρίμηνο	Δεδομένα Χ	Κινητός μέσος όρος TC	Λόγος SE100
1	3017,604	-	-
2	3043,539	-	-
3	2094,350	2741,334	76,399
4	2809,843	2805,632	100,150
5	3274,797	2835,569	115,490
6	3163,285	2840,558	111,361
7	2114,305	2894,240	73,052
8	3024,575	2907,411	104,030
9	3327,480	2989,961	111,288
10	3493,485	3071,367	113,744
11	2439,927	3187,921	76,537
12	3490,793	3277,322	106,514
13	3685,084	3319,258	111,021
14	3661,228	3303,883	110,816
15	2378,427	3296,073	72,159
16	3459,551	3337,209	103,666
17	3849,629	3347,198	115,010
18	3701,185	3413,185	108,438
19	2642,376	3444,678	76,709
20	3585,522	3501,936	102,387
21	4078,662	3553,405	114,782
22	3907,058	3597,425	108,607
23	2818,458	3723,421	75,695
24	4089,503	3788,657	107,941
25	4339,607	3849,043	112,745
26	4148,602	3873,540	107,101
27	2916,447	3872,325	75,315
28	4084,644	3848,029	106,149
29	4242,423	3810,274	111,342
30	3997,580	3801,414	105,160
31	2881,006	3789,311	76,030
32	4036,233	3818,788	105,694
33	4360,332	3909,526	111,531
34	4360,533	3982,320	109,497
35	3172,184	4029,203	78,730
36	4223,762	4111,740	102,724
37	4690,480	4195,228	111,805
38	4694,484	4237,770	110,777
39	3342,355	4326,237	77,258
40	4577,628	4394,982	104,156
41	4965,459	4477,872	110,889
42	5026,046	4509,818	111,447
43	3470,139	4496,895	77,167
44	4525,936	4570,210	99,031
45	5258,715	4611,094	114,045
46	5189,582	4642,750	111,778
47	3596,765	4481,667	80,255
48	3881.604	-	-

Πίνακας 14: Κατανάλωσης Τσιμέντου – Κινητός μέσος

Οι λόγοι που δίνονται στην τελευταία στήλη του πίνακα περιέχουν πληροφορίες για να προσδιορίσουμε την εποχικότητα. Αν η τιμή του λόγου είναι μεγαλύτερη από 100 αυτό σημαίνει ότι η πραγματική τιμή του X είναι μεγαλύτερη από τον κινητό μέσο TC . Το αντίθετο συμβαίνει αν ο λόγος είναι μικρότερος του 100. Στον επόμενο πίνακα 15 δίνεται η εποχικότητα για κάθε τρίμηνο και για όλα τα έτη.

Έτος	Πρώτο	Δεύτερο	Τρίτο	Τέταρτο
1967	-	-	76,40	100,15
1968	115,49	111,36	73,05	104,03
1969	111,29	113,74	76,54	106,51
1970	111,02	110,82	72,16	103,67
1971	115,01	108,44	76,71	102,39
1972	114,78	108,61	75,70	107,94
1973	112,75	107,10	75,32	106,15
1974	111,34	105,16	76,03	105,69
1975	111,53	109,50	78,73	102,72
1976	111,81	110,78	77,26	104,16
1977	110,89	111,45	77,17	99,03
1978	114,84	111,78	80,26	-

Πίνακας 15: Κατανάλωση Τσιμέντου - Εποχικότητα

Υπολογίζω για κάθε τρίμηνο την μέση τιμή της εποχικότητας

	Πρώτο	Δεύτερο	Τρίτο	Τέταρτο
S	112,72	109,88	76,28	102,86

Πίνακας 16: Εποχικότητα ανά τρίμηνο

Οι τιμές που βρήκα αποτελούν τη μέση εποχικότητα $\overline{SE} = S$. Το άθροισμα των παραπάνω τιμών δίνει 402,74. Για να κάνω την τιμή αυτή ακριβές πολλαπλάσιο του 100 διαιρώ $\frac{400}{402,75} = 0,9932$ και πολλαπλασιάζω κάθε τιμή με αυτόν τον συντελεστή και έτσι προκύπτει:

	Πρώτο	Δεύτερο	Τρίτο	Τέταρτο
S	111,95	109,13	75,76	103,16

Πίνακας 17: Κανονικοποιημένη εποχικότητα ανά τρίμηνο

Το άθροισμα των παραπάνω τιμών του πίνακα κάνει τώρα 400.

Ο εποχικός παράγοντας 111,95 του πρώτου τριμήνου σημαίνει ότι για το πρώτο τρίμηνο η εποχικότητα είναι κατά 11,95% μεγαλύτερη από το μέσο όρο του χρόνου. Επίσης η τιμή 75,76 του τρίτου τριμήνου σημαίνει ότι για το τρίμηνο αυτό η εποχικότητα είναι κατά 24,24% μικρότερη από αυτή του μέσου όρου του χρόνου.

Επόμενος στόχος μας είναι να ξεχωρίσουμε την τάση από τον κύκλο. Από τα δεδομένα του αρχικού πίνακα 13 και με τη βοήθεια της ανάλυσης παλινδρόμησης (η μέθοδος θα παρουσιαστεί και αναλυθεί σε επόμενη παράγραφο), προσδιορίζεται μια γραμμική σχέση για την τάση T_t της μορφής $T_t = \alpha + \beta t$, όπου οι συντελεστές α, β με τη βοήθεια της ανάλυσης παλινδρόμησης βρέθηκαν $\alpha = 2735,85$, ο σταθερός όρος και $\beta = 38,96$ το ποσό κατά το οποίο αυξάνονται οι πωλήσεις κάθε τρίμηνο.

Έτσι π.χ. για το 10 τρίμηνο είναι:

$$T_{10} = 2735,85 + 38,96(10) = 3125,45$$

Έχοντας υπολογίσει την τάση T_t μπορούμε να υπολογίσουμε τον κύκλο C_t για κάθε τρίμηνο, καθώς :

$$\frac{TC}{T} = C \quad (3.20)$$

Έτσι για το 10 τρίμηνο θα είναι :

$$C_{10} = \frac{T_{10} C_{10}}{T_{10}} = \frac{3071,367}{3125,450} = 98,2$$

Έχοντας διαχωρίσει τώρα την τάση T_t , τον κύκλο C_t και την εποχικότητα S_t (συμπεριλαμβανομένου και κάποιου ενδεχόμενου σφάλματος) μπορούμε να κάνουμε πρόβλεψη για τα επόμενα χρόνια μέσω της σχέσης:

$$X_t = T_t C_t S_t E_t \quad (3.21)$$

Έστω ότι θέλουμε να προβλέψουμε τις πωλήσεις για το πρώτο τρίμηνο του 1979, δηλαδή για τη χρονική περίοδο 49. Θα είναι :

$$T_{49} = 2735,85 + 38,96(49) = 4644,694$$

Ο παράγοντας της εποχικότητας βρίσκεται από τον πίνακα 17. Για το πρώτο τρίμηνο η τιμή είναι 111,95, άρα:

$$S_{49} = \frac{111,95}{100} = 1,1195$$

Για την τιμή του παράγοντα του κύκλου μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την τιμή του για την περίοδο 48, άρα:

$$C_{49} = \frac{98}{100} = 0,98$$

Άρα οι πωλήσεις για την περίοδο 49 θα είναι:

$$X_{49} = T_{49} C_{49} S_{49} = (4644,694)(1,1195)(0,98) = 5095,74$$

Ομοίως υπολογίζουμε για οποιαδήποτε επόμενη χρονική περίοδο.

3.7 Μέθοδος απλής παλινδρόμησης

Η μέθοδος της απλής παλινδρόμησης βασίζεται στην υπόθεση ότι οι πραγματικές τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής συνδέονται με την τιμή μιας ανεξάρτητης μεταβλητής και στοχεύει στην ανάπτυξη ενός μοντέλου το οποίο να εκφράζει την συνάρτηση των μεταβλητών αυτών. Η πρόβλεψη εκφράζεται σαν μια συνάρτηση ενός συγκεκριμένου αριθμού παραγόντων ή μεταβλητών και δεν εξαρτάται απαραίτητα από τον χρόνο. Επίσης υποθέτουμε ότι η σχέση μεταξύ της εξαρτημένης και ανεξάρτητης μεταβλητής είναι γραμμική.

Η μαθηματική εξίσωση που εκφράζει τις παραπάνω υποθέσεις γράφεται ως εξής:

$$\hat{Y} = a + bx \quad (3.22)$$

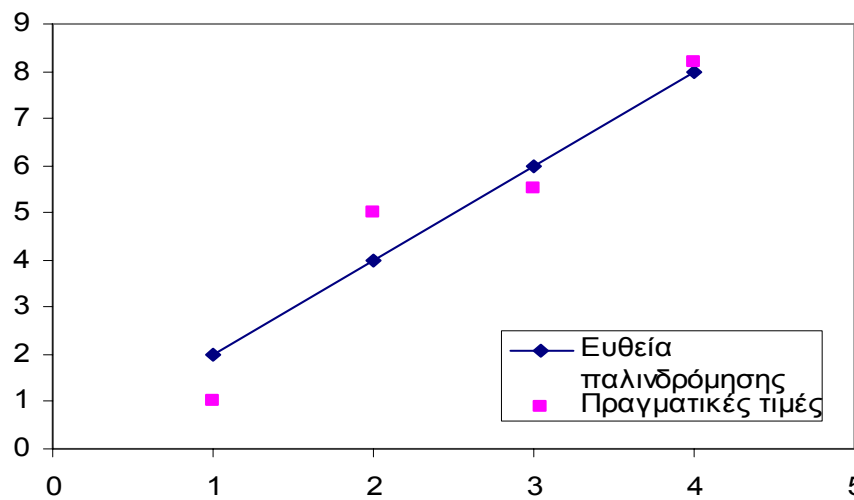
όπου \hat{Y} είναι η υπολογισμένη ή προβλεπόμενη τιμή του Y

x είναι η τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής

a είναι ο σταθερός όρος (το σημείο τομής της ευθείας με τον άξονα των Y)

b είναι ο συντελεστής παλινδρόμησης που δηλώνει το κατά πόσο θα αλλάξει η τιμή του \hat{Y} αν μεταβληθεί η τιμή του x κατά μία μονάδα.

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζονται γραφικά όλα αυτά που αναφέρουμε παραπάνω:



Σχήμα 28: Ευθεία παλινδρόμησης και πραγματικές τιμές

Η ευθεία που δίνει η εξίσωση παλινδρόμησης απεικονίζεται με τη συνεχόμενη γραμμή και τα σημεία πάνω και κάτω αυτής είναι οι πραγματικές τιμές του Y . Υπάρχουν περιπτώσεις όπου η εξαρτημένη μεταβλητή δεν φαίνεται να εξαρτάται γραμμικά από την ανεξάρτητη. Σε αυτές τις περιπτώσεις χρειάζεται να κάνουμε κάποιες μετατροπές σε μια από τις δύο μεταβλητές ώστε να έχουν πραγματικά γραμμική εξάρτηση. Δηλαδή, έστω ότι έχουμε τις μεταβλητές Y και W των οποίων η σχέση γράφεται ως $\hat{Y} = a + \frac{\beta}{W}$. Εδώ δεν υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ των \hat{Y} και

W . Αν όμως θέσουμε $x = \frac{1}{W}$, η σχέση θα γίνει $\hat{Y} = a + bx$, η οποία πλέον έχει μετατραπεί σε γραμμική.

Το επόμενο βήμα μας είναι να καθορίσουμε τις τιμές των a , b . Αυτό γίνεται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, όπου επιδιώκεται η ελαχιστοποίηση του τετραγωνικού σφάλματος μεταξύ της πραγματικής και προβλεπόμενης τιμής του Y , δηλαδή του :

$$\sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2, \text{ όπου } n \text{ ο αριθμός των παρατηρήσεων.}$$

Η μέθοδος μας δίνει ότι:

$$b = \frac{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n XY - n\bar{X}\bar{Y}}{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n X^2 - n\bar{X}^2} \quad (3.23)$$

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (3.24)$$

όπου $\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y$, $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X$ και n είναι ο αριθμός των παρατηρήσεων.

Έχοντας λοιπόν υπολογίσει τις τιμές των a , b μπορούμε μέσω της $\hat{Y} = a + bx$ να προβλέψουμε την τιμή του Y για οποιαδήποτε τιμή του x .

Για να εξετάσουμε τώρα το κατά πόσο καλές είναι οι τιμές του \hat{Y} που παίρνουμε από την παλινδρόμηση, δηλαδή το κατά πόσο κοντά βρίσκονται στις πραγματικές παρατηρήσεις Y , υπολογίζουμε τον συντελεστή συσχέτισης R . Ο συντελεστής συσχέτισης R παίρνει τιμές από -1 έως 1. Όταν η τιμή του είναι μεγαλύτερη από το μηδέν τότε λέμε ότι οι δύο τιμές συσχετίζονται θετικά. Το αντίθετο συμβαίνει αν είναι μικρότερος από το μηδέν. Όταν παίρνει την τιμή μηδέν δεν υπάρχει καμία συσχέτιση μεταξύ των δύο τιμών. Εμείς αυτό που επιθυμούμε είναι να βρίσκεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στο 1.

Ο συντελεστής συσχέτισης δίνεται από τον τύπο:

$$R = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\hat{Y} - \bar{Y})^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (3.25)$$

Πόσο σίγουροι είμαστε όμως ότι για μια δεδομένη τιμή του x , πρόβλεψη \bar{Y} θα είναι κοντά στην πραγματική τιμή του Y ; Σε αυτό θα μας βοηθήσει το τυπικό σφάλμα της πρόβλεψης (SE_f) το οποίο υπολογίζεται από τον τύπο:

$$SE_f = \left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n-2}} \right) \left(1 + \frac{1}{n} + \frac{(X_f - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \right) \quad (3.26)$$

Για να κατανοήσουμε καλύτερα πως λειτουργεί η μέθοδος της απλής παλινδρόμησης θα εξετάσουμε το παρακάτω υποθετικό πρόβλημα, που για δική μας διευκόλυνση είναι μικρού μεγέθους. Τα δεδομένα για την εξαρτημένη και ανεξάρτητη μεταβλητή καθώς και όλοι οι αναγκαίοι υπολογισμοί δίνονται παρακάτω.

	Y_i	X_i	Y_i^2	X_i^2	$X_i Y_i$
1	8	3	64	9	24
2	11	2	121	4	22
3	16	5	256	25	80
4	15	7	225	49	105
Σύνολο	50	17	666	87	231

Πίνακας 18: Μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y = \frac{50}{4} = 12,5, \quad \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X = \frac{17}{4} = 4,25$$

$$b = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n XY - \bar{X}\bar{Y}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X^2 - \bar{X}^2} = \frac{\frac{1}{4}(231) - 12,5(4,25)}{\frac{1}{4}(87) - (4,25)^2} = 1,254$$

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} = 12,5 - 1,254(4,25) = 7,17$$

$$\text{Άρα } \hat{Y} = 7,17 + 1,254 X$$

Έχοντας βρει την εξίσωση της παλινδρόμησης μπορούμε να υπολογίσουμε τις τιμές του \hat{Y} για τις δεδομένες τιμές του X και ύστερα να υπολογίσουμε το συντελεστή συσχέτισης. Στον παρακάτω πίνακα 19 δίνονται όλοι οι αναγκαίοι υπολογισμοί.

	Y_i	\hat{Y}_i	$\hat{Y}_i - \bar{Y}$	$(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2$	$Y_i - \bar{Y}$	$(Y_i - \bar{Y})^2$
1	8	10,93	-1,57	2,4649	-4,5	20,25
2	11	9,68	-2,82	7,9524	-1,5	2,25
3	16	13,44	0,94	0,8836	3,5	12,25
4	15	15,05	3,45	11,9025	2,5	6,25
Σύνολο				23,2034		41

Πίνακας 19: Υπολογισμοί για τον συντελεστή συσχέτισης

Οπότε ο συντελεστής συσχέτισης είναι ίσος με:

$$R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} = \sqrt{\frac{23,2034}{41}} = 0,75 \quad \text{ή} \quad R = 75\%$$

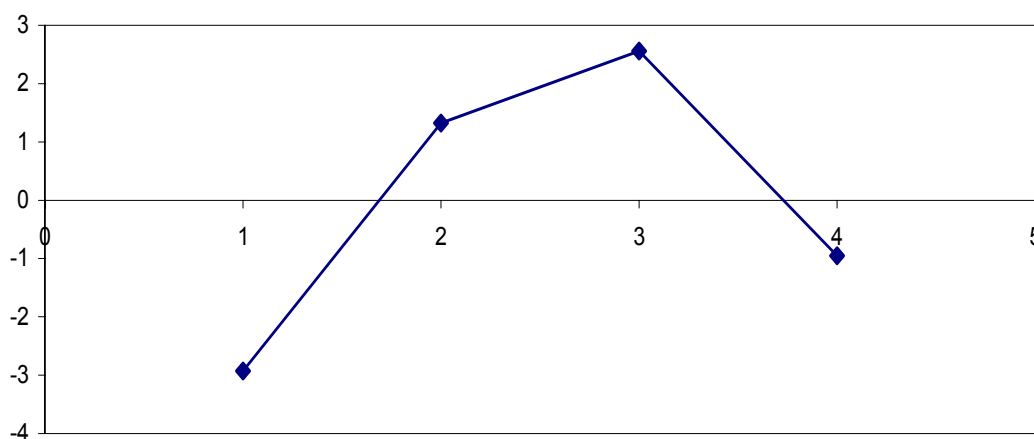
Τα σφάλματα της πρόβλεψης φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

	Y_i	\hat{Y}_i	e_i	$ e_i $
1	8	10,93	-2,93	2,93
2	11	9,68	1,32	1,32
3	16	13,44	2,56	2,56
4	15	15,05	-0,95	0,95

Πίνακας 20: Σφάλμα πρόβλεψης

Το συνολικό απόλυτο σφάλμα $|e_i|$ είναι ίσο με 7,76, ενώ το μέσο απόλυτο σφάλμα είναι ίσο με 1,94.

Η γραφική αναπαράσταση των σφαλμάτων δίνεται στο παρακάτω σχήμα 29 και όπως φαίνεται κατανέμονται ομαλά.



Σχήμα 29: Σφάλματα

Τέλος ολοκληρώνοντας την ανάλυση της μεθόδου της απλής παλινδρόμησης θα αναφερθούμε στην σημασία του στάνταρ σφάλματος της πρόβλεψης SE_f .

Για το παράδειγμα που αναλύσαμε παραπάνω έστω ότι μια μελλοντική τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής $X = 6$. Από την εξίσωση παλινδρόμησης

$$\hat{Y} = 7,17 + 1,254 X, \text{ βρίσκω ότι για } X = 6, \hat{Y} = 14,694$$

Το τυπικό σφάλμα της πρόβλεψης SE_f από τον τύπο (3.26) θα είναι :

$$SE_f = \left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n-2}} \right) \left(1 + \frac{1}{n} + \frac{(X_f - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \right) = \left(\sqrt{\frac{41}{2}} \right) \left(1 + \frac{1}{4} + \frac{(6-4,25)^2}{14,75} \right)$$

$$SE_f = 4,528(1 + 0,25 + 0,21) = 6,61$$

Άρα είμαστε 95% σίγουροι ότι η πραγματική τιμή του Y θα είναι μεταξύ $14,694 \pm 2(6,61) = 14,694 \pm 13,22$ δηλαδή μεταξύ 1,474 και 27,914 αν το $X = 6$.

3.8 Μέθοδος πολλαπλής παλινδρόμησης

Στην περίπτωση που μόνο μια ανεξάρτητη μεταβλητή δεν μπορεί να κάνει επαρκή πρόβλεψη, χρειάζονται δηλαδή παραπάνω από μια ανεξάρτητες μεταβλητές, τότε η απλή παλινδρόμηση δεν αρκεί. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούμε την πολλαπλή παλινδρόμηση, η οποία βασίζεται στις γενικές αρχές της απλής παλινδρόμησης. Η εξίσωση της πολλαπλής παλινδρόμησης έχει τη μορφή:

$$\hat{Y} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + b_nx_n \quad (3.27)$$

όπου $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ είναι οι ανεξάρτητες μεταβλητές από τις οποίες εξαρτάται γραμμικά η εξαρτημένη μεταβλητή Y .

$b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ είναι οι συντελεστές παλινδρόμησης, οι οποίοι εκφράζουν το μέγεθος της μεταβολής του Y σε περίπτωση που μεταβληθεί η μεταβλητή X_i κατά μία μονάδα. Οι συντελεστές b_i υπολογίζονται όπως και στην απλή παλινδρόμηση με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.

Είναι σημαντικό όταν εισάγουμε στο πρόβλημα τις τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών να χρησιμοποιούμε, όσο γίνεται και όπου επιτρέπεται, τις ίδιες μονάδες μέτρησης ώστε να μπορούμε να κάνουμε άμεσες παρατηρήσεις και συγκρίσεις.

Μια επίσης σημαντική παρατήρηση που αφορά στην επιλογή των ανεξάρτητων μεταβλητών. Θα πρέπει να έχουν μεταξύ τους μικρό συντελεστή συσχέτισης, έτσι ώστε να μην προκύπτει η μια από την άλλη, αλλά καθεμία ξεχωριστά να συνεισφέρει στην διαδικασία της παλινδρόμησης.

Όπως και στην απλή παλινδρόμηση έτσι και εδώ μπορεί μια ανεξάρτητη μεταβλητή να μην επηρεάζει γραμμικά την εξαρτημένη, μπορούμε όμως κάνοντας τον κατάλληλο μετασχηματισμό να αποκτήσουμε την γραμμικότητα που επιθυμούμε.

Τη μέθοδο της πολλαπλής παλινδρόμησης θα εξετάσουμε αναλυτικότερα σε επόμενο κεφάλαιο.

3.9 Τα κριτήρια αξιολόγησης μιας πρόβλεψης

Για να μελετήσουμε την προσαρμογή ενός μοντέλου πρόβλεψης, χρησιμοποιούμε τους παρακάτω δείκτες:

- Ο συντελεστής συσχέτισης R , που είναι ένα ποσοστό το οποίο δείχνει το κατά πόσο συσχετίζονται οι πραγματικές και οι προβλεπόμενες τιμές. Παίρνει τιμές από -1 έως 1 και επιθυμούμε μάλιστα να είναι όσο πιο κοντά στη μονάδα γίνεται.
- Το ολικό απόλυτο σφάλμα, που είναι το άθροισμα των απόλυτων διαφορών μεταξύ της πραγματικής και της προβλεπόμενης τιμής της κατανάλωσης τσιμέντου και δίνεται σε χιλιάδες τόνους. Επιθυμούμε να έχουμε το μικρότερο δυνατόν ολικό απόλυτο σφάλμα.
- Το μέσο απόλυτο σφάλμα, προκύπτει από το ολικό απόλυτο σφάλμα αν το διαιρέσουμε με το πλήθος των ετών για τα οποία έχουμε υπολογίσει το ολικό απόλυτο σφάλμα. Δίνεται και αυτό σε χιλιάδες τόνους και θέλουμε να είναι το μικρότερο δυνατό.

- ο Το τυπικό σφάλμα εκτίμησης θέλουμε να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο και

δίνεται από τον τύπο $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-1}}$, όπου y_i είναι οι πραγματικές τιμές και \hat{y}_i οι προβλεπόμενες και n το πλήθος των ετών

- ο Η διασπορά των σφαλμάτων είναι το τετράγωνο της τυπικής απόκλισης, δηλαδή το s^2

- ο Ο προσαρμοσμένος R , $R_{adjust} = \frac{R - R_A}{1 - R_A}$ όπου R είναι ο συντελεστής συσχέτισης

και R_A είναι ο συντελεστής συσχέτισης του μοντέλου $y_t = y_{t-1}$. Ο δείκτης αυτός παίρνει τιμές 0-1 και θέλουμε να είναι όσο πιο κοντά στη μονάδα γίνεται.

- ο Το μέσο απόλυτο ποσοστό σφαλμάτων δίνεται από τον τύπο $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i}$, όπου

y_i είναι οι πραγματικές τιμές και \hat{y}_i οι προβλεπόμενες και n το πλήθος των ετών.

Επιθυμούμε να είναι το μικρότερο δυνατό.

Τους δείκτες αυτούς θα τους υπολογίζουμε στα επόμενα κεφάλαια κατά την επίλυση του εκάστοτε μοντέλου πρόβλεψης, για να αξιολογούμε την πρόβλεψη.

Αναφορές

Steven C. Wheelwright and Spyros Makridakis (1985). *Forecasting methods for management* (4th edition). John Wiley and sons publication. New York

John A. Saunders, John A. Sharp and Stephen F. Witt (1987). *Practical business forecasting*. Gower publishing company. England.

Κεφάλαιο 4: Μοντελοποίηση με χρήση ανάλυσης παλινδρόμησης

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε τα μοντέλα ποσοτικής και ποιοτικής ανάλυσης παλινδρόμησης, δηλαδή τα μοντέλα που χρησιμοποιήσαμε για να κάνουμε την πρόβλεψη.

Η ποσοτική ανάλυση παλινδρόμησης έγκειται στην ανάπτυξη ενός γραμμικού προγράμματος μέσω του οποίου θα βρούμε τους συντελεστές παλινδρόμησης των μεταβλητών που επηρεάζουν την Κατανάλωση Τσιμέντου. Το μοντέλο ποσοτικής παλινδρόμησης αποτελείται από το βασικό μοντέλο, όπου χρησιμοποιούμε τις απόλυτες τιμές των μεταβλητών και το μοντέλο διαφορών όπου χρησιμοποιούμε την % ετήσια μεταβολή των μεταβλητών μας.

Η ποιοτική ανάλυση παλινδρόμησης έγκειται στην ανάπτυξη ενός μη γραμμικού μοντέλου το οποίο καθορίζει τις συναρτήσεις αξιών των παραμέτρων, οι οποίες είναι γραμμικές μόνο κατά τμήματα. Εδώ χρησιμοποιούμε μόνο την ετήσια % μεταβολή των μεταβλητών.

4.1 Ποσοτική ανάλυση παλινδρόμησης

4.1.1 Βασικό μοντέλο

Το βασικό μοντέλο στηρίζεται στην υπόθεση ότι η Κατανάλωση Τσιμέντου (εξαρτημένη μεταβλητή) εξαρτάται από τις απόλυτες τιμές των 12 παραγόντων (ανεξάρτητες μεταβλητές), Συνολικός Πληθυσμός, Αστικός Πληθυσμός, ΑΕΠ, Τριτογενής Τομέας, Άδηλοι Πόροι, Εισροή Κεφαλαίων, ιδιωτικές και Δημόσιες Επενδύσεις, Άνεργος Πληθυσμός, Στεγαστικά Επιτόκια, Χρήση Τσιμέντου και Κατανάλωση Τσιμέντου του προηγούμενου έτους όπως παρουσιάστηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο. Η συνεισφορά του καθενός από τους παραπάνω παράγοντες στην Κατανάλωση Τσιμέντου είναι σταθερή και αναλογική και υπάρχει μια γραμμική σχέση που συνδέει τους παράγοντες αυτούς με την Κατανάλωση Τσιμέντου. Σκοπός λοιπόν του μοντέλου αυτού είναι η ανεύρεση των συντελεστών των μεταβλητών που γραμμικά επηρεάζουν την Κατανάλωση Τσιμέντου. Για το λόγο αυτό εισάγουμε τους συντελεστές b_i των παραγόντων.

Στον παρακάτω πίνακα 21 παρουσιάζονται αναλυτικά οι παράγοντες του μοντέλου με τις αντίστοιχες μονάδες μέτρησης, τους συμβολισμούς αυτών και τους συντελεστές τους.

Παράγοντας	Μονάδα μέτρησης παράγοντα	Συμβολισμός παράγοντα	Συντελεστής
Σταθερός	χιλιάδες τόνοι τσιμέντου	-	b_0
Κατανάλωση Προηγούμενου Έτους	χιλιάδες τόνοι τσιμέντου	Y_{t-1}	b_1
Συνολικός Πληθυσμός	εκατομμύρια κάτοικοι	X_{1t}	b_2

Αστικός Πληθυσμός	εκατομμύρια κάτοικοι	X_{2t}	b_3
ΑΕΠ	δισ Ευρώ	X_{3t}	b_4
Τριτογενής Τομέας	δισ Ευρώ	X_{4t}	b_5
Αδελφοί Πόροι	δισ Ευρώ	X_{5t}	b_6
Εισροή Κεφαλαίων	δισ Ευρώ	X_{6t}	b_7
Δημόσιες Επενδύσεις	δισ Ευρώ	X_{7t}	b_8
Ιδιωτικές Επενδύσεις	δισ Ευρώ	X_{8t}	b_9
Χρήση Τσιμέντου	Τόνοι τσιμέντου / χιλιάδες m ³ οικοδομών	X_{9t}	b_{10}
Άνεργος Πληθυσμός	εκατομμύρια άνεργοι	X_{10t}	b_{11}
Στεγαστικά Επιτόκια	ποσοστιαίες μονάδες	X_{11t}	b_{12}

Πίνακας 21: Ορισμός μεταβλητών βασικού μοντέλου

Η εξίσωση παλινδρόμησης που συνδέει τις παραπάνω εξαρτημένες και ανεξάρτητες μεταβλητές είναι η εξής:

$$Y_t = b_0 + b_1 Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{12} b_{i+1} X_{it} \quad (4.1)$$

Όπου Y_t είναι η Κατανάλωση Τσιμέντου τη χρονική περίοδο t

b_i είναι οι εκτιμώμενοι συντελεστές

X_{it} είναι η τιμή του i παράγοντα τη χρονική περίοδο t ,

($i=1,...,12$, $t = 1961,...,2000$).

Στο μοντέλο αυτό, όπως προαναφέραμε χρησιμοποιούμε τις απόλυτες τιμές των μεταβλητών και τα αποτελέσματα που παράγονται είναι άμεσα κατανοητά και αξιοποιήσιμα. Θα πρέπει να παρατηρήσουμε τη χρήση του σταθερού όρου b_0 και του συντελεστή b_1 της κατανάλωσης τσιμέντου της προηγούμενης χρονιάς. Οι συντελεστές αυτοί δηλώνουν ότι θα πρέπει να υπάρχει ένα ελάχιστο επίπεδο Κατανάλωσης Τσιμέντου για οποιαδήποτε χρονική περίοδο και γι' αυτό κρίνεται απαραίτητη η ύπαρξή τους στο βασικό μοντέλο. Ο σταθερός όρος b_0 δηλώνει μια ελάχιστη τιμή κάτω από την οποία δεν μπορεί να πέσει η Κατανάλωση Τσιμέντου. Ο συντελεστής Κατανάλωσης Τσιμέντου της προηγούμενης χρονιάς b_1 δηλώνει ότι η Κατανάλωση Τσιμέντου οποιασδήποτε χρονιάς δεν μπορεί να είναι μικρότερη από το ποσοστό b_1 της κατανάλωσης του προηγούμενου έτους.

Να σημειωθεί ότι στο μοντέλο αυτό χρησιμοποιούμε τις απόλυτες τιμές τόσο της εξαρτημένης όσο και των ανεξάρτητων μεταβλητών (πίνακας 21). Τα δεδομένα μας μπορούν να δοθούν και με μια υστέρηση ενός, δύο ή και τριών χρόνων διότι ενδέχεται η επιρροή που ασκούν κάποιοι από τους παράγοντες στην κατανάλωση του τσιμέντου, να γίνει πιο ξεκάθαρη (δηλαδή αν επηρεάζουν την κατανάλωση πολύ ή λίγο ή και καθόλου) μετά από αυτό το χρονικό διάστημα που ορίζουμε. Αναλύσεις που αφορούν την υστέρηση δίνονται αναλυτικά στο κεφάλαιο 6.

Έχοντας λοιπόν ορίσει τόσο τις μεταβλητές όσο και τους συντελεστές, προχωρούμε στην παρουσίαση του μοντέλου γραμμικού προγραμματισμού, το οποίο ελαχιστοποιεί το άθροισμα των σφαλμάτων υποεκτίμησης και υπερεκτίμησης για κάθε χρονική περίοδο και το οποίο έχει την εξής μορφή:

$$\text{Min } F = \sum_{j=1}^{39} (\sigma_j^- + \sigma_j^+)$$

Υπό τους περιορισμούς

$$b_0 + b_1 Y_{j-1} + \sum_{i=1}^{11} b_i X_{ij} + \sigma_j^- - \sigma_j^+ = Y_j \quad \text{για } j = 1, 2, \dots, 39 \quad (4.2)$$

$$b_i \geq 0 \text{ για } i = 0, 1, 2, \dots, 10$$

$$b_i \leq 0 \text{ για } i = 11, 12$$

$$\sigma_j^-, \sigma_j^+ \geq 0 \text{ για } j = 1, 2, \dots, 39$$

Όπου σ_j^+ και σ_j^- είναι τα σφάλματα υπερεκτίμησης και υποεκτίμησης αντίστοιχα της χρονικής περιόδου j , ενώ $j = t - 1961$ είναι η περίοδος του χρονικού ορίζοντα σε σχέση με το έτος t .

Πρέπει να παρατηρήσουμε ότι όλοι οι συντελεστές θα πρέπει να έχουν θετικές τιμές εκτός από τους συντελεστές b_{11} και b_{12} που αντιστοιχούν στους παράγοντες Άνεργος Πληθυσμός και Στεγαστικά Επιτόκια καθώς οι προαναφερόμενοι παράγοντες επηρεάζουν αρνητικά την Κατανάλωση Τσιμέντου.

Έχουμε, λοιπόν, να επιλύσουμε ένα γραμμικό πρόβλημα με 39 περιορισμούς (όσα και τα έτη για τα οποία έχουμε δεδομένα) και 91 μεταβλητές (13 μεταβλητές από τους συντελεστές b_i και 78 μεταβλητές από τα σφάλματα σ_j^+ και σ_j^- για καθένα από τα 39 έτη).

Το παραπάνω μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού που δίνει τη βασική μοντελοποίηση είναι γνωστό ως μοντέλο του **Wagner**, όπου η αντικειμενική συνάρτηση ελαχιστοποιεί το άθροισμα των σφαλμάτων υπερεκτίμησης (σ_j^+) και υποεκτίμησης (σ_j^-).

Κατά τη διάρκεια των διερευνήσεων μας χρησιμοποιήσαμε εναλλακτικούς τρόπους στάθμισης των σφαλμάτων πρόβλεψης με στόχο τον καθορισμό της βαρύτητας που έχουν τα σφάλματα διαφορετικών χρονικών περιόδων. Οι εναλλακτικοί αυτοί τρόποι είναι:

- I. Η γραμμική στάθμιση βαρών - **Linear Weighted Error** - η οποία δίνει μεγαλύτερη βαρύτητα στα σφάλματα των τελευταίων ετών και έχει τη μορφή:

$$\text{Min } F = \sum_{j=1}^{39} j(\sigma_j^- + \sigma_j^+) \quad (4.3)$$

- II. Η εκθετική στάθμιση βαρών - **Exponential Weighted Error** - η οποία κατανέμει εκθετικά τη σημαντικότητα των σφαλμάτων δίνοντας συντριπτικά μεγαλύτερο βάρος στα σφάλματα των τελευταίων ετών και έχει τη μορφή:

$$\text{Min } F = \sum_{j=1}^{39} j^4(\sigma_j^- + \sigma_j^+) \quad (4.4)$$

- III. Το κριτήριο **Chebyshev** – που ελαχιστοποιεί το μέγιστο σφάλμα και έχει τη μορφή:

$$\text{Min } F = z \text{ με } \sigma_j^-, \sigma_j^+ \leq z \text{ για κάθε } j \quad (4.5)$$

Στη συνέχεια, λόγω της αστάθειας και της αβεβαιότητας των δεδομένων, κρίνεται απαραίτητη η εφαρμογή της ανάλυσης ευστάθειας των αποτελεσμάτων που δίνει το γραμμικό πρόγραμμα (4.2). Η ανάλυση ευστάθειας αντιμετωπίζεται ως ένα πρόβλημα μεταβελτιστοποίησης, όπου εκτιμούνται τα διαστήματα τιμών στα οποία μεταβάλλονται οι συντελεστές b_i . Έτσι, κατά τη συγκεκριμένη φάση μορφοποιούνται και επιλύονται 26 γραμμικά προγράμματα (αριθμός διπλάσιος σε σχέση με τον αριθμό των συντελεστών b_i) με την ακόλουθη μορφή:

$$\begin{aligned} \text{Min } F' &= b_i \text{ και } \text{Max } F' = b_i \\ &\text{υπό} \\ \sum_{j=1}^{39} (\sigma_j^- + \sigma_j^+) &\leq (1+\varepsilon) F^* \end{aligned} \quad (4.6)$$

και όλους τους περιορισμούς του βασικού μοντέλου (4.2)

όπου ε είναι ένας μικρός θετικός αριθμός (ποσοστό παραχώρησης σφαλμάτων) και F^* είναι η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης του βασικού μοντέλου (4.2). Ως τελική τιμή των συντελεστών b_i θεωρούμε τη μέση τιμή που έχουν δώσει τα 26 γραμμικά προγράμματα (4.6).

Για να μελετήσουμε την προσαρμογή του μοντέλου, χρησιμοποιούμε τους δείκτες προσαρμογής (η ανάλυση και η παρουσίαση των τύπων έχει δοθεί στην παράγραφο 3.9):

- Ο συντελεστής συσχέτισης R
- Το ολικό απόλυτο σφάλμα
- Το μέσο απόλυτο σφάλμα
- Η τυπική απόκλιση των σφαλμάτων
- Η διασπορά των σφαλμάτων
- Ο συντελεστής προσαρμογής
- Το μέσο απόλυτο ποσοστό σφαλμάτων

4.1.2 Αποτελέσματα του βασικού μοντέλου

Στην παράγραφο αυτή θα παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα που μας δίνει η επίλυση του βασικού μοντέλου. Τα αποτελέσματα των εναλλακτικών αντικειμενικών συναρτήσεων τα παραθέτουμε στο Παράρτημα Β. Όπως προείπαμε το βασικό μοντέλο μας δίνει τους συντελεστές των παραγόντων, οι οποίοι δηλώνουν την αύξηση ή την μείωση της Κατανάλωσης Τσιμέντου, σε χιλιάδες τόνους σε περίπτωση αύξησης ή μείωσης αντίστοιχα του συγκεκριμένου παράγοντα κατά μία μονάδα (ανάλογα με τη μονάδα μέτρησης του). Στα αποτελέσματα που παρουσιάζονται να σημειωθεί ότι δεν έχει συμπεριληφθεί η υστέρηση των παραγόντων. Η χρήση της υστέρησης αναλύεται και πραγματοποιείται στις προχωρημένες αναλύσεις στο κεφάλαιο 6.

Στον παρακάτω πίνακα 22 δίνονται οι συντελεστές των παραγόντων και οι μονάδες μέτρησης των συντελεστών που μας έδωσε η μεταβελτιστοποίηση του βασικού μοντέλου.

Παράγοντες	Συντελεστές	Μονάδα μέτρησης συντελεστών
Σταθερός	278,98	χιλιάδες τόνοι τσιμέντου
Χρήση τσιμέντου	7,63	εκατομμύρια m^3 οικοδομών
Συνολικός Πληθυσμός	48,63	χιλιάδες τόνοι / εκατομμύρια κάτοικοι
Αστικός Πληθυσμός	50,58	χιλιάδες τόνοι /εκατομμύρια κάτοικοι
Άνεργος Πληθυσμός	-2975,50	χιλιάδες τόνοι /εκατομμύρια άνεργοι
ΑΕΠ	11,01	χιλιάδες τόνοι /δισ Ευρώ
Τριτογενής Τομέας	8,17	χιλιάδες τόνοι /δισ Ευρώ
Άδελφοι Πόροι	107,85	χιλιάδες τόνοι /δισ Ευρώ
Εισροή Κεφαλαίων	49,89	χιλιάδες τόνοι /δισ Ευρώ
Δημόσιες Επενδύσεις	127,12	χιλιάδες τόνοι /δισ Ευρώ
Ιδιωτικές Επενδύσεις	142,07	χιλιάδες τόνοι /δισ Ευρώ
Επιτόκια Στεγαστικών Δανείων	-2447,93	χιλιάδες τόνοι /ποσοστιαία μονάδα
Κατανάλωση Προηγούμενη Έτους	0,33	-

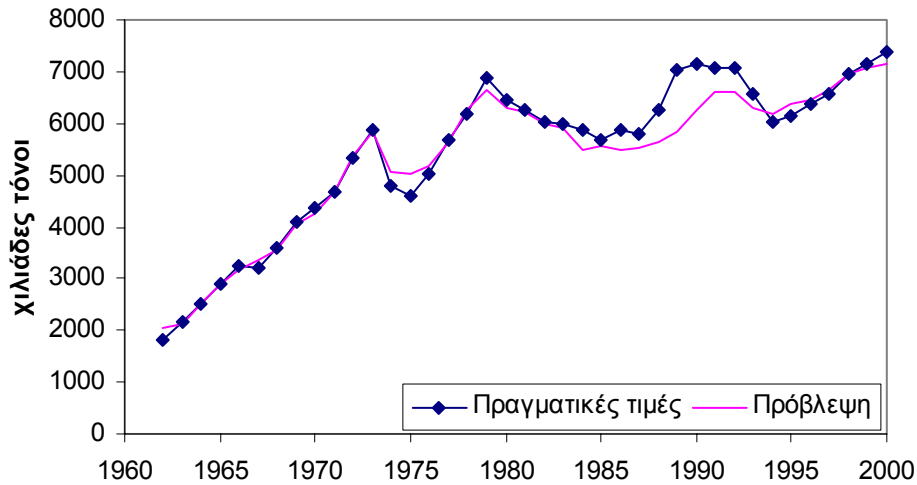
Πίνακας 22: Συντελεστές παραγόντων του βασικού μοντέλου

Πιο συγκεκριμένα τα αποτελέσματα δείχνουν ότι:

1. Αν ο Συνολικός Πληθυσμός αυξηθεί κατά ένα εκατομμύριο, τότε η Κατανάλωση Τσιμέντου αναμένεται να αυξηθεί κατά 48,63 χιλιάδες τόνους
2. Αύξηση του ΑΕΠ κατά 1δισ Ευρώ αναμένεται να αυξήσει την Κατανάλωση Τσιμέντου κατά 11,01 χιλιάδες τόνους.
3. Ανάλογη ερμηνεία ισχύει και για τους υπόλοιπους παράγοντες .
4. Αν αυξηθεί ο άνεργος πληθυσμός κατά 1 εκατομμύριο, η Κατανάλωση Τσιμέντου αναμένεται να μειωθεί κατά 2975,50 χιλιάδες τόνους.
5. Παρόμοια ισχύει και για τα Στεγαστικά Επιτόκια.
6. Ο σταθερός όρος $b_0 = 278,98$ σημαίνει ότι η Κατανάλωση Τσιμέντου για κάθε έτος δεν θα πρέπει να πέσει κάτω από τους 278,98 χιλιάδες τόνους τσιμέντο.
7. Ο συντελεστής κατανάλωσης της προηγούμενης χρονιάς $b_1 = 33\%$ σημαίνει ότι η ελάχιστη Κατανάλωση Τσιμέντου για το κάθε έτος είναι ίση με την κατανάλωση του προηγούμενου έτους επαυξημένη κατά 33%.

Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι οι τιμές των συντελεστών b_i των παραγόντων δηλώνουν την σημαντικότητα των παραγόντων στο μοντέλο πρόβλεψης. Δεν μπορούμε να συγκρίνουμε μεταξύ τους, τους συντελεστές των παραγόντων αφού οι μονάδες μέτρησής τους είναι διαφορετικές. Στην περίπτωση όμως που θέλουμε να έχουμε μια σύγκριση, μπορούμε μονό να συγκρίνουμε ίδια σύνολα μεγεθών, δηλαδή τα οικονομικά μεγέθη μεταξύ τους ή τα πληθυσμιακά κριτήρια μεταξύ τους αφού έχουν τις ίδιες μονάδες μέτρησης.

Από την πραγματική και προβλεπόμενη Κατανάλωση Τσιμέντου, μπορούμε να απεικονίσουμε γραφικά την εξέλιξη αυτών των δύο τιμών σε ένα διάγραμμα όπως αυτό του σχήματος 30.



Σχήμα 30: Γραφική απεικόνιση της πραγματικής και προβλεπόμενης κατανάλωσης του βασικού μοντέλου

Έτος	Πραγματικές τιμές	Πρόβλεψη
1962	1816,32	2047,37
1963	2150,40	2127,05
1964	2497,92	2508,56
1965	2913,60	2895,64
1966	3244,80	3180,30
1967	3213,12	3356,30
1968	3578,88	3564,92
1969	4086,72	4040,69
1970	4374,72	4246,82
1971	4690,56	4665,39
1972	5326,08	5377,80
1973	5858,88	5829,33
1974	4775,04	5078,68
1975	4588,80	5039,46
1976	5039,04	5190,97
1977	5678,40	5661,70
1978	6200,64	6273,50
1979	6883,20	6636,39
1980	6461,76	6314,49
1981	6254,40	6229,09
1982	6010,56	6004,66
1983	6006,72	5916,03
1984	5873,28	5486,11
1985	5688,00	5566,61
1986	5880,96	5493,88
1987	5794,56	5534,43
1988	6254,40	5651,91
1989	7036,80	5851,97
1990	7165,85	6251,39
1991	7091,36	6606,04
1992	7064,28	6603,52
1993	6555,92	6294,32

1994	6047,86	6193,51
1995	6128,19	6361,36
1996	6378,00	6459,62
1997	6568,00	6646,92
1998	6954,00	6941,48
1999	7146,00	7066,11
2000	7380,00	7156,43

Πίνακας 23: Πραγματικές και προβλεπόμενες τιμές για το βασικό μοντέλο

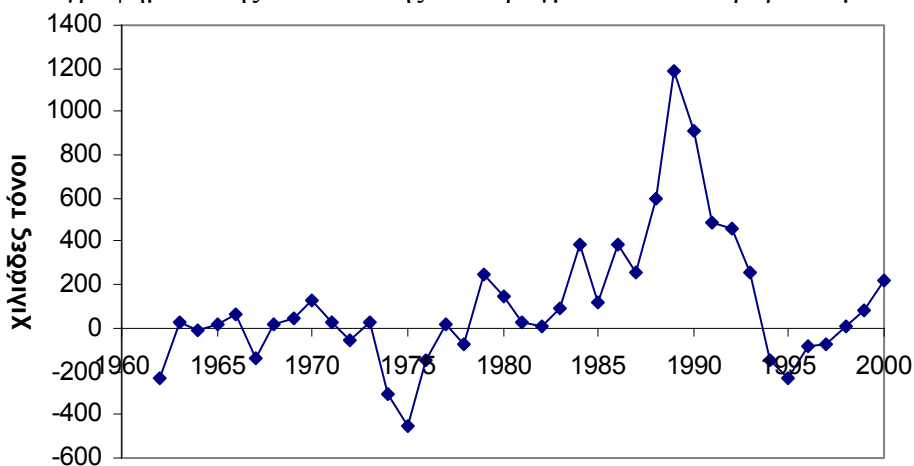
Παρατηρούμε ότι η πρόβλεψη που δίνει το βασικό μοντέλο έχει πολύ καλή προσαρμογή στις πραγματικές τιμές. Από το 1974 έως το 1976 και από το 1988 έως το 1992, έχουμε μια μικρή απόκλιση από τις πραγματικές τιμές και οι δυο γραμμές δεν ταυτίζονται αρκετά.

Εκτός όμως από το γράφημα έχουμε και τους δείκτες σφαλμάτων και προσαρμογής, τους οποίους αναλύσαμε στην προηγούμενη παράγραφο και των οποίων οι τιμές φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Δείκτες Σφαλμάτων και Προσαρμογής	Τιμή	Μονάδες μέτρησης δεικτών
Συνολικό σφάλμα	4307,26	Χιλιάδες τόνοι
Συνολικό απόλυτο σφάλμα	8217,34	
Μέσο σφάλμα	110,44	
Μέσο απόλυτο σφάλμα	210,70	
Διασπορά σφαλμάτων	112534,57	-
Τυπική απόκλιση σφαλμάτων	335,46	Χιλιάδες τόνοι
Μέσο απόλυτο ποσοστό σφαλμάτων	3,74%	-
Συντελεστής συσχέτισης	98,04%	-
Συντελεστής προσαρμογής	41,67%	-

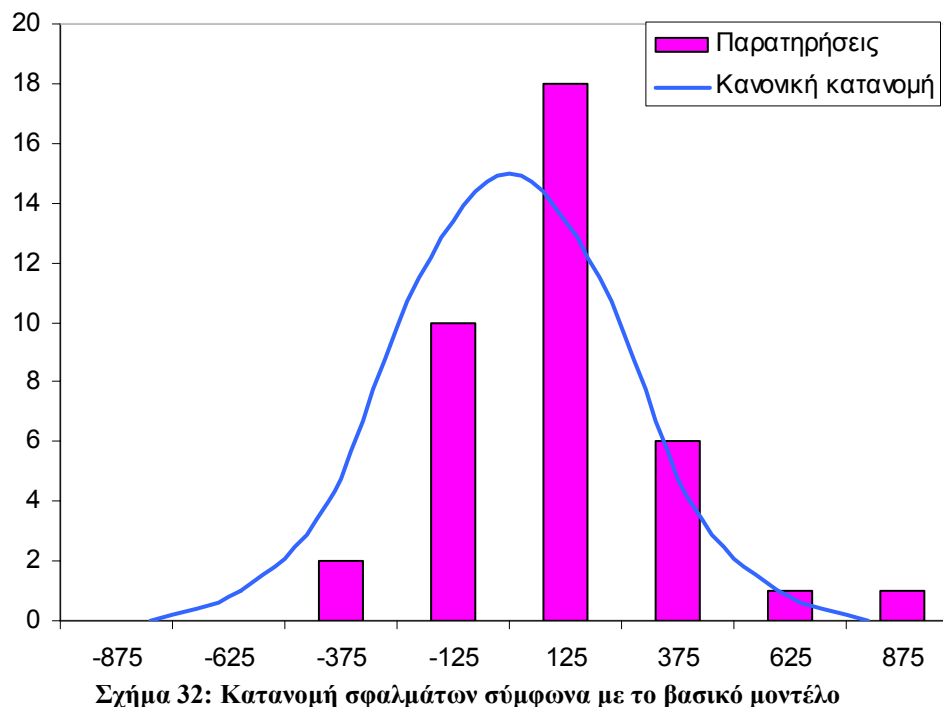
Πίνακας 24: Δείκτες σφαλμάτων και προσαρμογής του βασικού μοντέλου

Η ακρίβεια του συγκεκριμένου μοντέλου είναι ιδιαίτερα υψηλή, δεδομένου ότι ο συντελεστής συσχέτισης $R = 98,04\%$ και ο συντελεστής προσαρμογής δίνει μια ικανοποιητική τιμή $41,67\%$. Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα, το μέσο απόλυτο σφάλμα της εκτίμησης ανέρχεται σε 210,70 χιλιάδες τόνους. Βέβαια τα σφάλματα δεν κατανέμονται ομαλά σε ολόκληρο το διάστημα 1960-2000. Τα σφάλματα ανά έτος απεικονίζονται γραφικά στο σχήμα 31, όπου τα μεγαλύτερα σφάλματα αφορούν τις περιόδους 1974-1976 και 1988-1992 κάτι άλλωστε που είδαμε και από τα γραφήματα της απεικόνισης των πραγματικών και προβλεπόμενων τιμών.



Σχήμα 31: Σφάλματα ανά έτος σύμφωνα με το βασικό μοντέλο

Η εμπειρική κατανομή των σφαλμάτων προσεγγίζεται αρκετά από την κανονική κατανομή, γεγονός που υποδηλώνει την τυχαιότητα των σφαλμάτων της πρόβλεψης και φυσικά την έλλειψη συστηματικών σφαλμάτων (σχήμα 32).



Σχήμα 32: Κατανομή σφαλμάτων σύμφωνα με το βασικό μοντέλο

Με τη χρήση ενός t-test είναι δυνατό να υπολογιστεί το 95% διάστημα εμπιστοσύνης της μέσης τιμής των απόλυτων σφαλμάτων πρόβλεψης. Το διάστημα αυτό υπολογίζεται από $(210,70 - 105,28)$ έως $(210,70 + 105,28)$. Δηλαδή με πιθανότητα 95% το μέσο απόλυτο σφάλμα της εκτίμησης θα κυμαίνεται από 105,42 έως 315,98.

4.1.3 Μοντέλο διαφορών

Το μοντέλο διαφορών έχει και αυτό την ίδια λογική μοντελοποίησης με το βασικό μοντέλο, με βασική διαφορά ότι χρησιμοποιεί την % ετήσια μεταβολή τόσο των εξαρτημένων όσο και των ανεξάρτητων μεταβλητών. Η συνεισφορά της ετήσιας % μεταβολής του καθενός από τους παράγοντες στην ετήσια % μεταβολή της Κατανάλωσης Τσιμέντου είναι σταθερή και αναλογική και υπάρχει μια γραμμική σχέση που συνδέει τις ετήσιες % μεταβολές των παραγόντων αυτών με την ετήσια % μεταβολή της Κατανάλωσης Τσιμέντου. Σκοπός λοιπόν του μοντέλου αυτού είναι η ανεύρεση των συντελεστών των μεταβλητών που γραμμικά επηρεάζουν την ετήσια % μεταβολή της Κατανάλωσης Τσιμέντου.

Εισάγουμε και εδώ τους συντελεστές b_i μόνο που στο μοντέλο αυτό δεν χρησιμοποιείται ο σταθερός όρος b_0 και η Κατανάλωση Τσιμέντου Προηγούμενου Έτους καθώς δεν έχουν καμία σημασία σύμφωνα με την συγκεκριμένη μοντελοποίηση. Δηλαδή το γραμμικό μοντέλο διαφορών θεωρεί ότι η ετήσια μεταβολή της Κατανάλωσης Τσιμέντου εξαρτάται μόνο από τις ετήσιες μεταβολές

των υπόλοιπων 11 παραγόντων, όπως αυτοί έχουν οριστεί στο κεφάλαιο 2 και δίνονται αναλυτικά στον πίνακα 25.

Παράγοντας	Μονάδα μέτρησης παραγόντων	Συμβολισμός παράγοντα	Συντελεστής
Συνολικός Πληθυσμός	% ετήσια μεταβολή	ΔX_{1t}	b_1
Αστικός Πληθυσμός		ΔX_{2t}	b_2
ΑΕΠ		ΔX_{3t}	b_3
Τριτογενής Τομέας		ΔX_{4t}	b_4
Άδηλοι Πόροι		ΔX_{5t}	b_5
Εισροή Κεφαλαίων		ΔX_{6t}	b_6
Δημόσιες Επενδύσεις		ΔX_{7t}	b_7
Ιδιωτικές Επενδύσεις		ΔX_{8t}	b_8
Χρήση Τσιμέντου		ΔX_{9t}	b_9
Άνεργος Πληθυσμός		ΔX_{10t}	b_{10}
Επιτόκια Στεγαστικών Δανείων		ΔX_{11t}	b_{11}

Πίνακας 25: Ορισμός μεταβλητών του μοντέλου διαφορών

Σύμφωνα λοιπόν με όλα τα παραπάνω η εξίσωση παλινδρόμησης διαμορφώνεται ως εξής:

$$\Delta Y_t = \sum_{i=1}^{11} b_i \Delta X_{it}$$

Όπου ΔY_t η % ετήσια μεταβολή της Κατανάλωσης Τσιμέντου τη χρονική περίοδο t

b_i είναι οι συντελεστές των παραγόντων και

ΔX_{it} είναι η % ετήσια μεταβολή του i παράγοντα τη χρονική περίοδο t ($i=1,2,\dots,11$ $t = 1962,\dots,2000$).

Θα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι με το μοντέλο αυτό προβλέπουμε την ετήσια μεταβολή της Κατανάλωσης Τσιμέντου και όχι την απόλυτη τιμή αυτής. Προκειμένου να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα που δίνει το μοντέλο αυτό σε σχέση με τα υπόλοιπα θα πρέπει πρώτα να μετατρέψουμε την ετήσια % μεταβολή της Κατανάλωσης Τσιμέντου σε απόλυτη τιμή και ύστερα να κάνουμε οποιεσδήποτε συγκρίσεις.

Με βάση όλα τα παραπάνω παρουσιάζουμε τώρα το γραμμικό πρόγραμμα, το οποίο ελαχιστοποιεί το άθροισμα των σφαλμάτων υποεκτίμησης και υπερεκτίμησης και έχει την εξής μορφή:

$$\text{Min } F = \sum_{j=1}^{39} (\sigma_j^- + \sigma_j^+)$$

υπό τους περιορισμούς

$$\sum_{i=1}^{11} b_i \Delta X_{ij} + \sigma_j^- - \sigma_j^+ = \Delta Y_j \quad (4.7)$$

$$b_i \geq 0 \text{ για } i = 1, 2, \dots, 9$$

$$b_i \leq 0 \text{ για } i = 10, 11$$

$$\sigma_j^-, \sigma_j^+ \geq 0 \text{ για } j = 1, 2, \dots, 39$$

Όπου σ_j^- και σ_j^+ είναι τα σφάλματα υποεκτίμησης και υπερεκτίμησης αντίστοιχα για την χρονική περίοδο j , ενώ $j = t - 1961$ είναι η περίοδος του χρονικού ορίζοντα σε σχέση με το έτος t .

Και εδώ οι παράγοντες του Άνεργου Πληθυσμού X_{10} και τα Επιτόκια Στεγαστικών Δανείων X_{11} έχουν αρνητικούς συντελεστές καθώς επηρεάζουν αρνητικά την Κατανάλωση Τσιμέντου.

Το γραμμικό πρόγραμμα που έχουμε να λύσουμε έχει 39 περιορισμούς (όσα και τα εξεταζόμενα χρόνια) και 89 μεταβλητές (11 συντελεστές και $39(2) = 78$ σφάλματα σ_j^- και σ_j^+).

4.1.4 Αποτελέσματα του μοντέλου διαφορών

Το μοντέλο διαφορών μας δίνει τους συντελεστές των παραγόντων, οι οποίοι δηλώνουν την % ετήσια αύξηση ή μείωση της κατανάλωσης τσιμέντου, σε περίπτωση ετήσιας αύξησης ή μείωσης αντίστοιχα του συγκεκριμένου παράγοντα κατά 1%. Τα αποτελέσματα των εναλλακτικών αντικειμενικών συναρτήσεων τα παραθέτουμε στο Παράρτημα Β.

Στον πίνακα 26 φαίνονται οι τιμές και οι μονάδες μέτρησης των συντελεστών που μας έδωσε η μεταβελτιστοποίηση του μοντέλου διαφορών.

Παράγοντας	Τιμή Συντελεστή	Μονάδα μέτρησης συντελεστών
Χρήση Τσιμέντου	0,074	% μεταβολή τσιμέντου ανά μοναδιαία %μεταβολή παράγοντα
Συνολικός Πληθυσμός	1,542	
Αστικός Πληθυσμός	1,488	
Άνεργος Πληθυσμός	-0,553	
ΑΕΠ	0,450	
Τριτογενής Τομέας	0,130	
Άθλητοι Πόροι	0,138	
Εισροή Κεφαλαίων	0,016	
Δημόσιες Επενδύσεις	0,027	
Ιδιωτικές Επενδύσεις	0,218	
Επιτόκια Στεγαστικών Δανείων	-0,059	

Πίνακας 26: Μονάδες των συντελεστών των παραγόντων του μοντέλου διαφορών

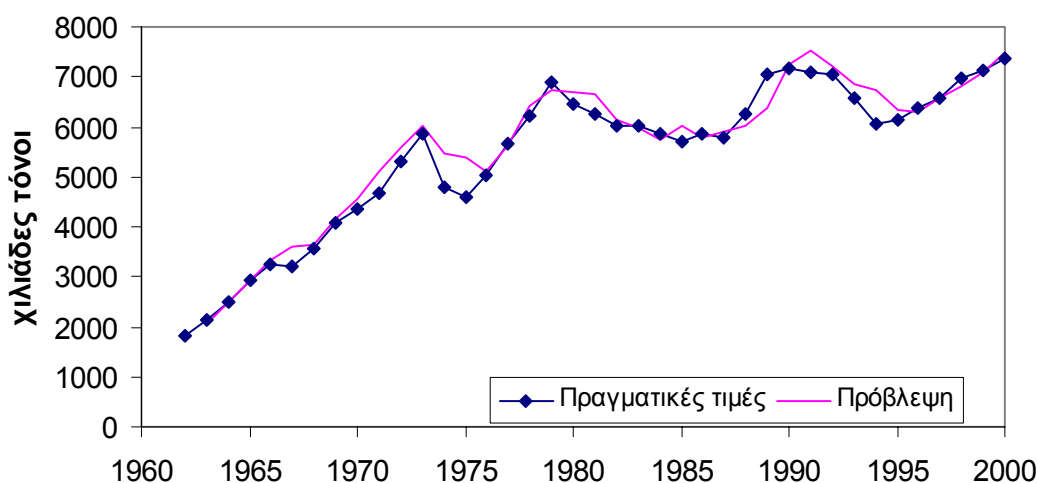
Πιο συγκεκριμένα τα αποτελέσματα δείχνουν ότι:

1. Αν ο Συνολικός και ο Αστικός Πληθυσμός αυξηθούν κατά 1%, τότε η Κατανάλωση Τσιμέντου αναμένεται να αυξηθεί κατά 1,542 και 1,488% αντίστοιχα.
2. Αύξηση του ΑΕΠ κατά 1% αναμένεται να αυξήσει την Κατανάλωση Τσιμέντου κατά 0,450%.
3. Ανάλογη ερμηνεία ισχύει και για τους υπόλοιπους παράγοντες.
4. Αν αυξηθεί ο Άνεργος Πληθυσμός κατά 1%, η Κατανάλωση Τσιμέντου αναμένεται να μειωθεί κατά 0,553%.
5. Αντίστοιχα αν αυξηθούν τα Στεγαστικά Επιτόκια Δανείων κατά 1%, η Κατανάλωση Τσιμέντου αναμένεται να μειωθεί κατά 0,059%.

Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι οι τιμές των συντελεστών b_i των παραγόντων δηλώνουν την σημαντικότητα της ετήσιας % μεταβολής των παραγόντων στο μοντέλο πρόβλεψης. Όπως είδαμε και στο βασικό μοντέλο δεν μπορούμε να συγκρίνουμε μεταξύ τους, τους συντελεστές των παραγόντων αφού οι μονάδες μέτρησής τους είναι διαφορετικές. Στην περίπτωση όμως που θέλουμε να έχουμε μια σύγκριση, μπορούμε μονό να συγκρίνουμε ίδια σύνολα μεγεθών, δηλαδή τα οικονομικά μεγέθη μεταξύ τους ή τα πληθυσμιακά κριτήρια μεταξύ τους αφού έχουν τις ίδιες μονάδες μέτρησης.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονίσουμε ότι το συγκεκριμένο μοντέλο, λόγω της φύσης του, είναι πιο ευαίσθητο στις απότομες μεταβολές των μεταβλητών που χρησιμοποιούνται. Έτσι είναι σε θέση να προβλέψει καλύτερα τις απότομες αυξομειώσεις της Κατανάλωσης Τσιμέντου που παρατηρούνται σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους και δεν αιτιολογούνται από τις τιμές των παραγόντων. Από την άλλη πλευρά όμως το μοντέλο διαφορών δεν ενδείκνυται για μακροπρόθεσμες προβλέψεις, διότι σε αυτή την περίπτωση τα σφάλματα πρόβλεψης δρουν αθροιστικά και μεγιστοποιείται ο κίνδυνος μικρής ακρίβειας πρόβλεψης.

Από την πραγματική και προβλεπόμενη Κατανάλωση Τσιμέντου μπορούμε να απεικονίσουμε γραφικά την εξέλιξη αυτών των δύο τιμών σε ένα διάγραμμα όπως αυτό του σχήματος 33.



Σχήμα 33: Γραφική απεικόνιση της πραγματικής και προβλεπόμενης του μοντέλου διαφορών

Έτος	Πραγματικές τιμές	Πρόβλεψη
1963	2150,40	2065,648
1964	2497,92	2503,9
1965	2913,60	2926,208
1966	3244,80	3313,107
1967	3213,12	3611,694
1968	3578,88	3650,738
1969	4086,72	4146,227
1970	4374,72	4538,595
1971	4690,56	5090,477
1972	5326,08	5588,534
1973	5858,88	6039,518
1974	4775,04	5447,951
1975	4588,80	5400,437
1976	5039,04	5104,564

1977	5678,40	5616,885
1978	6200,64	6415,757
1979	6883,20	6726,224
1980	6461,76	6674,83
1981	6254,40	6671,111
1982	6010,56	6149,061
1983	6006,72	5966,807
1984	5873,28	5744,424
1985	5688,00	6026,599
1986	5880,96	5771,637
1987	5794,56	5904,719
1988	6254,40	6001,995
1989	7036,80	6395,095
1990	7165,85	7233,156
1991	7091,36	7540,033
1992	7064,28	7217,226
1993	6555,92	6869,041
1994	6047,86	6730,109
1995	6128,19	6322,852
1996	6378,00	6294,238
1997	6568,00	6589,541
1998	6954,00	6826,347
1999	7146,00	7085,306
2000	7146,00	7489,999

Πίνακας 27: Πραγματικές και προβλεπόμενες τιμές του μοντέλου διαφορών

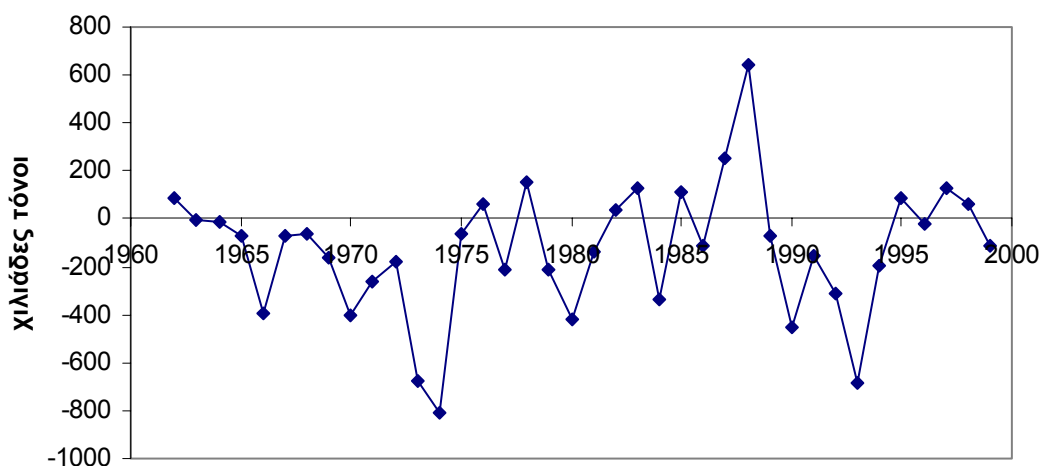
Παρατηρούμε ότι η πρόβλεψη που δίνει το μοντέλο διαφορών έχει αρκετά καλή προσαρμογή στις πραγματικές τιμές. Στα διαστήματα 1966-1974, 1987-1994 έχουμε μια μικρή απόκλιση από τις πραγματικές τιμές.

Εκτός όμως από το γράφημα έχουμε και τους δείκτες προσαρμογής των οποίων οι τιμές φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Οι δείκτες αυτοί έχουν υπολογιστεί με βάση τις απόλυτες τιμές τόσο της πραγματικής όσο και της προβλεπόμενης τιμής Κατανάλωσης Τσιμέντου και όχι με την % μεταβολή αυτών. Άρα οι δείκτες σφαλμάτων και προσαρμογής που υπολογίζουμε παρακάτω είναι άμεσα συγκρίσιμοι με τους αντίστοιχους του βασικού μοντέλου πρόβλεψης αλλά και οποιουδήποτε άλλου του οποίου οι συντελεστές έχουν υπολογιστεί με βάση τις απόλυτες τιμές.

Δείκτες σφαλμάτων και προσαρμογής	Τιμή	Μονάδες μέτρησης δεικτών
Συνολικό σφάλμα	-4848,89	Χιλιάδες τόνοι
Συνολικό απόλυτο σφάλμα	8344,00	
Μέσο σφάλμα	-127,60	
Μέσο απόλυτο σφάλμα	219,58	
Διασπορά σφαλμάτων	91873,36	-
Τυπική απόκλιση σφαλμάτων	307,29	Χιλιάδες τόνοι
Μέσο απόλυτο ποσοστό σφαλμάτων	4,09%	-
Συντελεστής συσχέτισης	98,11%	-
Συντελεστής προσαρμογής	52,81%	-

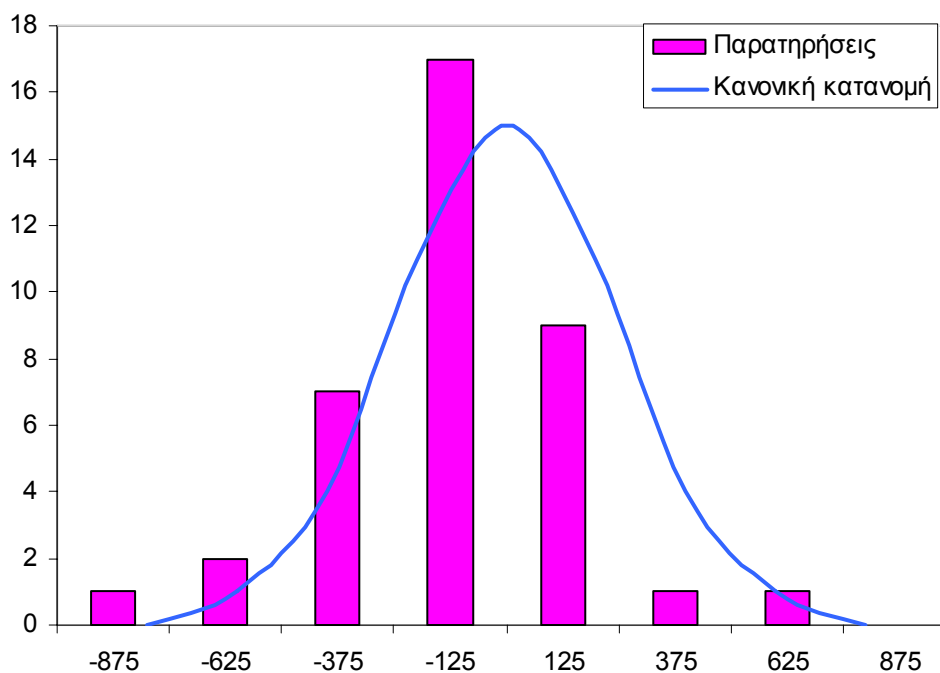
Πίνακας 28: Δείκτες σφαλμάτων και προσαρμογής του μοντέλου διαφορών

Η ακρίβεια του συγκεκριμένου μοντέλου είναι ιδιαίτερα υψηλή, δεδομένου ότι ο συντελεστής συσχέτισης $R=98,11\%$ και ο συντελεστής προσαρμογής δίνει μια ικανοποιητική τιμή $52,81\%$. Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα, το μέσο απόλυτο σφάλμα της εκτίμησης ανέρχεται σε 219,58 χιλιάδες τόνους. Βέβαια τα σφάλματα δεν κατανέμονται ομαλά σε ολόκληρο το διάστημα 1960-2000. Τα σφάλματα ανά έτος απεικονίζονται γραφικά στο σχήμα 34, όπου τα μεγαλύτερα σφάλματα αφορούν τις περιόδους 1966-1974, 1987-1994 κάτι άλλωστε που είδαμε και από τα γραφήματα της απεικόνισης των πραγματικών και προβλεπόμενων τιμών.



Σχήμα 34: Σφάλματα ανά έτος στο μοντέλο διαφορών

Η εμπειρική κατανομή των σφαλμάτων προσεγγίζεται αρκετά από την κανονική κατανομή, γεγονός που υποδηλώνει την τυχαιότητα των σφαλμάτων της πρόβλεψης και φυσικά την έλλειψη συστηματικών σφαλμάτων (σχήμα 35).



Σχήμα 35: Κατανομή σφαλμάτων στο μοντέλο διαφορών

Με τη χρήση ενός t-test είναι δυνατό να υπολογιστεί το 95% διάστημα εμπιστοσύνης της μέσης τιμής των απόλυτων σφαλμάτων πρόβλεψης. Το διάστημα αυτό υπολογίζεται από $(219,58 - 97,70)$ έως $(219,58 + 97,70)$. Δηλαδή με πιθανότητα 95% το μέσο απόλυτο σφάλμα της εκτίμησης θα κυμαίνεται από 121,88 έως 317,28.

Τα αποτελέσματα που δίνουν τα εναλλακτικά κριτήρια του μοντέλου διαφορών δίνονται στο Παράρτημα Β.

4.2 Ποιοτική ανάλυση παλινδρόμησης

4.2.1 Παρουσίαση του μοντέλου

Η ποιοτική παλινδρόμηση έγκειται όπως ήδη έχουμε αναφέρει στην ανάπτυξη ενός μη γραμμικού μοντέλου πρόβλεψης, με το οποίο επιτυγχάνεται η εκτίμηση των συναρτήσεων αξιών τόσο της εξαρτημένης όσο και των ανεξάρτητων μεταβλητών. Οι συναρτήσεις αυτές είναι γραμμικές μόνο κατά τμήματα.

Η βασική ιδέα της μοντελοποίησης βασίζεται στο γεγονός ότι η αξία της ετήσιας Κατανάλωσης Τσιμέντου εξαρτάται από την αξία της % ετήσιας μεταβολής των τιμών των παραγόντων που έχουν ορισθεί. Δηλαδή στο μοντέλο αυτό λαμβάνεται υπόψη το γεγονός ότι η συνεισφορά ενός παράγοντα δεν είναι σταθερή και αναλογική, αλλά εξαρτάται από την ονομαστική του τιμή (αξία). Εδώ ανάλογα με το ποσοστό μεταβολής της τιμής κάποιου παράγοντα μεταβάλλεται και η Κατανάλωση Τσιμέντου, ενώ μπορεί να υπάρχουν τιμές των παραγόντων πέρα από τις οποίες δεν μεταβάλλεται η Κατανάλωση Τσιμέντου.

Ένα από τα σημαντικότερα αποτελέσματα που δίνει το μοντέλο αυτό είναι η εκτίμηση των βαρών του συνόλου των παραγόντων που έχουν ορισθεί. Τα βάρη αυτά αποτελούν τους σχετικούς δείκτες σημαντικότητας για τους παράγοντες της πρόβλεψης και υποδηλώνουν τη μέγιστη συνεισφορά ενός παράγοντα στην ετήσια μεταβολή της κατανάλωσης τσιμέντου. Τα βάρη αυτά δίνονται σε κανονικοποιημένη μορφή(ως ποσοστό %), γεγονός που δεν συμβαίνει στα προηγούμενα μοντέλα πρόβλεψης, και έτσι δίνεται η δυνατότητα σύγκρισης αυτών των συντελεστών σημαντικότητας για διαφορετικούς παράγοντες.

Η εξίσωση παλινδρόμησης του μοντέλου έχει την μορφή :

$$\begin{cases} Y^* = \sum_{i=1}^n b_i X_i^* \\ \sum_{i=1}^n b_i = 1 \end{cases} \quad (4.9)$$

όπου οι συναρτήσεις αξιών Y^* και X_i^* είναι κανονικοποιημένες στο διάστημα $[0,1]$ ενώ b_i είναι ο συντελεστής βάρους του παράγοντα i .

Οι μεταβλητές του μοντέλου παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 29.

Συμβολισμός	Σημασία
Y	% ετήσια μεταβολή κατανάλωσης τσιμέντου
a	αριθμός επιπέδων της κλίμακας του Y
y^m	το m επίπεδο του Y ($m = 1, 2, \dots, a$)
n	αριθμός παραγόντων
X_i	% ετήσια μεταβολή του i παράγοντα ($i = 1, 2, \dots, n$)
α_i	αριθμός επιπέδων της κλίμακας του i παράγοντα
x_i^k	το k επίπεδο του i παράγοντα ($i = 1, 2, \dots, \alpha_i$)
Y^*	συνάρτηση αξιών του Y
y^{*m}	αξία του y^m επιπέδου μεταβολής
X_i^*	συνάρτηση αξιών του X_i
x_i^{*k}	αξία του x_i^k επιπέδου μεταβολής
T	χρονικός ορίζοντας

Πίνακας 29: Μεταβλητές του μη γραμμικού μοντέλου

Οι περιορισμοί κανονικοποίησης γράφονται ως εξής:

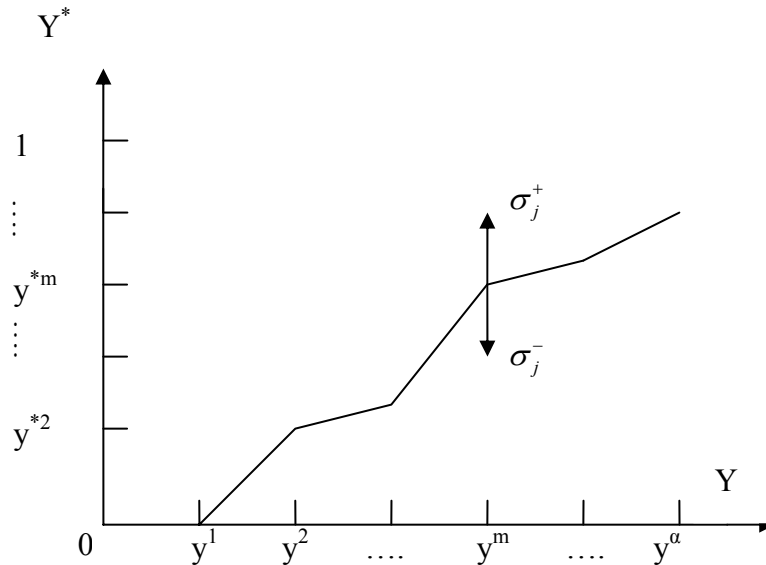
$$\begin{cases} y^{*1} = 0, y^{*a} = 1 \\ x_i^{*1} = 0, x_i^{*\alpha_i} = 1 \end{cases} \quad \text{για } i = 1, 2, \dots, n \quad (4.10)$$

Το συγκεκριμένο μοντέλο έχει ως βασικό σκοπό την εκτίμηση των συναρτήσεων αξιών Y^* και X_i^* με τη μεγαλύτερη δυνατή συμφωνία ανάμεσα στην πραγματική και την εκτιμώμενη ετήσια μεταβολή της κατανάλωσης τσιμέντου.

Με βάση όλα τα παραπάνω η εξίσωση παλινδρόμησης έχει ως εξής:

$$\tilde{Y}^* = \sum_{i=1}^n b_i X_i^* - \sigma^+ + \sigma^- \quad (4.11)$$

Όπου \tilde{Y}^* είναι η εκτίμηση της συνάρτησης αξιών Y^* , σ^- και σ^+ είναι τα σφάλματα υποεκτίμησης και υπερεκτίμησης αντίστοιχα (σχήμα 36).

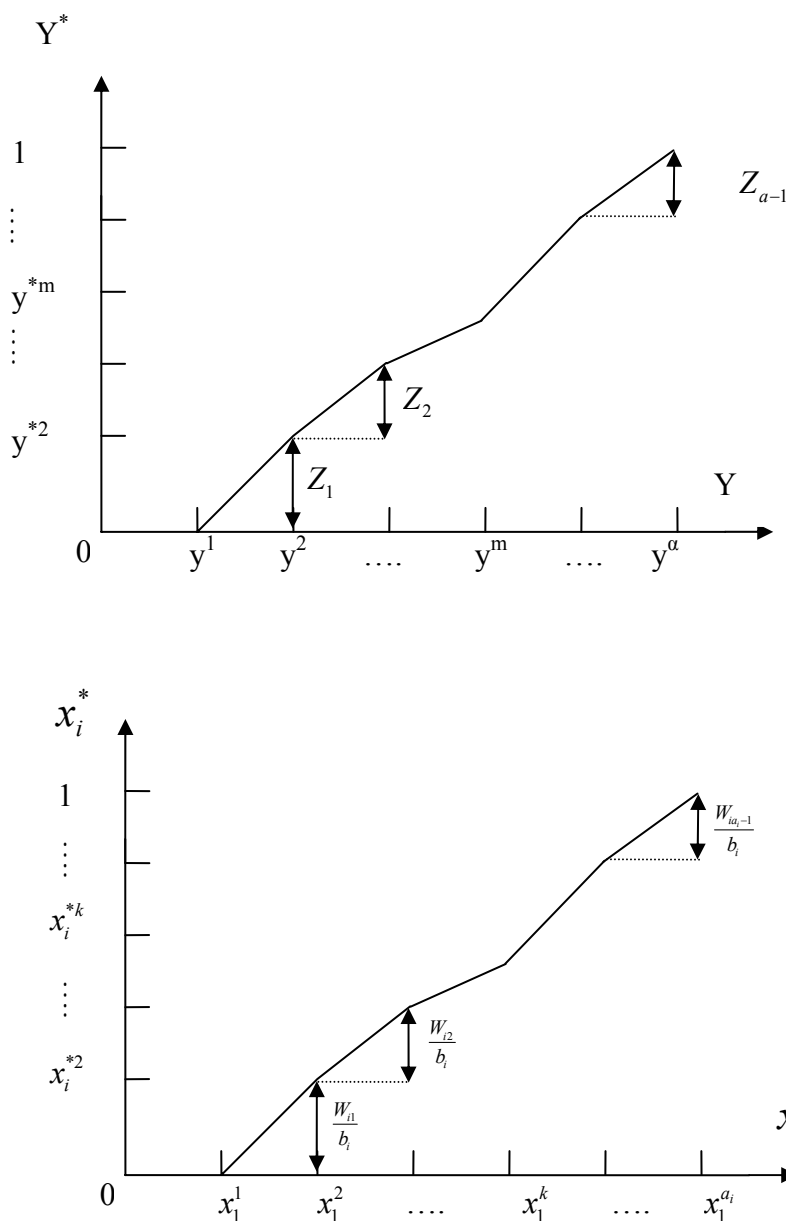


Σχήμα 36: Μεταβλητές σφάλματος για την j χρονική περίοδο

Με βάση την προσέγγιση της ποιοτικής ανάλυσης παλινδρόμησης και έχοντας στόχο την εξάλειψη των περιορισμών μονοτονίας, χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι περιορισμοί:

$$\begin{cases} Z_m = y^{*m+1} - y^{*m} & \text{για } m = 1, 2, \dots, a-1 \\ W_{ik} = b_i x_i^{*k+1} - b_i x_i^{*k} & \text{για } k = 1, 2, \dots, \alpha_i - 1 \text{ και } i = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (4.12)$$

Οι μεταβλητές Z_m και W_{ik} εκφράζουν τα διαδοχικά βήματα αύξησης των συναρτήσεων Y^* και X_i^* και φαίνονται στο παρακάτω σχήμα 37.



Σχήμα 37: Οι μεταβλητές μετασχηματισμού Z_m και W_{ik}

Επίσης στο συγκεκριμένο μοντέλο χρησιμοποιούνται οι περιορισμοί που καθιστούν τις συναρτήσεις Y^* και X_i^* γνήσια μονότονες:

$$\begin{cases} y^{*m+1} - y^{*m} \geq \gamma & \text{για } m = 1, 2, \dots, \alpha \\ x_i^{*k+1} - x_i^{*k} \geq \gamma_i & \text{για } \kappa = 1, 2, \dots, \alpha_i - 1 \text{ και } i = 1, 2, \dots, n \\ \gamma, \gamma_i > 0 \end{cases} \quad (4.13)$$

όπου γ και γ_i είναι τα κατώφλια προτίμησης για τις συναρτήσεις Y^* και X_i^* αντίστοιχα.

Από τις σχέσεις (4.12) και (4.13) προκύπτουν οι νέοι μετασχηματισμοί:

$$\begin{cases} Z_m \geq \gamma \\ W_{ik} \geq \gamma_i \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} Z_m - \gamma \geq 0 \\ W_{ik} - \gamma_i \geq 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} Z'_m \geq 0 \\ W'_{ik} \geq 0 \end{cases} \quad (4.14)$$

$$\begin{aligned} &\text{για } m = 1, 2, \dots, \alpha \\ &\kappa = 1, 2, \dots, \alpha_i - 1 \text{ και } i = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

Όπου οι νέες μεταβλητές έχουν οριστεί ως εξής:

$$\begin{aligned} Z_m &= Z'_m + \gamma & \text{για } m = 1, 2, \dots, \alpha \\ W_{ik} &= W'_{ik} + \gamma_i & \text{για } \kappa = 1, 2, \dots, \alpha_i - 1 \text{ και } i = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (4.15)$$

Χρησιμοποιώντας τις παραπάνω σχέσεις, το μη γραμμικό μοντέλο πρόβλεψης έχει ως εξής:

$$\text{Min } F = \sum_{j=1}^{39} (\sigma_j^- + \sigma_j^+)$$

Υπό τους περιορισμούς

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{\alpha_i-1} c_{ij}^k W'_{ik} - \sum_{m=1}^{\alpha-1} c_j^m Z'_m - \sigma_j^+ + \sigma_j^- = \gamma \sum_{m=1}^{\alpha-1} c_j^m - \sum_{i=1}^n \gamma_i \sum_{k=1}^{\alpha_i-1} c_{ij}^k \quad \text{για } j = 1, 2, \dots, 39$$

$$\sum_{m=1}^{\alpha-1} Z'_m = 1 - \gamma(\alpha - 1) \quad (4.16)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{\alpha_i-1} W'_{ik} = 1 - \sum_{i=1}^n \gamma_i (\alpha_i - 1)$$

$$Z'_m, W'_m, \gamma, \gamma_i, \sigma_j^-, \sigma_j^+ \geq 0 \quad \text{για κάθε } m, i, k, j$$

όπου οι συντελεστές c_j^m και c_{ij}^k υπολογίζονται με τη χρήση γραμμικής παρεμβολής, όπου αυτό είναι αναγκαίο από τις σχέσεις:

$$c_j^m = \begin{cases} 0 & \text{αν } Y_j \leq y^m \\ \frac{Y_j - y^m}{y^{m+1} - y^m} & \text{αν } y^m \leq Y_j \leq y^{m+1}, \text{ για } m = 1, 2, \dots, \alpha-1 \text{ και } j = 1, 2, \dots, T \\ 1 & \text{αν } Y_j \geq y^{m+1} \end{cases} \quad (4.17)$$

$$c_{ij}^k = \begin{cases} 0 & \text{αν } X_{ij} \leq x_i^k \\ \frac{X_{ij} - x_i^k}{x_i^{k+1} - x_i^k} & \text{αν } x_i^k \leq X_{ij} \leq x_i^{k+1} \text{ για } i=1, 2, \dots, n, k=1, 2, \dots, \alpha_i-1 \text{ και } j = 1, 2, \dots, T \\ 1 & \text{αν } X_{ij} \geq x_i^{k+1} \end{cases} \quad (4.18)$$

Οι αρχικές μεταβλητές του προβλήματος υπολογίζονται με βάση τη βέλτιστη λύση του προηγούμενου γραμμικού προβλήματος, αφού εύκολα αποδεικνύεται ότι:

$$y^{*m} = \sum_{t=1}^{m-1} Z_t \quad \text{για } m = 2, 3, \dots, \alpha$$

$$b_i = \sum_{t=1}^{\alpha_i-1} W_{it} \quad \text{για } i = 1, 2, \dots, n \quad (4.19)$$

$$x_i^{*k} = \frac{\sum_{t=1}^{k-1} W_{it}}{\sum_{t=1}^{\alpha_i-1} W_{it}} \quad \text{για } i = 1, 2, \dots, n \text{ και } k = 2, 3, \dots, \alpha_i$$

Όπως και στην ποσοτική παλινδρόμηση έτσι και εδώ χρησιμοποιούμε τη φάση της ανάλυσης μεταβελτιστοποίησης, κατά την οποία μορφοποιούνται και επιλύονται 22 γραμμικά προβλήματα με την εξής μορφή:

$\text{Min } F' = \sum_{k=1}^{\alpha_i-1} W_{ik} \text{ για } i = 1, 2, \dots, 11$	$\text{Max } F'' = \sum_{k=1}^{\alpha_i-1} W_{ik} \text{ για } i = 1, 2, \dots, 11$
<p>Υπό τους περιορισμούς</p> $\sum_{j=1}^{39} (\sigma_j^- + \sigma_j^+) \leq (1 + \varepsilon) F^*$	<p>Υπό τους περιορισμούς</p> $\sum_{j=1}^{39} (\sigma_j^- + \sigma_j^+) \leq (1 + \varepsilon) F^*$
<p>και όλους τους περιορισμούς του (4.16)</p>	

Όπου ε , ένας μικρός θετικός αριθμός (ποσοστό παραχώρησης σφαλμάτων) και F^* είναι η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης του γραμμικού προγράμματος (4.16).

Ως τελική τιμή των συντελεστών b_i θεωρούμε τη μέση τιμή που έχουν δώσει τα γραμμικά προγράμματα (4.6).

Να σημειωθεί ότι τα βάρη των παραγόντων (δίνονται σε κανονικοποιημένη μορφή ως ποσοστό %) δηλώνουν την σημαντικότητα του κάθε παράγοντα, δηλαδή την συνεισφορά που αυτός έχει στην εξέλιξη της Κατανάλωσης Τσιμέντου. Όσο μεγαλύτερη τιμή έχει, τόσο περισσότερο σημαντικός είναι ο παράγοντας και επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την Κατανάλωση Τσιμέντου. Το άθροισμα των βαρών όλων των παραγόντων είναι ίσο με τη μονάδα αφού βρίσκονται σε κανονικοποιημένη μορφή.

Οι συναρτήσεις αξιών, που δείχνουν την συνεισφορά του κάθε παράγοντα στην ετήσια μεταβολή της Κατανάλωσης Τσιμέντου, είναι και αυτές κανονικοποιημένες στο διάστημα $[0,1]$ για ένα συγκεκριμένο εύρος μεταβολών του κάθε παράγοντα. Για τιμές έξω από το εύρος αυτό θεωρούμε ότι οι συναρτήσεις παραμένουν σταθερές.

Η μορφή που έχει η καμπύλη της συνάρτησης αξιών δηλώνει το μέτρο συνεισφοράς του εξεταζόμενου παράγοντα. Δηλαδή:

1. Αν η συνάρτηση αξιών έχει κυρτή μορφή (τα κοίλα είναι προς τα πάνω), η αξία της μεταβολής του παράγοντα δεν είναι υψηλή παρά μόνο στην περίπτωση που η μεταβολή αυτή είναι ιδιαίτερα μεγάλη.
2. Αν η συνάρτηση αξιών έχει κοίλη μορφή (τα κοίλα είναι προς τα κάτω), η αξία της μεταβολής του παράγοντα είναι αρκετά υψηλή ακόμα και αν η μεταβολή είναι μικρή
3. Αν η συνάρτηση αξιών έχει γραμμική μορφή, η αξία της μεταβολής του παράγοντα αυξάνει αναλογικά με το μέγεθος της μεταβολής.

Γίνεται λοιπόν φανερό από τα παραπάνω ότι ενδέχεται για κάποιον παράγοντα να υπάρχουν κάποιες τιμές της ετήσιας μεταβολής πέρα από τις οποίες δεν επηρεάζεται η μεταβολή της Κατανάλωσης Τσιμέντου.

Τέλος διαπιστώνουμε ότι η συνεισφορά ενός παράγοντα στη μεταβολή της Κατανάλωσης Τσιμέντου δεν είναι σταθερή, αλλά εξαρτάται από το ποσοστό μεταβολής του συγκεκριμένου παράγοντα.

4.2.2 Αποτελέσματα του μοντέλου

Όπως αναφέραμε και στην αρχή της παραγράφου (4.2) με την ποιοτική ανάλυση παλινδρόμησης παίρνουμε, εκτός των άλλων, και δύο πολύ σημαντικά αποτελέσματα. Τα βάρη των παραγόντων και τις συναρτήσεις αξιών.

Τα βάρη δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

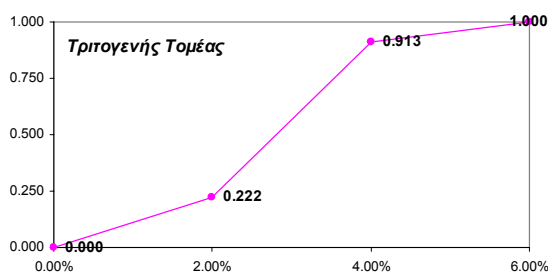
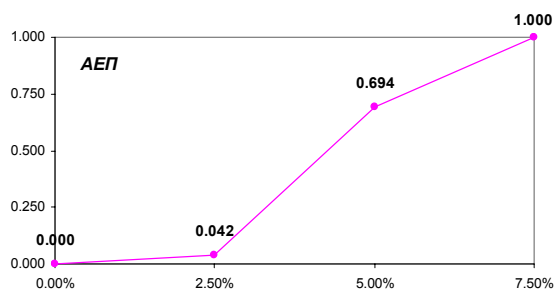
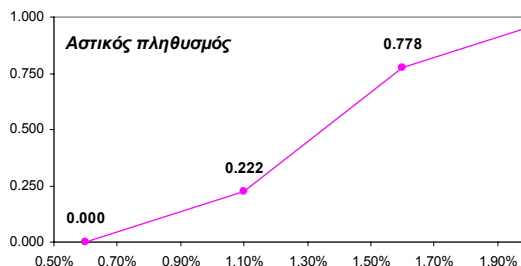
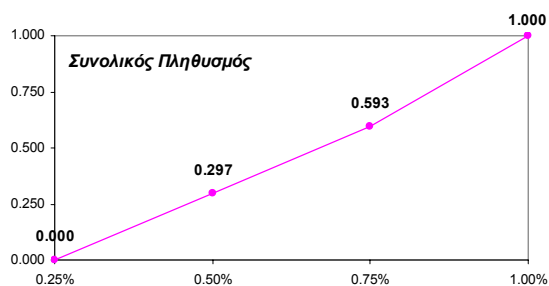
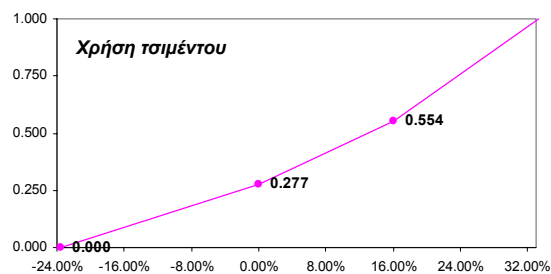
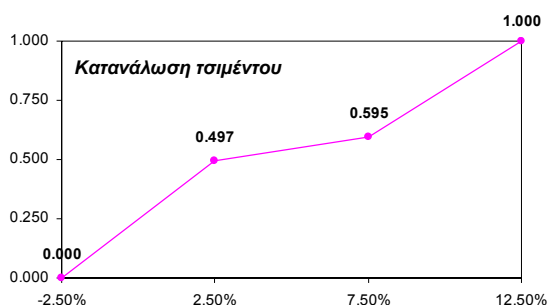
Παράγοντες	Βάρη
Συνολικό Πληθυσμός	1,69%
Αστικός Πληθυσμός	2,25%
ΑΕΠ	38,01%
Τριτογενής Τομέας	10,58%
Άδηλοι Πόροι	4,45%
Εισροή Κεφαλαίων	1,90%
Δημόσιες Επενδύσεις	1,78%
Ιδιωτικές Επενδύσεις	34,77%
Άνεργος Πληθυσμός	1,90%
Επιτόκια Στεγαστικών Δανείων	1,00%
Χρήση Τσιμέντου	1,80%
Σύνολο	100,0%

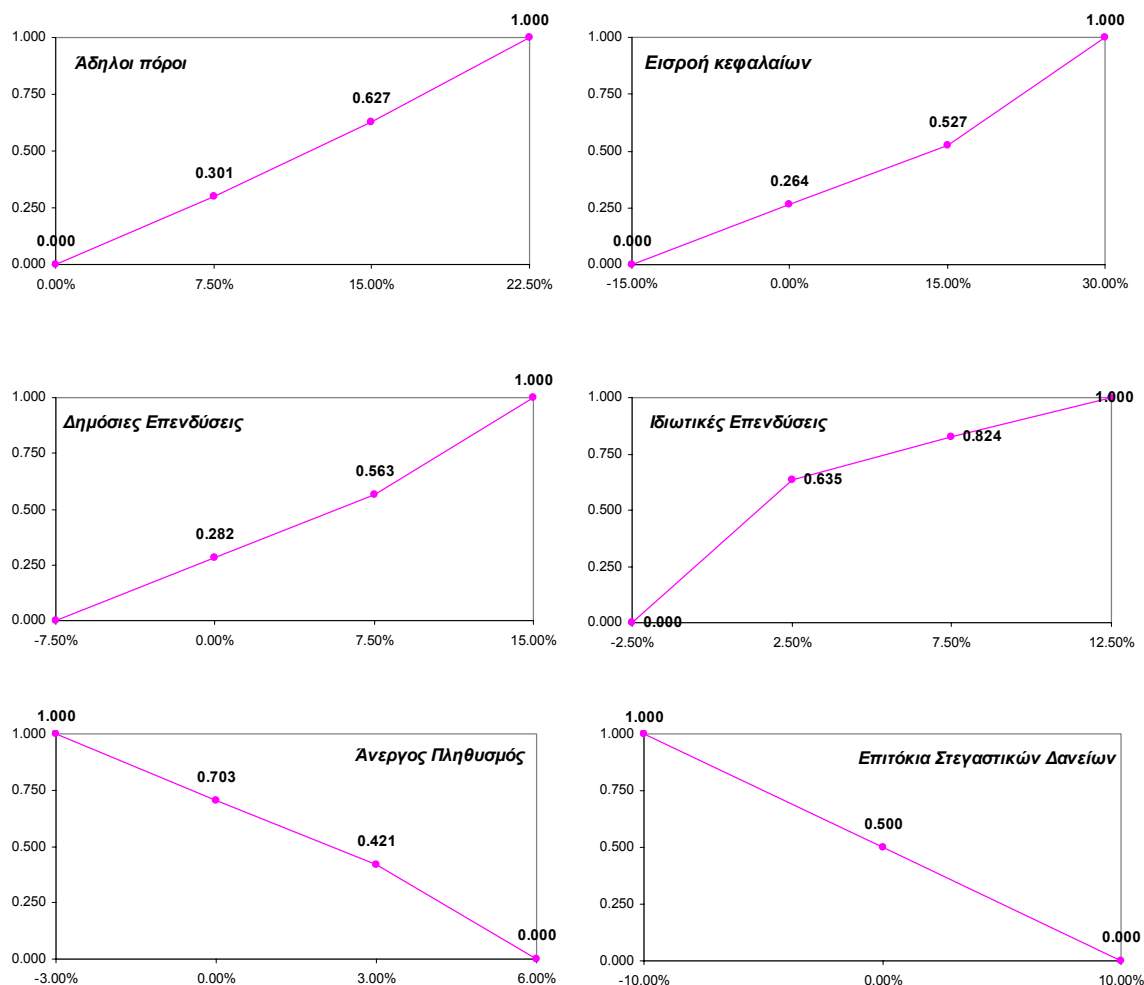
Πίνακας 30: Πίνακας βαρών των συντελεστών

Με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 30, παρατηρούνται τα εξής:

1. Το ΑΕΠ και οι Ιδιωτικές Επενδύσεις αποτελούν τους σημαντικότερους παράγοντες με βαρύτητα 38,01% και 34,77% αντίστοιχα. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει τις παρατηρήσεις των δεδομένων (βλέπε κεφάλαιο 2)
2. Μικρότερης σημαντικότητας παράγοντες είναι ο Τριτογενής Τομέας με βάρος 10,58% και οι Άδηλοι Πόροι με βάρος 4,45%.
3. Όλοι οι υπόλοιποι παράγοντες παρουσιάζουν μικρή σημαντικότητα, γεγονός που υποδηλώνει και την μικρή τους συνεισφορά στην εξέλιξη της κατανάλωσης τσιμέντου.

Οι συναρτήσεις αξιών που παρουσιάζονται στο σχήμα δείχνουν την συνεισφορά του κάθε παράγοντα, σε μονάδες «αξίας», στην ετήσια μεταβολή της Κατανάλωσης Τσιμέντου ανάλογα με το επίπεδο μεταβολή τους.





Σχήμα 38: Γραφικές παραστάσεις των συναρτήσεων αξιών

Έχοντας ορίσει τις μεταβλητές, τους αναγκαίους μετασχηματισμούς και το γραμμικό πρόβλημα θα παρουσιάσουμε τώρα τον τρόπο εφαρμογής του μοντέλου, με βάση τα δεδομένα του έτους 2000 (πίνακας 31) στα επόμενα διαδοχικά βήματα.

- Για καθένα από τους 11 παράγοντες που έχουν ορισθεί υπολογίζεται η ετήσια % μεταβολή σε σχέση με το προηγούμενο έτος 1999. η μεταβολή αυτή εμφανίζεται στη 2^η στήλη του πίνακα 31.
- Στη συνέχεια υπολογίζεται η αξία της κάθε μεταβολής χρησιμοποιώντας τις συναρτήσεις αξιών που έχουν εκτιμηθεί (σχήμα 38). Η αξία αυτή παρουσιάζεται στην 3^η στήλη του πίνακα 31, ενώ όπου είναι αναγκαίο χρησιμοποιείται γραμμική παρεμβολή για τους υπολογισμούς αυτών.
- Το γινόμενο του βάρους με την αξία της μεταβολής για κάθε ένα από τους παράγοντες δίνει την κανονικοποιημένη αξία των κριτηρίων (5^η στήλη του πίνακα 31).
- Μετά υπολογίζουμε το άθροισμα των παραπάνω γινομένων, που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι ίσο με 0,528. Η τιμή αυτή αφορά στην αξία της ετήσιας μεταβολής της Κατανάλωσης Τσιμέντου.

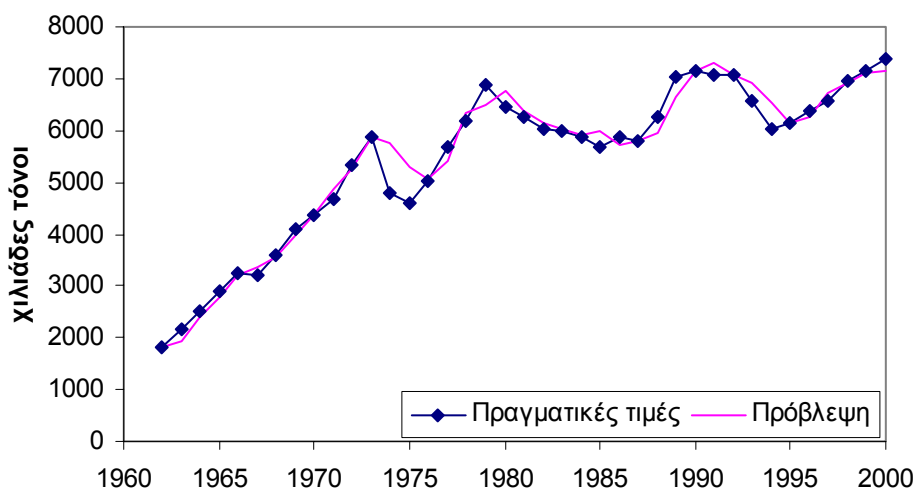
Παράγοντες	Μεταβολή x_i	Αξία x_i^*	Βάρος b_i	Κανονικοποιημένη αξία $b_i x_i^*$
Συνολικό Πληθυσμός	0,0080	0,68	1,69%	0,011
Αστικός Πληθυσμός	0,0106	0,22	2,25%	0,005
ΑΕΠ	0,0614	0,43	38,01%	0,165
Τριτογενής Τομέας	0,0403	0,64	10,58%	0,067
Άδηλοι Πόροι	0,0317	0,00	4,45%	0,000
Εισροή Κεφαλαίων	-0,0464	1,00	1,90%	0,019
Δημόσιες Επενδύσεις	0,4380	0,40	1,78%	0,007
Ιδιωτικές Επενδύσεις	0,0545	0,66	34,77%	0,228
Άνεργος Πληθυσμός	0,0312	1,00	1,90%	0,019
Επιτόκια Στεγαστικών Δανείων	-0,3126	0,00	1,00%	0,000
Χρήση Τσιμέντου	0,333	0,28	1,80%	0,005

Πίνακας 31: Παράδειγμα εφαρμογής του μοντέλου για το έτος 2000

- Η συγκεκριμένη αξία όπως φαίνεται και από το σχήμα 38, ανήκει στο πρώτο διάστημα της συνάρτησης αξιών της Κατανάλωσης Τσιμέντου. Για να υπολογιστεί σε τι μεγέθους μεταβολή αντιστοιχεί η παραπάνω αξία εφαρμόζεται ο τύπος της γραμμικής παρεμβολής. Έτσι προβλέπουμε ότι η μεταβολή της Κατανάλωσης Τσιμέντου για το έτος 2000 θα αυξηθεί κατά 5,18% σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά.
- Γνωρίζοντας ότι η πραγματική κατανάλωση για το έτος 1999 ανέρχεται σε 7146 χιλιάδες τόνους, το προηγούμενο αποτέλεσμα σημαίνει ότι η τελική πρόβλεψη του μοντέλου για το έτος 2000 είναι 7516,163 χιλιάδες τόνους.

Η παραπάνω διαδικασία μπορεί να επαναληφθεί για όλα τα έτη για τα οποία έχουμε δεδομένα και να κάνουμε πρόβλεψη της Κατανάλωσης Τσιμέντου για όλο το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα.

Η γραφική απεικόνιση της πραγματικής και προβλεπόμενης Κατανάλωσης Τσιμέντου έχει όπως φαίνεται στο γράφημα (για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος έχουν επιλεγεί $\varepsilon = 0,05$, $\gamma = 0,005$ και $\gamma_i = 0,005$).



Σχήμα 39: Γραφική απεικόνιση πραγματικής και προβλεπόμενης Κατανάλωσης Τσιμέντου

Έτος	Πραγματικές τιμές	Πρόβλεψη
1962	1816,32	1816,32
1963	2150,40	1923,447
1964	2497,92	2389,109
1965	2913,60	2779,986
1966	3244,80	3197,469
1967	3213,12	3366,224
1968	3578,88	3565,161
1969	4086,72	3981,216
1970	4374,72	4349,688
1971	4690,56	4882,831
1972	5326,08	5247,225
1973	5858,88	5863,309
1974	4775,04	5757,622
1975	4588,80	5277,988
1976	5039,04	5065,513
1977	5678,40	5423,747
1978	6200,64	6338,907
1979	6883,20	6510,145
1980	6461,76	6771,937
1981	6254,40	6366,728
1982	6010,56	6135,233
1983	6006,72	6037,604
1984	5873,28	5907,771
1985	5688,00	5988,044
1986	5880,96	5735,855
1987	5794,56	5780,159
1988	6254,40	5937,258
1989	7036,80	6653,530
1990	7165,85	7167,081
1991	7091,36	7303,618
1992	7064,28	7059,029
1993	6555,92	6924,536
1994	6047,86	6515,000
1995	6128,19	6151,721
1996	6378,00	6252,517
1997	6568,00	6732,910
1998	6954,00	6912,747
1999	7146,00	7094,037
2000	7380,00	7146

Πίνακας 32: Πραγματικές και προβλεπόμενες τιμές του μοντέλου ποιοτικής παλινδρόμησης

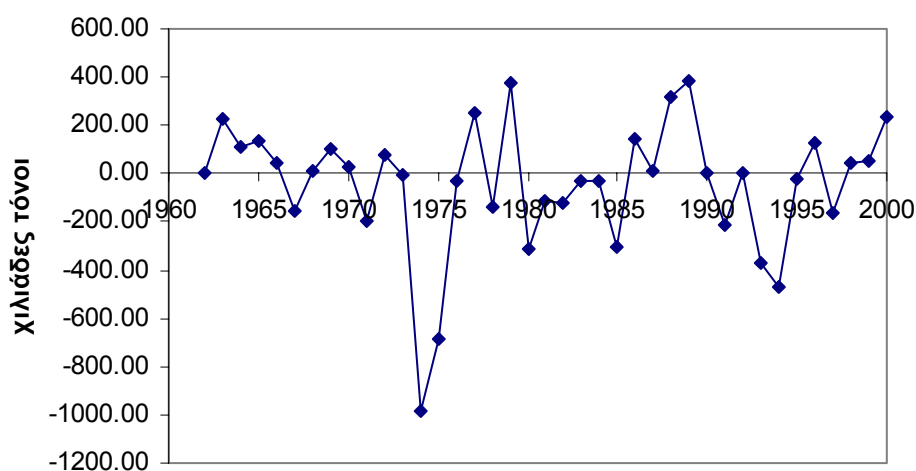
Οι δείκτες σφαλμάτων και προσαρμογής είναι:

Δείκτες Σφαλμάτων και Προσαρμογής	Τιμή	Μονάδες μέτρησης δεικτών
Συνολικό σφάλμα	-1651,22	Χιλιάδες τόνοι
Συνολικό απόλυτο σφάλμα	7022,00	
Μέσο σφάλμα	-42,34	
Μέσο απόλυτο σφάλμα	180,05	
Διασπορά σφαλμάτων	76038,69	-
Τυπική απόκλιση σφαλμάτων	275,75	Χιλιάδες τόνοι

Μέσο απόλυτο ποσοστό σφαλμάτων	3,52%	-
Συντελεστής συσχέτισης	98,46%	-
Συντελεστής προσαρμογής	54,23%	-

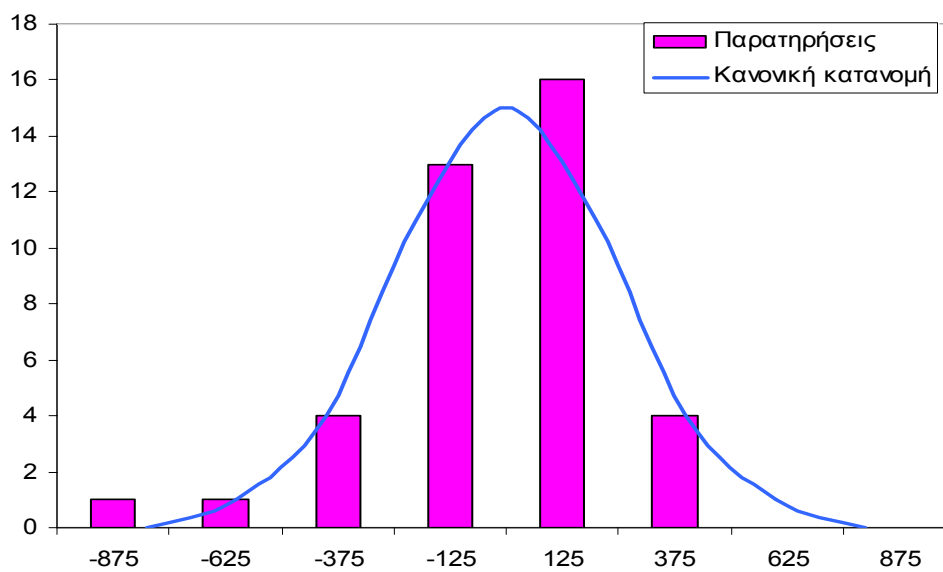
Πίνακας 33: Δείκτες σφαλμάτων και προσαρμογής ποιοτικής παλινδρόμησης

Η ακρίβεια του συγκεκριμένου μοντέλου είναι ιδιαίτερα υψηλή, δεδομένου ότι ο συντελεστής συσχέτισης $R = 98,46\%$ και ο συντελεστής προσαρμογής δίνει μια ικανοποιητική τιμή $54,23\%$. Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα, το μέσο απόλυτο σφάλμα της εκτίμησης ανέρχεται σε 180,05 χιλιάδες τόνους. Βέβαια τα σφάλματα δεν κατανέμονται ομαλά σε ολόκληρο το διάστημα 1960-2000. Τα σφάλματα ανά έτος απεικονίζονται γραφικά στο σχήμα 40, όπου τα μεγαλύτερα σφάλματα αφορούν τις περιόδους 1974-1975, 1988-1989, 1993-1994 κάτι άλλωστε που είδαμε και από τα γραφήματα της απεικόνισης των πραγματικών και προβλεπόμενων τιμών.



Σχήμα 40: Σφάλματα ανά έτος

Η εμπειρική κατανομή των σφαλμάτων προσεγγίζεται αρκετά από την κανονική κατανομή, γεγονός που υποδηλώνει την τυχαιότητα των σφαλμάτων της πρόβλεψης και φυσικά την έλλειψη συστηματικών σφαλμάτων (σχήμα 41).



Σχήμα 41: Κατανομή σφαλμάτων κατά την ποιοτική παλινδρόμηση

Με τη χρήση ενός t-test είναι δυνατό να υπολογιστεί το 95% διάστημα εμπιστοσύνης της μέσης τιμής των απόλυτων σφαλμάτων πρόβλεψης. Το διάστημα αυτό υπολογίζεται από $(180.05-86,54)$ έως $(180.05+86,54)$. Δηλαδή με πιθανότητα 95% το μέσο απόλυτο σφάλμα της εκτίμησης θα κυμαίνεται από 93,51 έως 266,59.

Αναφορές

Ι. Σίσκος (2002). *Ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης για τη ζήτηση τσιμέντου με κοινωνικο-οικονομικά δεδομένα*. Πανεπιστήμιο Πειραιά. Τμήμα Πληροφορικής

Ι. Σίσκος (1998). *Γραμμικός προγραμματισμός*. Εκδόσεις νέων τεχνολογιών. Αθήνα

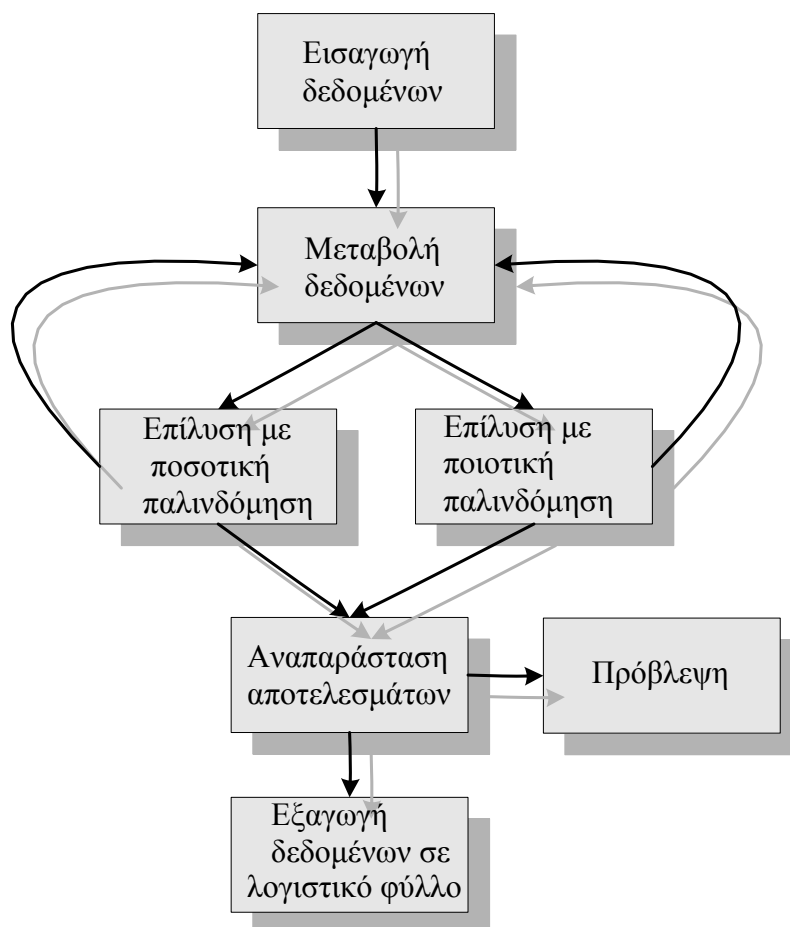
Κεφάλαιο 5: Ανάπτυξη πληροφοριακού συστήματος

5.1 Γενική παρουσίαση

Το πληροφοριακό σύστημα που αναπτύξαμε, όπως αναφέρθηκε και στο πρώτο κεφάλαιο βασίζεται σε μεθόδους γραμμικής και μη γραμμικής ανάλυσης παλινδρόμησης και για να υλοποιηθεί το λογισμικό του χρησιμοποιούμε τη βιβλιοθήκη του LINDO API. Σκοπός του προγράμματος είναι ο αυτοματισμός όλων των λειτουργιών που αφορούν την επίλυση των μοντέλων παλινδρόμησης, χρησιμοποιώντας το LINDO API. Τα βασικά στάδια της λειτουργίας του λογισμικού είναι:

- Εισαγωγή των δεδομένων
- Επίλυση των παλινδρομικών μοντέλων
- Παρουσίαση αποτελεσμάτων
- Παρουσίαση των προβλεπόμενων τιμών

Όλα τα παραπάνω στάδια παρουσιάζουν υψηλό αυτοματισμό επιτρέποντας τη διαχείριση ενός μεγάλου αριθμού δεδομένων. Κάθε ένα από αυτά θα αναλυθεί σε επόμενες παραγράφους.



Σχήμα 42: Λογικό διάγραμμα πληροφοριακού συστήματος

5.2 Διαχείριση δεδομένων

Η διαχείριση των δεδομένων πραγματοποιείται στο πρώτο βασικό στάδιο του λογισμικού. Ουσιαστικά είναι το αρχικό στάδιο, στο οποίο εισάγονται και αναλύονται τα δεδομένα στο πρόγραμμα. Οι απαραίτητες λειτουργίες για την διαχείριση των δεδομένων θα αναλυθούν στη συνέχεια. Στην παράγραφο 5.2.1 γίνεται αναφορά στην συγκεκριμένη δομή που θα πρέπει να έχουν τα δεδομένα μας, στην 5.2.2 στον τρόπο εισαγωγής τους και στην 5.2.3 στην περαιτέρω ανάλυση που μπορούν αυτά να υποβληθούν.

5.2.1 Μορφή δεδομένων

Το λογισμικό για να μπορέσει να επιλύσει το πρόβλημα των μοντέλων παλινδρόμησης χρειάζεται να δοθούν από τον χρήστη τα δεδομένα με συγκεκριμένη μορφή. Έτσι, λοιπόν θα πρέπει τα δεδομένα να είναι σε αρχείο excel, αφού άλλωστε ο αριθμός των δεδομένων είναι πολύ μεγάλος και δεν είναι εργονομικά προτεινόμενο όσο αφορά τον χρόνο περάτωσης του προβλήματος. Συνεπώς, η μορφή των αρχείων που ανοίγεται θα είναι σε μορφή excel. Έπειτα αυτόματα, χρησιμοποιώντας την βιβλιοθήκη του LINDO API μορφοποιούνται τα μοντέλα. Αναλυτικά τα δεδομένα του προβλήματος θα είναι:

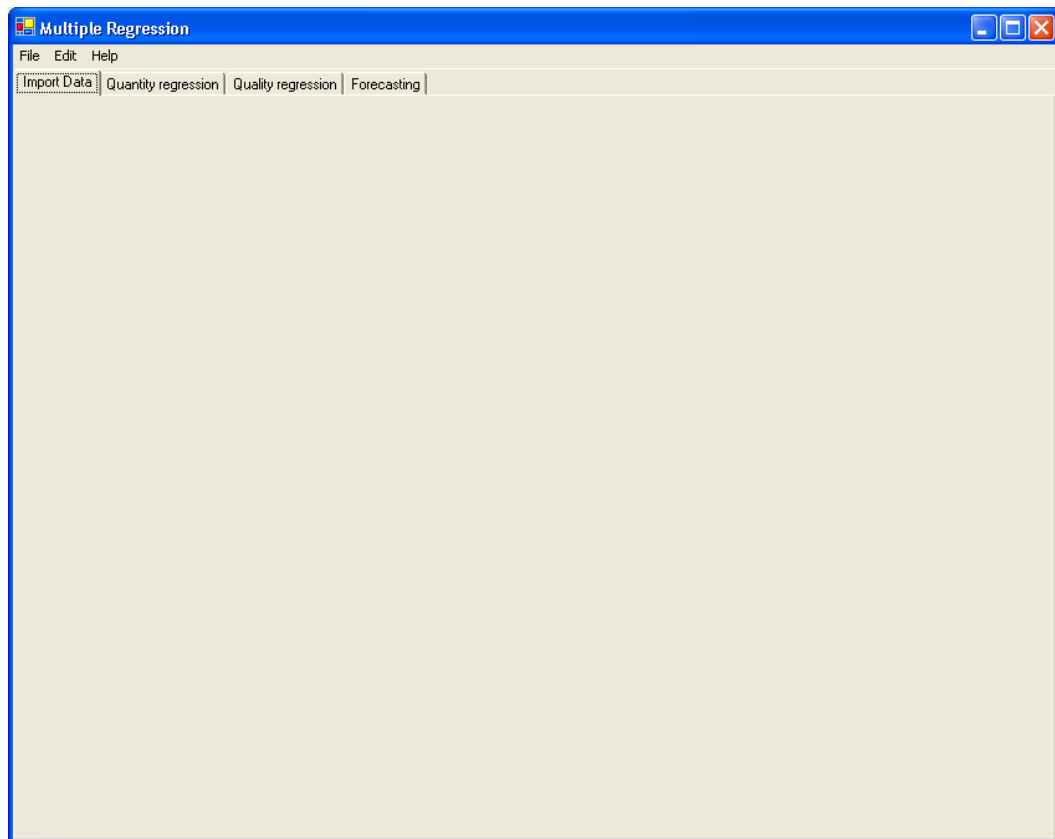
1. Τα χρόνια για τα οποία έχουμε δεδομένα
2. Οι παράγοντες που τίθενται και από τους οποίους εξαρτάται η πραγματική μας κατανάλωση (μάάλιστα δεν μας ενδιαφέρει ο αριθμός αυτών, αφού μπορούμε να διαχειριστούμε μεγάλα αρχεία)
3. Και οι εξαρτημένες μεταβλητές

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η σειρά με την οποία θα δοθούν τα δεδομένα είναι αυστηρά αυτή. Αφού είναι excel, τα δεδομένα διαβάζονται ανά στήλες και θα πρέπει να φροντίζουμε ώστε η στήλη με τα δεδομένα της κατανάλωσης να βρίσκεται πάντα τελευταία. Επίσης, τα δεδομένα θα πρέπει να είναι σε απόλυτες τιμές αφού για περαιτέρω διεργασίες θα υπάρχουν οι επιλογές να τα δούμε και σε διαφορετική μορφή. Αλλά αυτό θα το δούμε στη συνέχεια.

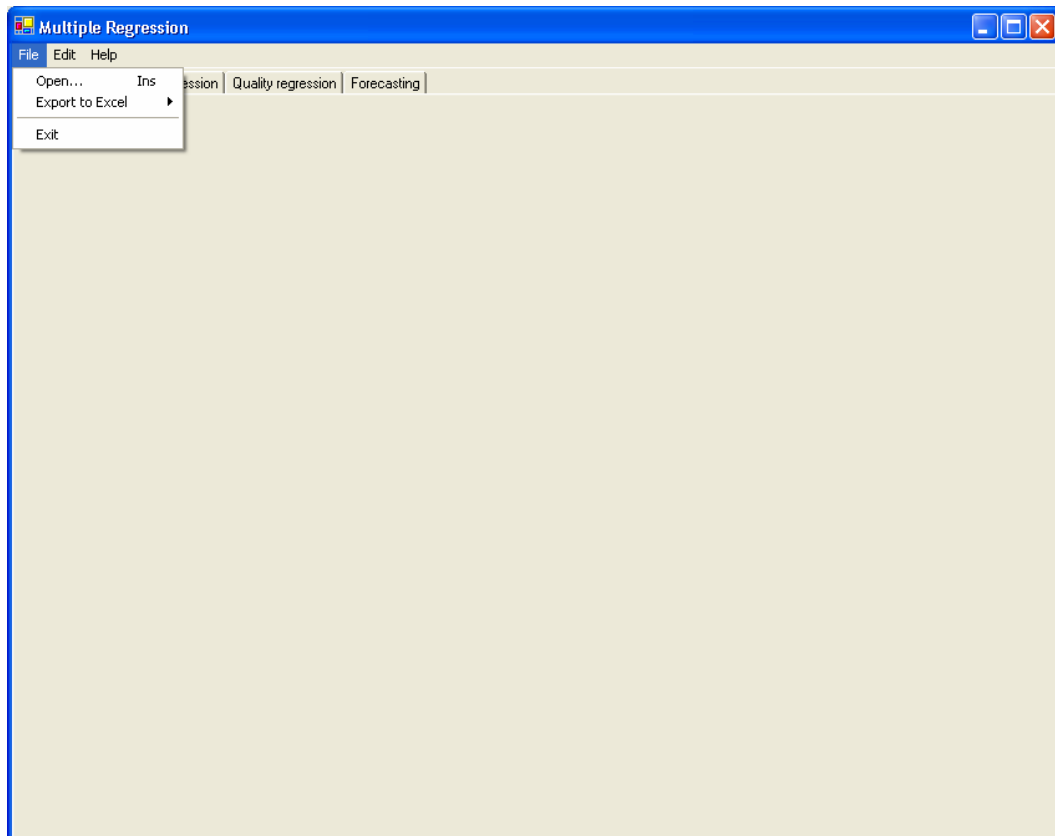
Όταν το πρόγραμμα θελήσει να επεξεργαστεί τα δεδομένα δεν έχει παρά να «ανοίξει» το αρχείο και να «διαβάσει» τα δεδομένα.

Για να γίνει πιο κατανοητή η δομή του αρχείου δίνεται ένα απλό παράδειγμα. Ο υπεύθυνος διαφήμισης μιας εταιρίας πωλήσεων θέλει να προβλέψει τις πωλήσεις της εταιρίας για τα επόμενα χρόνια. Οι παράγοντες που θεωρεί ότι επηρεάζουν τις πωλήσεις αυτές είναι: το διαθέσιμο εισόδημα, τις τιμές, τις κύριες επενδύσεις, τη διαφήμιση και τις δαπάνες πωλήσεων. Έχει στη διάθεσή της παρατηρήσεις τόσο των πωλήσεων όσο και των παραγόντων 7 χρόνων.

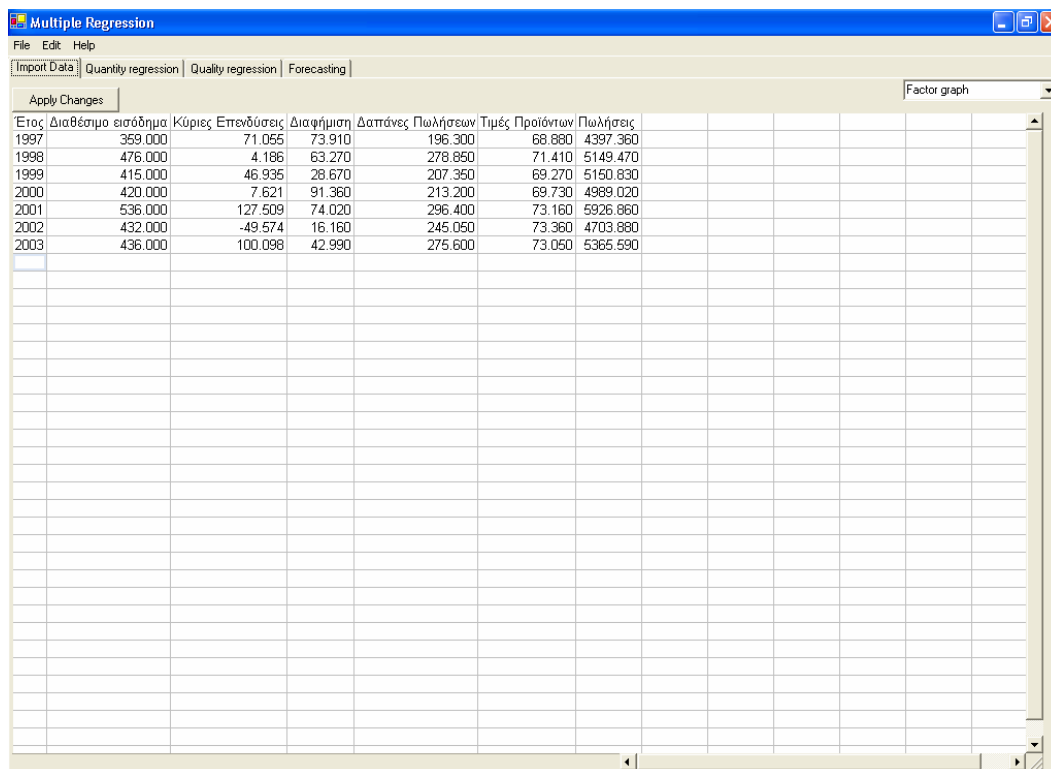
Το λογισμικό λοιπόν ανοίγει από μια σειρά λογιστικών φύλλων το επιθυμητό, αυτό δηλαδή που περιέχει τα δεδομένα της εταιρίας. Εδώ πρέπει να δοθεί προσοχή ώστε το αρχείο των δεδομένων να πληρεί τις προϋποθέσεις που προαναφέρθηκαν παραπάνω ως προς τη μορφή στην οποία δίνονται.



Σχήμα 43: Αρχική φόρμα προγράμματος



Σχήμα 44: Άνοιγμα αρχείου παραδείγματος



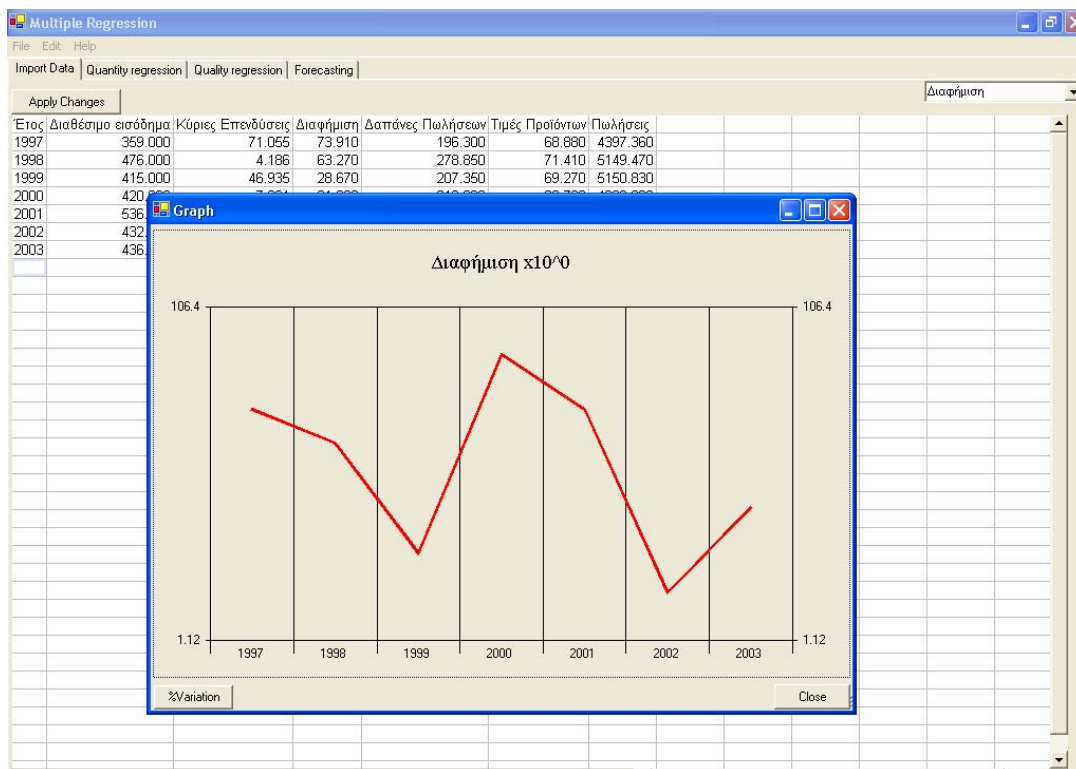
The screenshot shows the 'Multiple Regression' software window. It has a menu bar (File, Edit, Help) and a toolbar with 'Import Data', 'Quantity regression', 'Quality regression', and 'Forecasting'. Below the toolbar is a 'Factor graph' dropdown menu. The main area contains a table with the following data:

Έτος	Διαθέσιμο εισόδημα	Κύριες Επενδύσεις	Διαφήμιση	Δαπάνες Πωλήσεων	Τιμές Προϊόντων	Πωλήσεις
1997	359.000	71.055	73.910	196.300	68.880	4397.360
1998	476.000	4.186	63.270	278.850	71.410	5149.470
1999	415.000	46.935	28.670	207.350	69.270	5150.830
2000	420.000	7.621	91.360	213.200	69.730	4989.020
2001	536.000	127.509	74.020	296.400	73.160	5926.860
2002	432.000	-49.574	16.160	245.050	73.360	4703.880
2003	436.000	100.098	42.990	275.600	73.050	5365.590

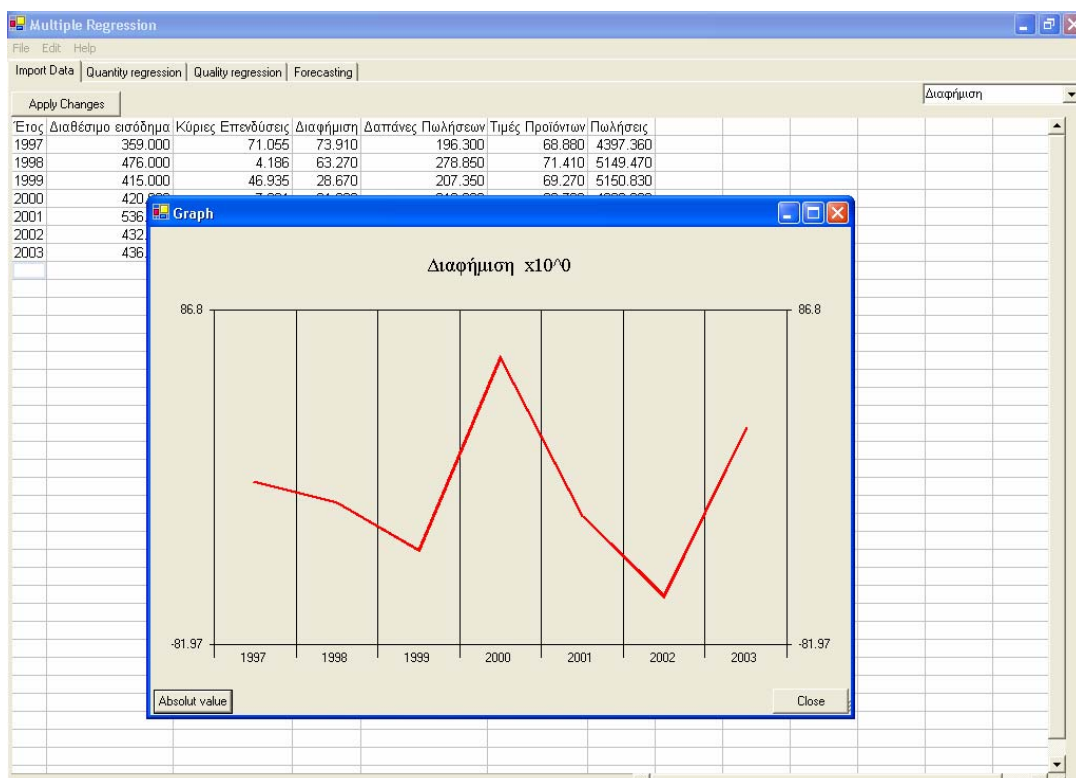
Σχήμα 45: Οθόνη βασικών δεδομένων παραδείγματος

5.2.2 Εισαγωγή και επεξεργασία δεδομένων

Αφού εισαχθούν τα δεδομένα υπάρχει η δυνατότητα επεξεργασίας τους μέσω του λογισμικού μας. Μπορούμε να αλλάξουμε την τιμή οποιουδήποτε παράγοντα επιθυμούμε και ενεργοποιώντας το κουμπί με την ένδειξη «Apply changes» να κατοχυρωθεί η αλλαγή αυτών. Επίσης, μπορούμε να δούμε τον τρόπο που αυτά απεικονίζονται γραφικά (σχήμα 46) και κατ' επέκταση τη μορφή τους σε % μεταβολή (σχήμα 47). Αυτό γίνεται με την επιλογή «Graph Selection» από το list box που διακρίνεται στο σχήμα 45 και μετά που εμφανίζεται μια δεύτερη φόρμα, πατώντας το κουμπί με την ένδειξη «% Variation» έχουμε την απεικόνιση των δεδομένων σε % μεταβολή.



Σχήμα 46: Οθόνη με γραφική απεικόνιση των δεδομένων του παραδείγματος



Σχήμα 47: Γράφημα σε % μεταβολή των δεδομένων του παραδείγματος

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι τα δεδομένα μας ανοίγουν μέσα από λογιστικά φύλλα. Συγκεκριμένα αυτό που χρησιμοποιείται εδώ είναι ένα active-x control των Microsoft Office Web components, version 10 control.

5.3 Επίλυση και παρουσίαση αποτελεσμάτων

Σε αυτό το στάδιο το πρόγραμμα δέχεται τα δεδομένα, πατώντας το κουμπί της επίλυσης και αφού παρουσιάζεται μια νέα καρτέλα συνθέτει τα μοντέλα παλινδρόμησης στη μορφή που το αντιλαμβάνεται το DLL του LINDO API το οποίο θα αναλάβει την επίλυση. Σε αυτό το σημείο μπορούμε να δούμε τις βασικές λειτουργίες του λίγο πιο αναλυτικά.

5.3.1 Το LINDO API

Το DLL παρέχει μέσα για τον χρήστη, για την ανάπτυξη λογισμικού ώστε να ενσωματωθεί η βελτιστοποίηση στα προγράμματα εφαρμογής τους. Το LINDO API έχει ως σκοπό να λύσει ένα ευρύ φάσμα των προβλημάτων βελτιστοποίησης, συμπεριλαμβανομένων των γραμμικών προγραμμάτων, των μικτών προγραμμάτων ακέραιων αριθμών, των τετραγωνικών προγραμμάτων, και των γενικών μη γραμμικών (nonconvex) προγραμμάτων. Αυτά τα προβλήματα προκύπτουν στους τομείς της επιχείρησης, της βιομηχανίας, της έρευνας, και της κυβέρνησης. Οι συγκεκριμένοι τομείς εφαρμογής όπου LINDO API έχουν αποδειχθεί μεγάλης χρήσης και περιλαμβάνουν τη διανομή προϊόντων, το συνδυασμό συστατικών, την παραγωγή και το προσωπικό που σχεδιάζουν, τη διαχείριση καταλόγων κλπ.

Το LINDO API χρησιμοποιεί μια αντιπροσώπευση αραιών μητρών για να αποθηκεύσει τον πίνακα των δεδομένων του προβλήματος μας. Αντιπροσωπεύει τη μήτρα αυτή χρησιμοποιώντας τρία (ή προαιρετικά τέσσερα) διανύσματα. Αυτό γίνεται για να μη χρειαστεί να αποθηκευτούν οι μηδενικοί συντελεστές. Δεδομένου ότι οι περισσότεροι συντελεστές μητρών, στην πραγματικότητα, είναι μηδέν σύμφωνα με τα μαθηματικά μοντέλα προγραμματισμού ο τρόπος αυτός αποδεικνύεται πολύ αποδοτικός και μπορεί δραστικά να μειώσει τις απαιτήσεις αποθήκευσης. Η αντιπροσώπευση αυτής της μορφής φαίνεται συνοπτικά στο σχήμα 56.

$$\begin{array}{cccc} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \\ \left[\begin{array}{cccc} 3 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 6 & 0 & 9 \\ 4 & 5 & 8 & 0 \\ 0 & 7 & 1 & 0 \end{array} \right] \end{array}$$

Σχήμα 48: Αντιπροσώπευση αραιών μητρών

Πιο αναλυτικά τρία διανύσματα μπορούν να αντιπροσωπεύσουν μια αραιή μήτρα με τον ακόλουθο τρόπο. Ένα διάνυσμα περιέχει όλες τις μη μηδενικές καταχωρήσεις από τη μήτρα, που ορίζονται στη στήλη. Αυτό αναφέρεται ως διάνυσμα αξίας. Στο παράδειγμά μας, αυτό το διάνυσμα έχει 9 καταχωρήσεις και μοιάζει με:

$$\text{Value} = [3 \ 4 \ 6 \ 5 \ 7 \ 8 \ 1 \ 2 \ 9]$$

Σημειώστε ότι όλες οι καταχωρήσεις από την πρώτη στήλη εμφανίζονται πρώτες, έπειτα οι καταχωρήσεις από τη δεύτερη στήλη, και τα λοιπά. Όλα τα μηδενικά δεν έχουν συμπεριληφθεί.

Στο δεύτερο διάνυσμα, που καλούμε διάνυσμα *στήλη-έναρξης*, καταγράφουμε ποια σημεία στο διάνυσμα *αξίας* αντιπροσωπεύουν την έναρξη μιας νέας στήλης από την αρχική μήτρα. Η νιοστή είσοδος στο διάνυσμα *στήλη-έναρξης* μας λειπει να βρει την αρχή της νιοστής στήλης στο διάνυσμα *αξίας*.

Σημειώστε ότι LINDO API χρησιμοποιεί αρίθμηση που βασίζεται στο μηδέν, έτσι το διάνυσμα *στήλη-έναρξης* είναι το ακόλουθο:

$$\begin{array}{cccccccc} & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ \text{Value} = [& \underline{3} & 4 & \underline{6} & 5 & 7 & \underline{8} & 1 & \underline{2} & 9] \\ & \nwarrow & & \nwarrow & & \nwarrow & & \nwarrow & & \\ \text{Αρχή-στήλης} = [& 0 & & 2 & & 5 & & 7 & & 9] \end{array}$$

Σημειώστε ότι το διάνυσμα *στήλη-έναρξης* έχει μια είσοδο παραπάνω από τις άλλες στήλες του πίνακά μας. Η πρόσθετη είσοδος λειπει στο LINDO που τελειώνει η τελευταία στήλη. Αυτό θα είναι πάντα ίσο με το μήκος του διανύσματος αξιών.

Από το διάνυσμα *στήλη-έναρξης*, μπορούμε να καταλάβουμε ποια στήλη συνδέεται με κάθε είσοδο στο διάνυσμα *αξίας* μας. Οι μόνες πρόσθετες πληροφορίες που χρειαζόμαστε είναι η σειρά των καταχωρήσεων. Αποθηκεύουμε αυτές τις πληροφορίες σε ένα τρίτο διάνυσμα, το διάνυσμα *σειρά-δεικτών*. Αυτό το διάνυσμα έχει το ίδιο μήκος με το διάνυσμα *αξιών*.

Κάθε είσοδος στο διάνυσμα *σειρά-δεικτών* λειπει σε ποια σειρά ανήκει η αντίστοιχη είσοδος από το διάνυσμα *αξίας*. Στο παράδειγμά μας, ο αριθμός 3 ανήκει στην πρώτη σειρά, την οποία καλούμε σειρά 0, έτσι η πρώτη είσοδος στο διάνυσμα *σειρά-δεικτών* είναι 0. Ομοίως, η δεύτερη είσοδος στο διάνυσμα *αξίας* (4), ανήκει στην τρίτη σειρά (σειρά 2 κατά το έναρξη από μηδέν), έτσι η δεύτερη είσοδος του διανύσματος *σειρά-δεικτών* είναι 2.

Συνεχίζοντας κατ' αυτό τον τρόπο το προκύπτον διάνυσμα *σειρά - δεικτών* εμφανίζεται ως εξής:

$$\begin{array}{cccccccc} & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ \text{Row-index} = [& 0 & 2 & 1 & 2 & 3 & 2 & 3 & 0 & 1] \end{array}$$

Συνολικά, η μετατροπή του πίνακά μας σε 3 διανύσματα είναι :

$$\begin{pmatrix} 3 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 6 & 0 & 9 \\ 4 & 5 & 8 & 0 \\ 0 & 7 & 1 & 0 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{array}{ll} \text{Column-starts:} & [0 \ 2 \ 5 \ 7 \ 9] \\ \text{Value :} & [3 \ 4 \ 6 \ 5 \ 7 \ 8 \ 1 \ 2 \ 9] \\ \text{Row-index:} & [0 \ 2 \ 1 \ 2 \ 3 \ 2 \ 3 \ 0 \ 1] \end{array}$$

Μέχρι αυτό το σημείο, έχουμε δει ότι οι αντικειμενικοί συντελεστές λειτουργίας, οι δεξιές δευτερεύουσες τιμές, οι περιορισμοί και τα μεταβλητά όρια μπορούν να αποθηκευτούν στα διανύσματα των κατάλληλων διαστάσεων και η

μήτρα περιορισμού μπορεί να αποθηκευτεί σε τρία (ή τέσσερα) διανύσματα χρησιμοποιώντας την αντιπροσώπευση αραιών μητρών. Για να μπορέσει το DLL μας να τα διαβάσει θα πρέπει να τα ορίσουμε ώστε να μπορέσει να προχωρήσει στην επίλυση. Βλέποντας σε γενική μορφή ένα παράδειγμα θα έχουμε:

$$\begin{aligned} \text{Minimize} \quad & x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \\ \text{S.t.} \quad & \\ & 3x_1 + 2x_4 = 20 \\ & 6x_2 + 9x_4 \geq 20 \\ & 4x_1 + 5x_2 + 8x_3 = 40 \\ & 7x_2 + 1x_3 \geq 10 \\ & 2 \leq x_1 \leq 5 \\ & 1 \leq x_2 \leq +\infty \\ & -\infty \leq x_3 \leq 10 \\ & -\infty \leq x_4 \leq +\infty \end{aligned}$$

Είναι εύκολο να ελεγχθεί ότι γραμμικό πρόγραμμα αυτό έχει 4 μεταβλητές, 4 περιορισμούς, και 7 μη μηδενικά στοιχεία. Όπως είδαμε και πιο πάνω, η μήτρα περιορισμού έχει την ακόλουθη (τριών-διανυσμάτων) αντιπροσώπευση:

$$\begin{aligned} \text{Column-start} &= [0 \ 2 \ 5 \ 7 \ 9] \\ \text{Values} &= [3.0 \ 4.0 \ 6.0 \ 5.0 \ 7.0 \ 8.0 \ 1.0 \ 2.0 \ 9.0] \\ \text{Row-index} &= [0 \ 2 \ 1 \ 2 \ 3 \ 2 \ 3 \ 0 \ 1] \end{aligned}$$

Άλλα συστατικά των στοιχείων LP, όπως περιγράφονται ανωτέρω, είναι:

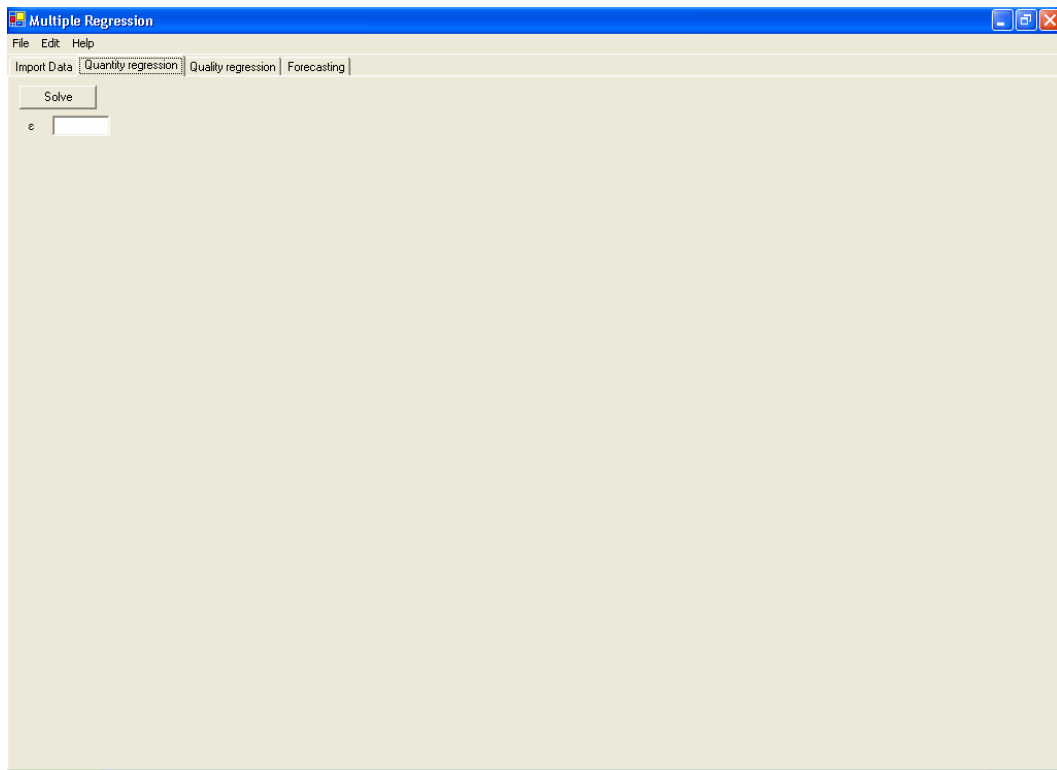
$$\begin{aligned} \text{Right-hand side values} &= [1 \ 1 \ 1 \ 1]. \\ \text{Objective coefficients} &= [E \ G \ E \ G]. \\ \text{Constraint senses} &= [20 \ 20 \ 40 \ 10]. \\ \text{Lower bounds} &= [2 \ 1 \ \text{-LS_INFINITY} \ \text{-LS_INFINITY}]. \\ \text{Upper bounds} &= [5 \ \text{LS_INFINITY} \ 10 \ \text{LS_INFINITY}]. \end{aligned}$$

5.3.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

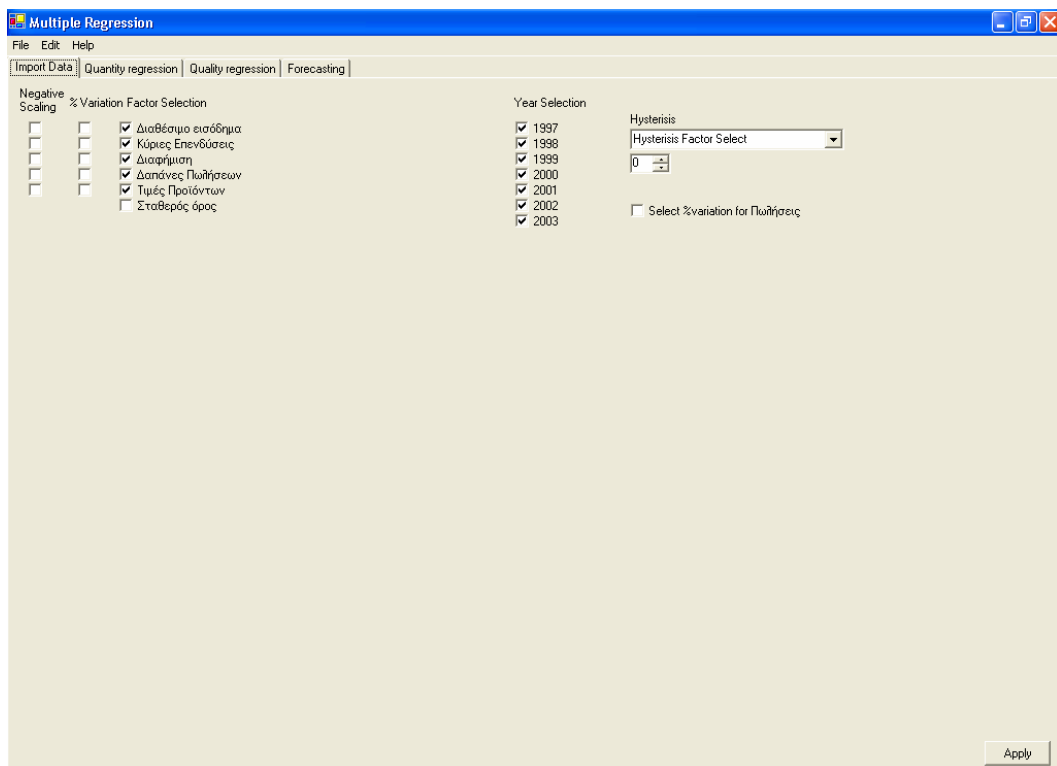
Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι στο στάδιο της επίλυσης, δεν λαμβάνει χώρα καμία αλληλεπίδραση χρήστη-υπολογιστή καθώς το λογισμικό εκτελεί αυτόνομα σύνθετους υπολογισμούς.

Να σημειωθεί, επίσης, ότι ακολουθεί το στάδιο της επίλυσης του παραδείγματος που τέθηκε στην παράγραφο 5.2.1. Η δομή και οι επιμέρους λειτουργίες των καρτελών εξηγούνται στην παράγραφο 5.4 αναλυτικά.

Αρχικά η φόρμα είναι άδεια (σχήμα 49) και αφού καθοριστεί ο δείκτης ϵ , πατώντας το κουμπί με την ένδειξη «solve» το πρόγραμμα βάζει σε λειτουργία την επίλυση του μοντέλου της ποσοτικής παλινδρόμησης. Πριν όμως επιλέξουμε να επιλύσουμε το μοντέλο μπορούμε να επιλέξουμε ότι επιπλέον αλλαγές επιθυμούμε στα δεδομένα μας. Αυτό φαίνεται στην καρτέλα που φαίνεται στο σχήμα 50.

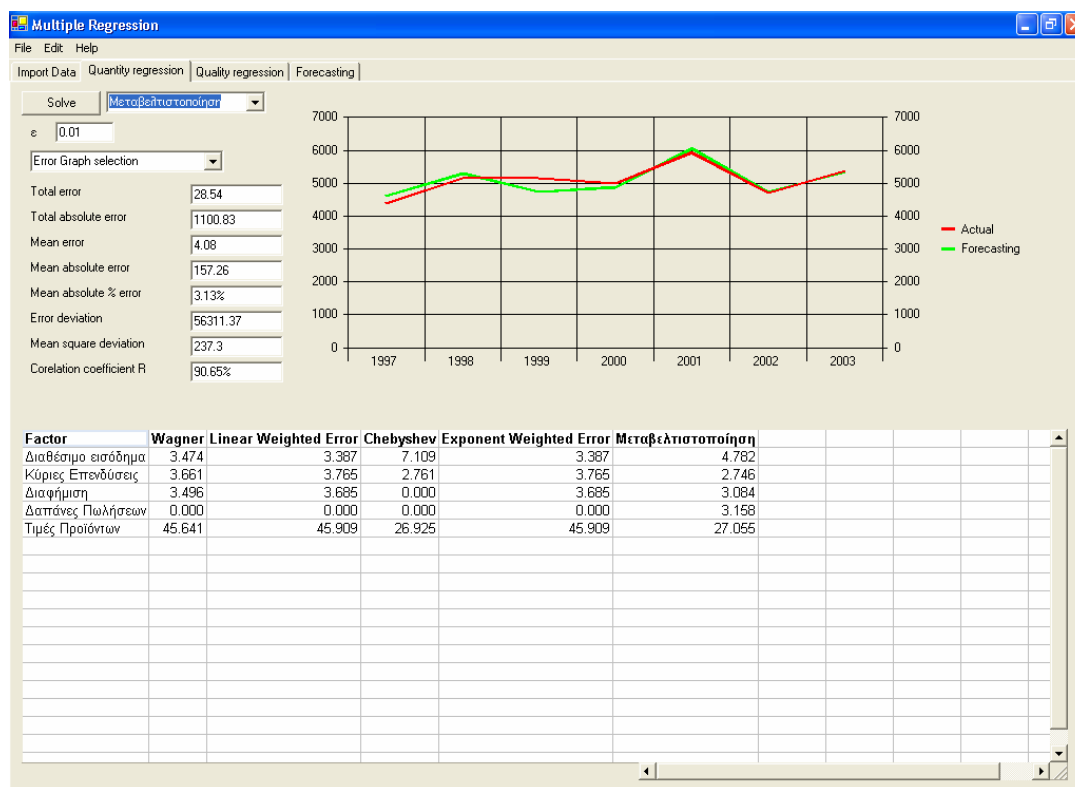


Σχήμα 49: Οθόνη με καρτέλα επίλυσης



Σχήμα 50: Οθόνη με επιλογή μορφής των παραγόντων

Μόλις τελειώσει η φάση σύνθεσης του μοντέλου της ποσοτικής παλινδρόμησης από το DLL, τα αποτελέσματα είναι έτοιμα για εμφάνιση (σχήμα 51).



Σχήμα 51: Οθόνη με καρτέλα επίλυσης με μεταβελτιστοποίηση

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ομαδοποιημένα όπως μπορούμε να δούμε και στο σχήμα 51.

Στην επιλογή του χρήστη βέβαια είναι να επιλέξει την καρτέλα με την ένδειξη «Quantity Regression» και να επιλύσει με το μοντέλο της ποιοτικής παλινδρόμησης. Το μενού όμως των επιλογών αναλύεται με λεπτομέρεια στην επόμενη παράγραφο.

5.4 Παρουσίαση των επιλογών μενού

Όπως έχει ήδη φανεί από τα παραπάνω σχήματα, το περιβάλλον του λογισμικού ακολουθεί την τυπική μορφή των σύγχρονων εφαρμογών των Windows: Για την ευκολότερη χρήση του προγράμματος, υπάρχει στο επάνω μέρος της οθόνης ένα μενού επιλογών (σχήμα 52). Σε αυτό ανήκουν 6 ομάδες επιλογών :

- ❖ File
- ❖ Edit
- ❖ Import data
- ❖ Quality Regression
- ❖ Quantity Regression
- ❖ Forecasting



Σχήμα 52: Μενού επιλογών λογισμικού

Η κάθε ομάδα διαθέτει επιμέρους επιλογές, η κάθε μια από τις οποίες σηματοδοτεί την έναρξη μιας διαδικασίας για το λογισμικό. Στη συνέχεια γίνεται μια συνοπτική περιγραφή των επιλογών του μενού:

1. Ομάδα επιλογών File

Περιέχει επιλογές για την διαχείριση των αρχείων που χρησιμοποιεί το λογισμικό:

- Open file
- Export to excel
- Exit

Αναλυτικά για την κάθε επιλογή ισχύουν τα παρακάτω

Open file (άνοιγμα αρχείου)

Χρησιμοποιείται για να ανοίγει ένα αρχείο δεδομένων το οποίο είναι σε μορφή excel, αφού έχουμε να κάνουμε με αριθμητικά δεδομένα. Έτσι, ο χρήστης μπορεί να δει το επιθυμητό αρχείο δεδομένων σε μορφή λογιστικού φύλλου excel.

Export to excel (έξοδος σε λογιστικό φύλλο)

Η επιλογή αυτή γίνεται ενεργή μόνο αφού ολοκληρωθεί η επίλυση των μοντέλων παλινδρόμησης. Στην αρχή είναι ανενεργό και μετά την επίλυση όλα τα αποτελέσματα στέλνονται σε ένα λογιστικό φύλλο excel όπου και μπορούν να σωθούν κατά βούληση του χρήστη.

Exit (έξοδος)

Η επιλογή αυτή χρησιμοποιείται για την έξοδο από το πρόγραμμα.

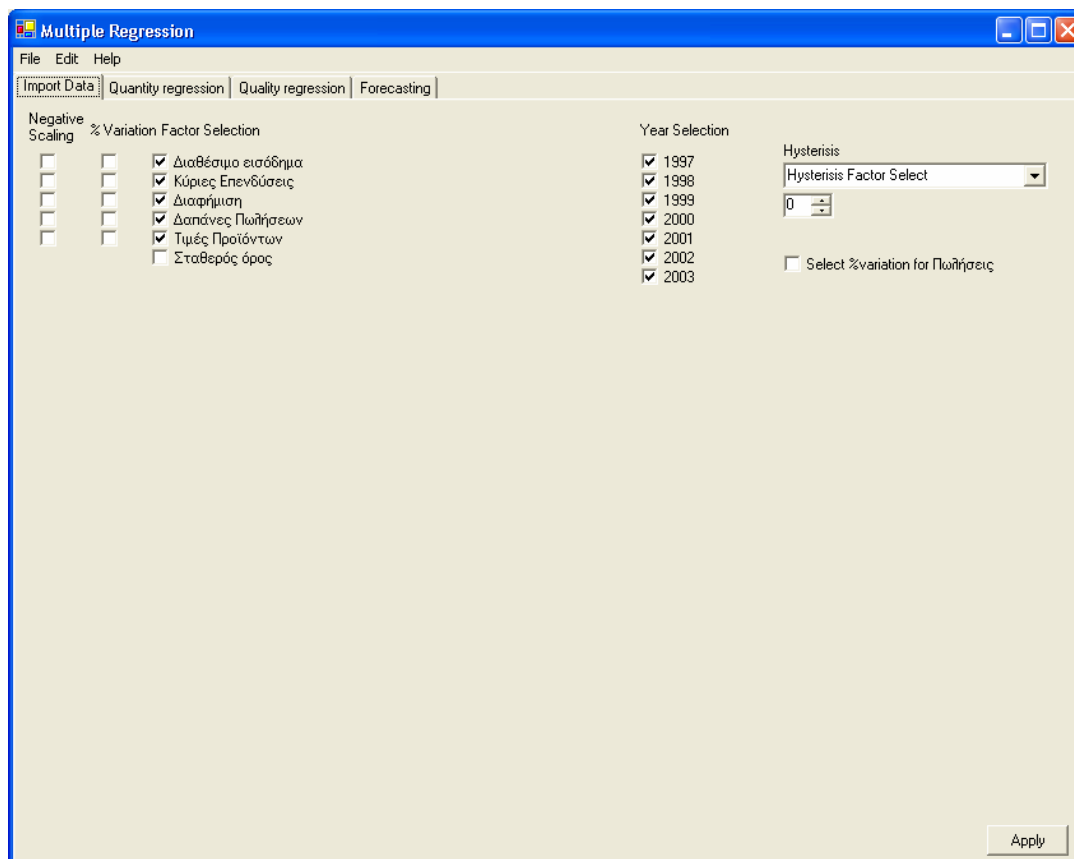
2. Ομάδα επιλογών Edit

Edit (αλλαγή)

Αυτή η επιλογή χρησιμοποιείται για την επεξεργασία του αρχείου εισαγωγής δεδομένων. Εμφανίζει το αρχείο των δεδομένων και στη συνέχεια ο χρήστης μπορεί να κάνει όσες αλλαγές επιθυμεί, χωρίς να χρειάζεται να επεξεργαστεί κάτι ο ίδιος..

Η καρτέλα που εμφανίζεται περιέχει (σχήμα 53):

- check list boxes, στα οποία τσεκάρονται όσα δεδομένα υπάρχουν στο αρχείο που αρχικά διάβασε το πρόγραμμα και ο χρήστης έχει την δυνατότητα να τα επιλέξει ή όχι.
- text box στα οποία αναγράφονται πληροφορίες με δεδομένα τα οποία μπορούμε να επιλέξουμε ή όχι. Έτσι υπάρχουν text box με την ένδειξη «Negative scaling» (για παράγοντες που θέλουμε να επιλέξουμε αρνητικά), «% Variation» (% μεταβολή) για να επιλέξουμε την μορφή των δεδομένων, «Factor Selection» (επιλογή παραγόντων) για να επιλέξουμε ποιους παράγοντες θέλουμε να συμπεριλάβουμε, «Year Selection» (επιλογή ετών) για να επιλέξουμε τα χρόνια. Να σημειωθεί ότι τα text box αυτά βρίσκονται ακριβώς πάνω από τα check list boxes
- compo box με την ένδειξη «Hysteris factor select», το οποίο μας επιτρέπει την επιλογή του παράγοντα για τον οποίο θα ληφθεί υπόψη η υστέρηση
- κουμπί με την ένδειξη «numericUpDown» για επιλογή συγκεκριμένου αριθμού ετών της υστέρησης

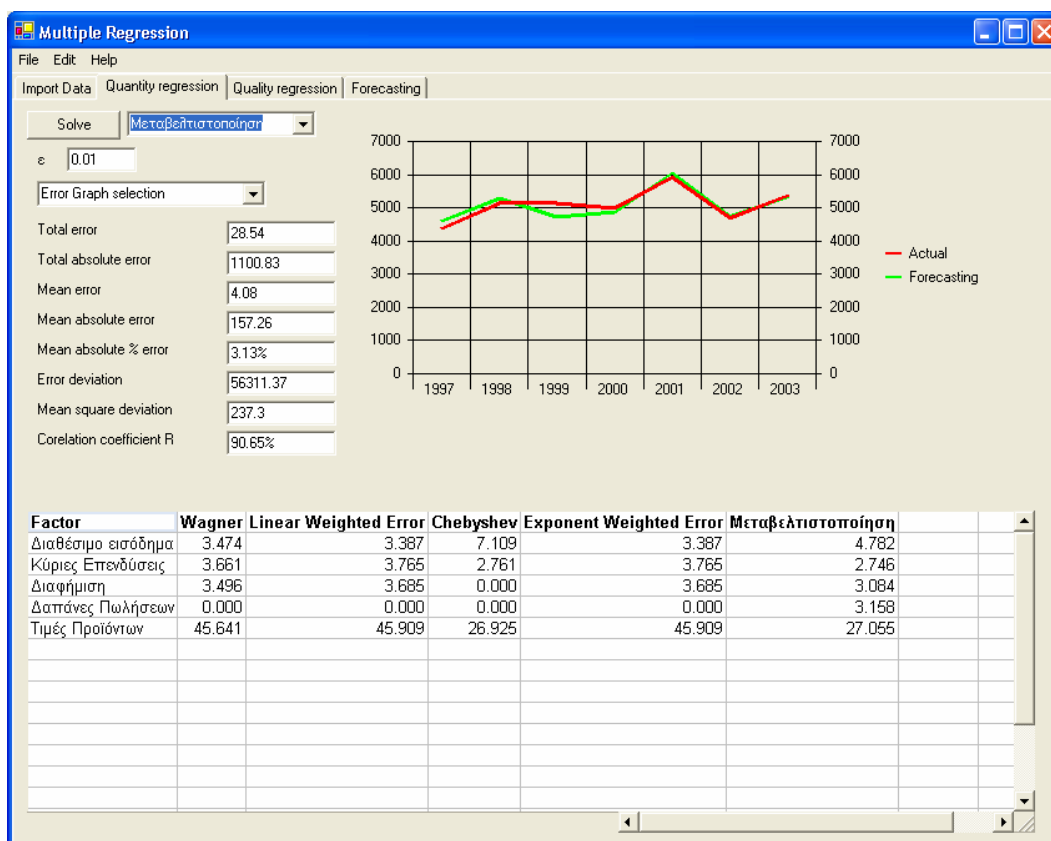


Σχήμα 53: Οθόνη με ομάδα επιλογής Edit

3. Ομάδα επιλογών *Quantity Regression*

Quantity Regression(βασικό μοντέλο παλινδρόμησης)

Η επιλογή αυτή είναι ανοίγει μια καρτέλα, που είναι ένα tab control εργαλείο, πάνω στην οποία υπάρχει ένα κουμπί με την ένδειξη «Solve» και πατώντας το, το DLL του λογισμικού επιλύει το βασικό μοντέλο παλινδρόμησης. Οι πληροφορίες που μας δίνει η επίλυση είναι οι δείκτες σφαλμάτων και προσαρμογής και οι συντελεστές των παραγόντων. Έτσι, στα text box που εμφανίζονται παίρνουμε τις πληροφορίες για τους δείκτες (το συνολικό και μέσο απόλυτο σφάλμα, τη διασπορά σφαλμάτων, την τυπική απόκλιση, το μέσο ποσοστό απόλυτων σφαλμάτων καθώς επίσης και το R) ενώ οι τιμές των συντελεστών των παραγόντων επιστρέφονται σε ένα λογιστικό φύλλο excel. Μπορούμε επίσης αν το επιλέξουμε από το combo box να εμφανίσουμε και μια επιπλέον φόρμα που θα περιέχει τα γραφήματα που μπορούμε να πάρουμε από την επίλυση του μοντέλου (σχήμα 54).

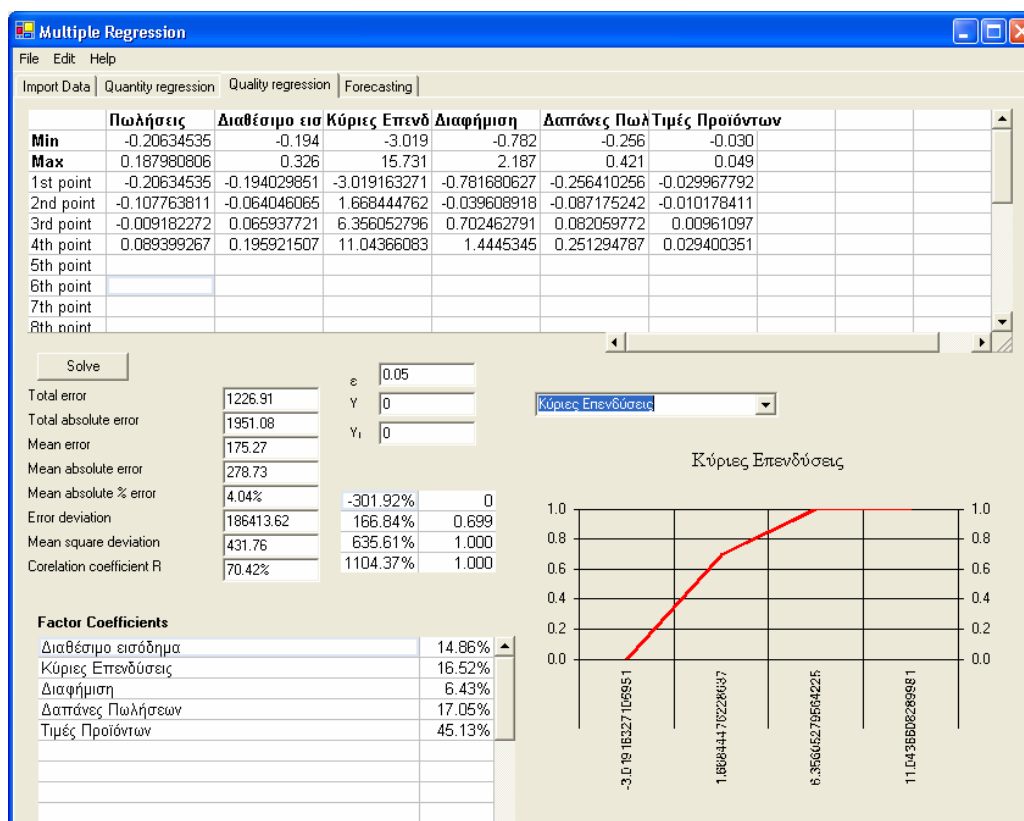


Σχήμα 54: Οθόνη με καρτέλα Quantity regression

4. Ομάδα επιλογών Quality Regression

Quality Regression

Η επιλογή αυτή είναι ανάλογη της προηγούμενης μόνο που πάνω στην καρτέλα (που είναι ένα tab control εργαλείο) έχουμε διαφορετικές επιλογές. Ανοίγοντας, λοιπόν, η καρτέλα, στην οθόνη εμφανίζεται ένα λογιστικό φύλλο excel (spreadsheet), στο οποίο αναγράφονται η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή των δεδομένων, τα οποία έχουν ήδη μετατραπεί σε % μεταβολή από το λογισμικό. Ο χρήστης μπορεί να εισάγει διαστήματα, των οποίων η μορφή θα πρέπει να δοθεί σε % μεταβολή, ακριβώς κάτω από αυτά τα δεδομένα, έπειτα να ορίσει τις παραμέτρους (το ϵ , το γ και το γ_i) μέσα στα text box και να ενεργοποιήσει το κουμπί με την ένδειξη «Solve», ώστε πατώντας το, το DLL να συνθέσει και να επιλύσει το συγκεκριμένο μοντέλο. Μόλις η επίλυση ολοκληρωθεί, τα αποτελέσματα όπως και προηγουμένως αποθηκεύονται στα text box οι δείκτες σφαλμάτων και προσαρμογής και στο λογιστικό φύλλο excel οι συντελεστές των παραγόντων. Από το compo box εμφανίζεται, αν το επιλέξουμε, μια επιπλέον φόρμα που περιέχει τα γραφήματα που μπορούμε να πάρουμε από την επίλυση του μοντέλου (σχήμα 55).

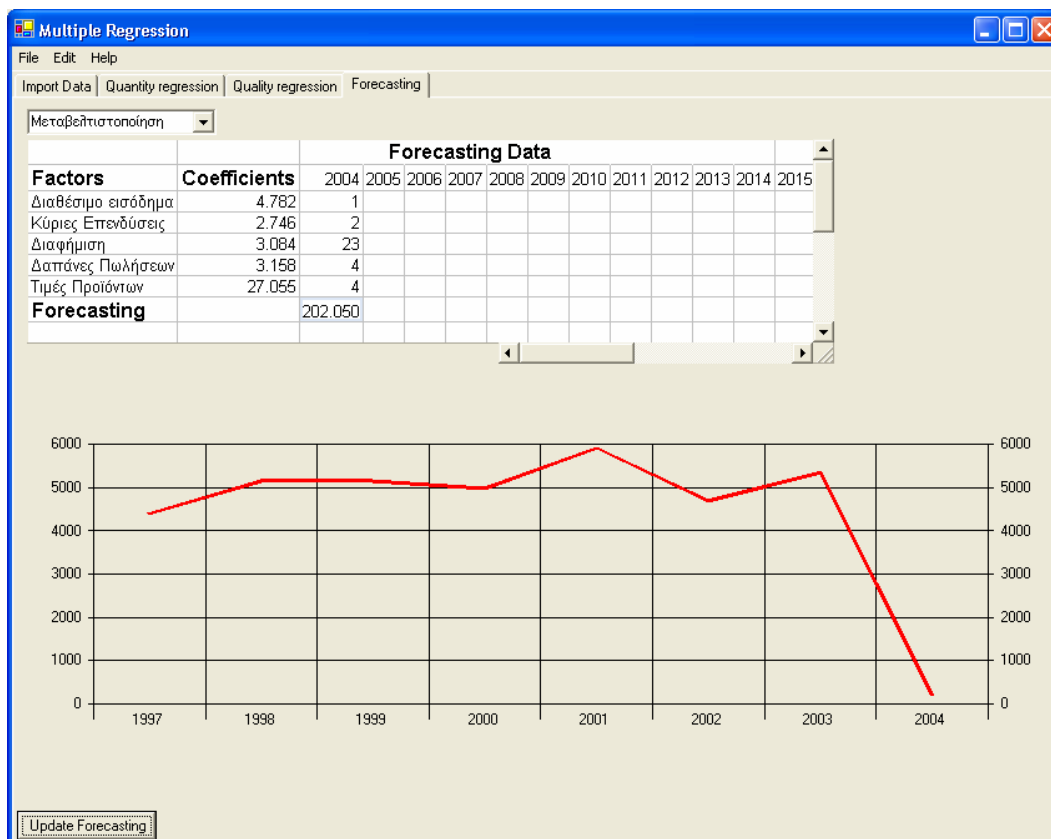


Σχήμα 55: Οθόνη με καρτέλα για Quality Regression

5. Ομάδα επιλογών Forecasting

Forecasting (πρόβλεψη)

Η επιλογή αυτή αντίστοιχα ανοίγει μια καρτέλα (που είναι ένα tab control εργαλείο) η οποία αποτελείται από ένα λογιστικό φύλλο excel, όπου επιστρέφονται τα αποτελέσματα της πρόβλεψης. Αφού εισάγουμε τα δεδομένα που χρειαζόμαστε για να κάνουμε την πρόβλεψη, από ένα combo box με την ένδειξη «Criterion selection» διαλέγουμε το μοντέλο που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε για την πρόβλεψη και ενεργοποιείται το λογισμικό ώστε να γίνει αυτόματα η πρόβλεψη. Το κουμπί με την ένδειξη «Update forecasting» το ενεργοποιούμε κάθε φορά που θέλουμε να αλλάξουμε τα δεδομένα που εισάγουμε για την πρόβλεψη. Να σημειωθεί ότι η καρτέλα ενεργοποιείται μόνο όταν θα έχουν λυθεί τα μοντέλα της παλινδρόμησης. Αμέσως μόλις ολοκληρωθεί η πρόβλεψη εμφανίζεται και το γράφημα αυτής.



Σχήμα 56: Οθόνη με καρτέλα Forecasting

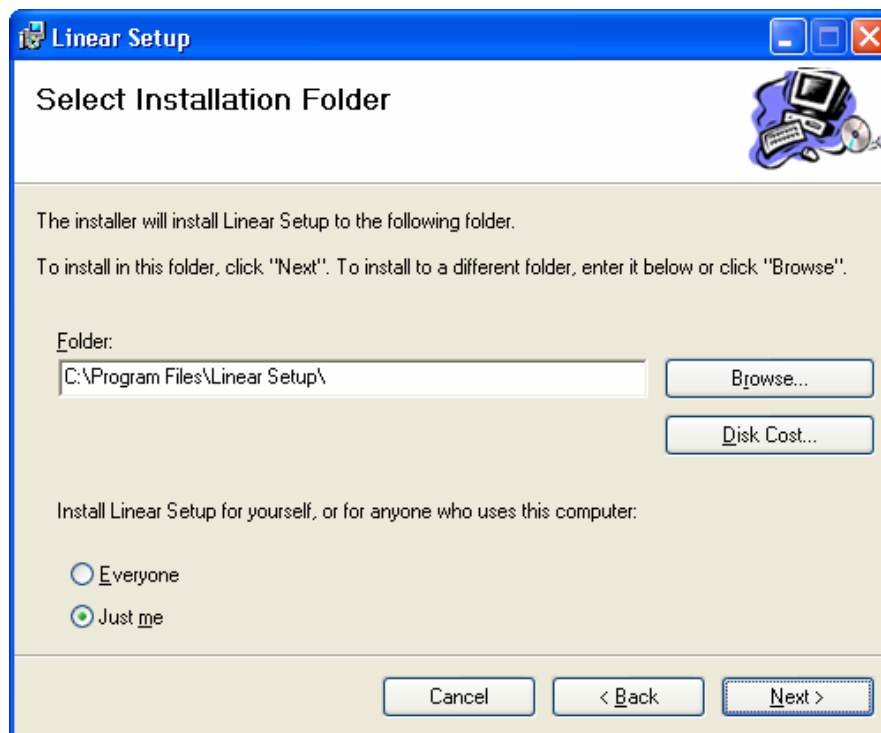
5.5 Τεχνικά στοιχεία λογισμικού

Το λογισμικό αναπτύχθηκε με τη γλώσσα προγραμματισμού της VISUAL BASIC.NET. Για να μπορέσει το πρόγραμμα να εκτελέσει ορισμένες εξειδικευμένες λειτουργίες, χρησιμοποιεί πρόσθετα DLL και στοιχεία ελέγχου Active x .

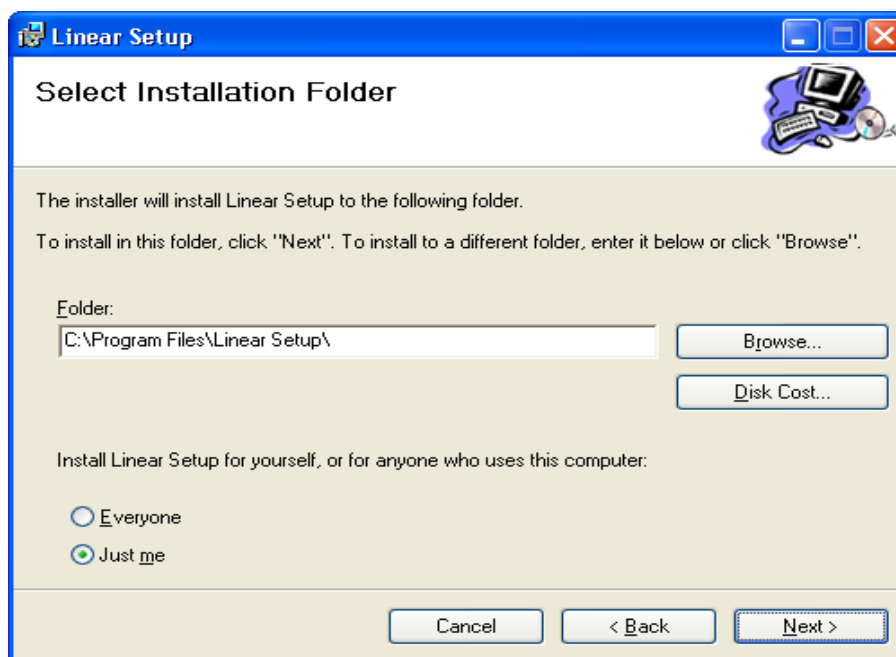
Το Visual Basic.Net παρέχει χαρακτηριστικά γνωρίσματα προγραμματισμού που είναι πολύ σημαντικά για τους προγραμματιστές, όπως ο αντικειμενοστραφής προγραμματισμός (object-oriented programming), γραφικά, συστατικά γραφικού interface - (GUI), πολυμέσα (ήχος, εικόνες, αναπαραστάσεις και βίντεο), επεξεργασία αρχείων, έτοιμες δομές δεδομένων, επεξεργασία βάσεων δεδομένων, Internet και δίκτυα World-Wide-Web-based client/server. Η Visual Basic.Net είναι η επόμενη φάση στην εξέλιξη της Visual Basic, η δημοφιλέστερη παγκόσμια γλώσσα προγραμματισμού.

Η πλατφόρμα .NET προσφέρει τις ισχυρές ικανότητες για την ανάπτυξη και επέκταση λογισμικού, συμπεριλαμβανομένης και της ιδιότητας ανεξαρτησίας από μια συγκεκριμένη γλώσσα ή μια πλατφόρμα προγραμματισμού. Οι ικανότητες που η Microsoft έχει ενσωματώσει στη φόρμα της .NET δημιουργεί ένα νέο παράδειγμα ανάπτυξη software το οποίο θα αυξήσει την παραγωγικότητα του προγραμματιστή και θα μειώσει τον χρόνο ανάπτυξης.

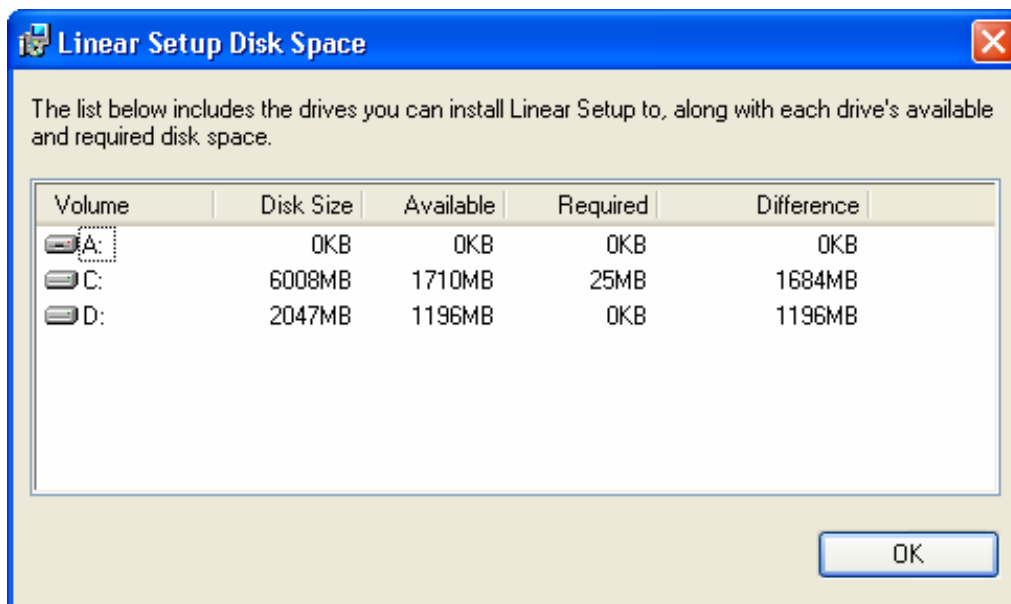
Το έτοιμο πρόγραμμα μπορεί να εγκατασταθεί σε ηλεκτρονικό υπολογιστή με λειτουργικό σύστημα windows, μέσω ου προγράμματος εγκατάστασης του setup. Τα διαδοχικά στάδια που ακολουθεί ο χρήστης φαίνονται στα σχήματα 57, 58, 59, 60 και 61.



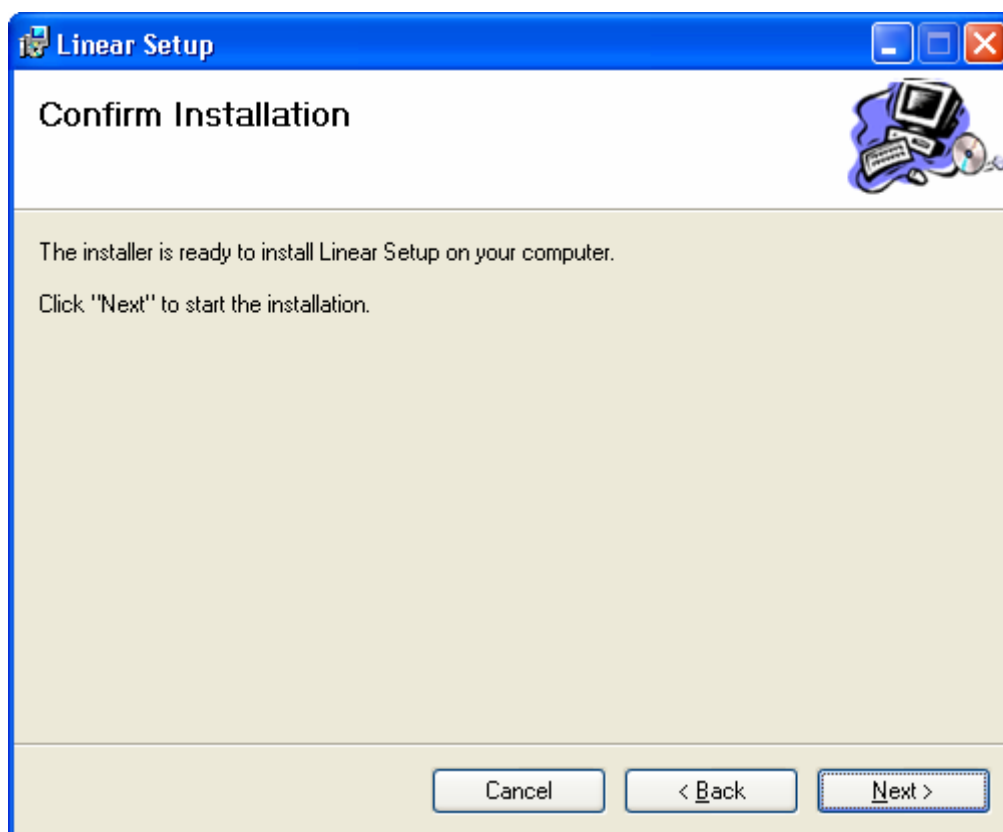
Σχήμα 57: Έναρξη εγκατάστασης setup προγράμματος



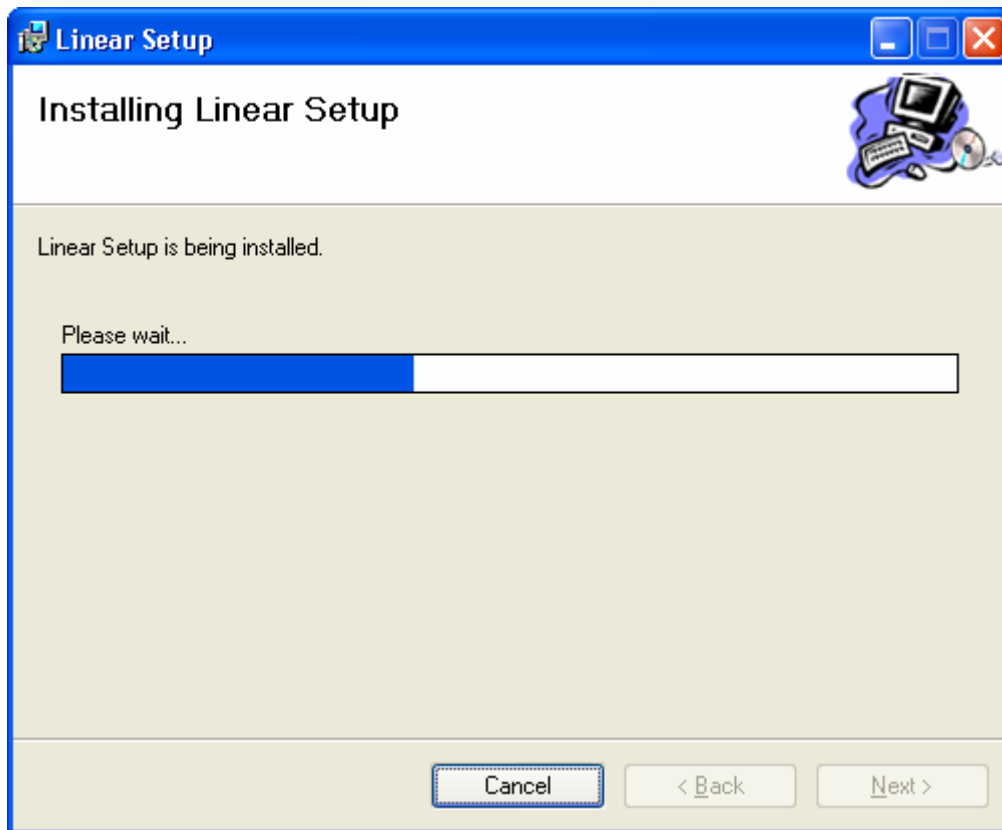
Σχήμα 58: Οθόνη του setup για επιλογή προορισμού



Σχήμα 59: Οθόνη του setup για πληροφορίες χωρητικότητας του προγράμματος



Σχήμα 60: Οθόνη του setup για συνέχεια εγκατάστασης μετά από τις ρυθμίσεις



Σχήμα 61: Οθόνη του setup με πορεία εγκατάστασης προς την ολοκλήρωση.

Το λογισμικό παρέχεται σε δίσκο CD ROM.

Αναφορές

Juliana Aldons and Denise Bankaitis. *Microsoft Visual Basic.net: language reference* (2002). Microsoft Press

H. M . Deitel, P. J .Deitel and T. R. Nieto.(2002). *Visual Basic.Net: How to program* (2nd edition). Prentice Hall. New Jersey.

X. Ελευθέρογλου (2002). *Συγκριτική ανάλυση ικανοποίησης και εκτίμηση της καταναλωτικής αφοσίωσης των πελατών, με τη χρήση εξειδικευμένου λογισμικού*. Διπλωματική εργασία. Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

Κεφάλαιο 6: Προχωρημένες αναλύσεις

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε τις προχωρημένες αναλύσεις που το πληροφοριακό σύστημα μας παρέχει τη δυνατότητα να εφαρμόσουμε. Στο πρώτο μέρος θα εφαρμόσουμε βηματική παλινδρόμηση, όπου παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα που εξάγονται στην περίπτωση εισαγωγής των δεδομένων με εναλλακτικές μορφές (συνδυασμό απόλυτων τιμών και % ετήσια μεταβολή, εφαρμογή υστέρησης). Στο δεύτερο μέρος θα χρησιμοποιήσουμε το πληροφοριακό σύστημα για να κάνουμε έλεγχο αποτελεσματικότητας και πρόβλεψη για όλα τα μοντέλα.

6.1 Βηματική παλινδρόμηση

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, εισάγοντας τα δεδομένα, το πληροφοριακό σύστημα μας δίνει τη δυνατότητα να επιλέξουμε τη μορφή με την οποία θα εισάγουμε τα δεδομένα μας, δηλαδή σε απόλυτες τιμές, σε % ετήσια μεταβολή ή συνδυασμό και των δυο. Επιπρόσθετα, τα δεδομένα μπορούν να εισαχθούν με υστέρηση όσων ετών επιθυμούμε. Στην βηματική παλινδρόμηση κάνουμε σταδιακές αλλαγές στη μορφή των δεδομένων μέχρι να πάρουμε τις καλύτερες δυνατές λύσεις.

6.1.1 Βηματική παλινδρόμηση με % μεταβολή

Αναλυτικότερα στην βηματική παλινδρόμηση με % μεταβολή, ξεκινάμε επιλέγοντας την μορφή του 1^{ου} παράγοντα σε % μεταβολή και κρατώντας τους υπόλοιπους σε απόλυτες τιμές. Τα αποτελέσματα που παίρνουμε τα συγκρίνουμε με αυτά που μας έδωσε το πρόγραμμα όταν όλα τα δεδομένα ήταν σε απόλυτες τιμές. Αν αυτά που παίρνουμε, είναι καλύτερα από τα αρχικά τότε κρατάμε την μορφή του παράγοντα σε % μεταβολή και συνεχίζουμε κάνοντας το ίδιο για τον 2^ο. Διαφορετικά αν τα αποτελέσματα είναι χειρότερα, τότε κρατάμε τον παράγοντα που επιλέξαμε στην αρχική του μορφή, δηλαδή σε απόλυτη τιμή και συνεχίζουμε την διαδικασία για τους υπόλοιπους παράγοντες. Ο βέλτιστος συνδυασμός εισαγωγής των δεδομένων, φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

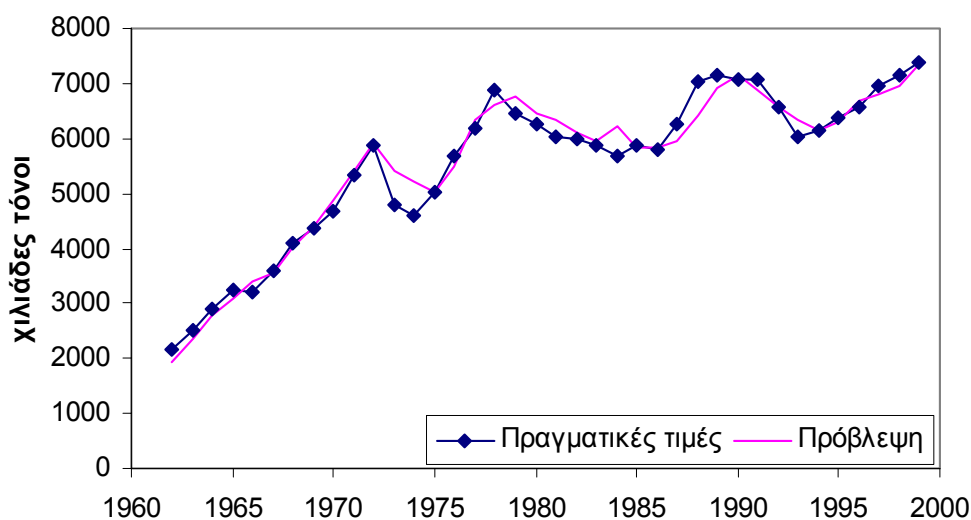
Παράγοντες	Μορφή παράγοντα
Κατανάλωση Προηγούμενου Έτους	% μεταβολή
Συνολικός Πληθυσμός	Απόλυτες τιμές
Αστικός Πληθυσμός	
ΑΕΠ	% μεταβολή
Τριτογενής Τομέας	Απόλυτες τιμές
Άδηλοι Πόροι	% μεταβολή
Εισροή Κεφαλαίων	Απόλυτες τιμές
Δημόσιες Επενδύσεις	
Ιδιωτικές Επενδύσεις	% μεταβολή
Χρήση Τσιμέντου	Απόλυτες τιμές
Άνεργος Πληθυσμός	
Επιτόκια Στεγαστικών Δανείων	

Πίνακας 34: Μορφή παραγόντων στη βηματική παλινδρόμηση με % μεταβολή

Τα αποτελέσματα που έδωσε το πληροφοριακό σύστημα με βάση την παραπάνω μορφή των παραγόντων τη βλέπουμε στον πίνακα 35.

Παράγοντες	Τιμή συντελεστών	Μονάδα μέτρησης
Σταθερός όρος	-	χιλιάδες τόνοι τσιμέντου
Κατανάλωση Προηγούμενου Έτους	0,000	χιλιάδες τόνοι τσιμέντου
Συνολικός Πληθυσμός	0,001	χιλιάδες τόνοι / εκατομμύρια κάτοικοι
Αστικός Πληθυσμός	0,002	χιλιάδες τόνοι /εκατομμύρια κάτοικοι
ΑΕΠ	0,002	χιλιάδες τόνοι /δισ Ευρώ
Τριτογενής Τομέας	-0,155	χιλιάδες τόνοι /δισ Ευρώ
Άδελφοι Πόροι	0,640	χιλιάδες τόνοι /δισ Ευρώ
Εισροή Κεφαλαίων	0,001	χιλιάδες τόνοι /δισ Ευρώ
Δημόσιες Επενδύσεις	0,041	χιλιάδες τόνοι /δισ Ευρώ
Ιδιωτικές Επενδύσεις	0,016	χιλιάδες τόνοι /δισ Ευρώ
Χρήση Τσιμέντου	0,006	εκατομμύρια m ³ οικοδομών
Άνεργος Πληθυσμός	0,192	χιλιάδες τόνοι /εκατομμύρια άνεργοι
Επιτόκια Στεγαστικών Δανείων	-0,439	χιλιάδες τόνοι /ποσοστιαίες μονάδες

Πίνακας 35: Συντελεστές παραγόντων βηματικής παλινδρόμησης με % μεταβολή

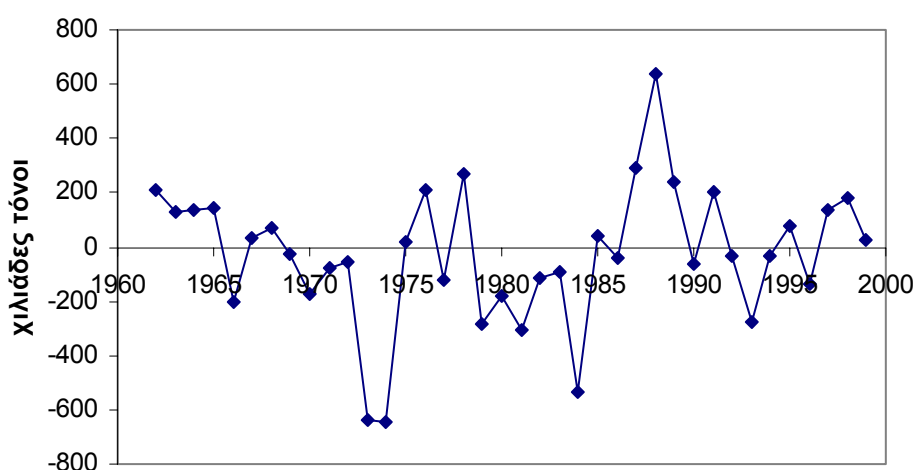


Σχήμα 62: Γραφική απεικόνιση πραγματικής και προβλεπόμενης κατανάλωσης

Έτος	Πραγματική τιμή	Πρόβλεψη
1963	2150,40	1938,04
1964	2497,92	2371,45
1965	2913,60	2777,50
1966	3244,80	3100,50
1967	3213,12	3412,57
1968	3578,88	3545,49
1969	4086,72	4017,98

1970	4374,72	4397,47
1971	4690,56	4862,41
1972	5326,08	5401,39
1973	5858,88	5914,17
1974	4775,04	5414,44
1975	4588,80	5232,55
1976	5039,04	5019,84
1977	5678,40	5470,32
1978	6200,64	6323,49
1979	6883,20	6612,66
1980	6461,76	6746,86
1981	6254,40	6435,35
1982	6010,56	6320,02
1983	6006,72	6122,02
1984	5873,28	5962,70
1985	5688,00	6221,36
1986	5880,96	5842,78
1987	5794,56	5831,61
1988	6254,40	5963,09
1989	7036,80	6400,39
1990	7165,85	6926,59
1991	7091,36	7151,71
1992	7064,28	6864,62
1993	6555,92	6587,33
1994	6047,86	6325,89
1995	6128,19	6159,21
1996	6378,00	6302,85
1997	6568,00	6703,12
1998	6954,00	6814,12
1999	7146,00	6963,62
2000	7380,00	7356,91

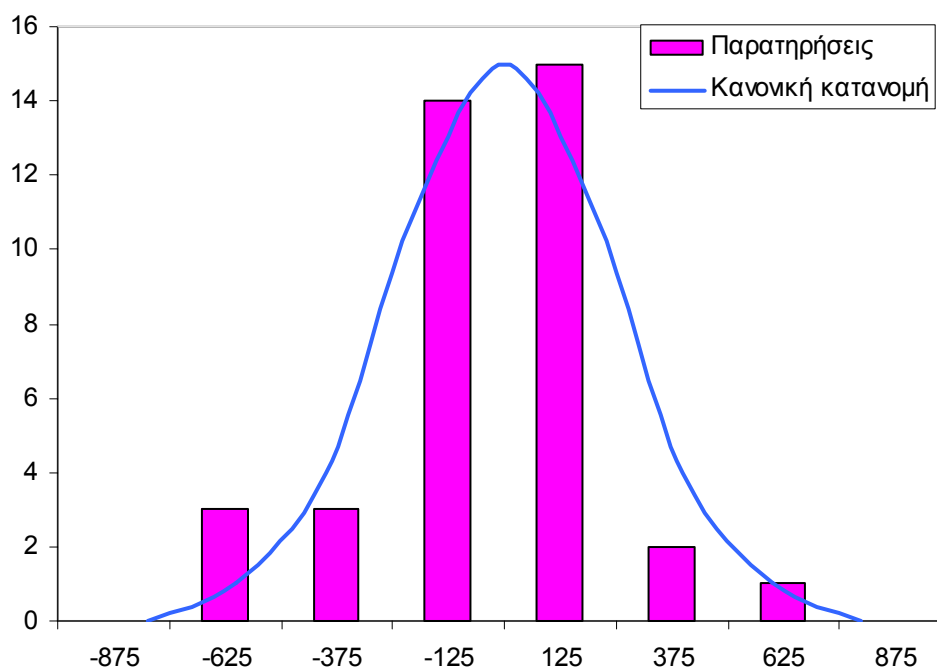
Πίνακας 36: Πραγματική και προβλεπόμενη τιμή της Κατανάλωσης ανά έτος



Σχήμα 63: Σφάλματα ανά έτος

Δείκτες Σφαλμάτων και Προσαρμογής	Τιμή	Μονάδες μέτρησης δεικτών
Συνολικό σφάλμα	-972,73	Χιλιάδες τόνοι
Συνολικό απόλυτο σφάλμα	7061,73	
Μέσο σφάλμα	-25,60	
Μέσο απόλυτο σφάλμα	185,83	
Διασπορά σφαλμάτων	66821,36	-
Τυπική απόκλιση σφαλμάτων	258,50	Χιλιάδες τόνοι
Μέσο απόλυτο ποσοστό σφαλμάτων	3,63%	-
Συντελεστής συσχέτισης	98,39%	-
Συντελεστής προσαρμογής	59,73%	-

Πίνακας 37: Δείκτες σφαλμάτων και προσαρμογής βηματικής παλινδρόμησης για % μεταβολή



Σχήμα 64: Κατανομή σφαλμάτων

Με τη χρήση ενός t-test είναι δυνατό να υπολογιστεί το 95% διάστημα εμπιστοσύνης της μέσης τιμής των απόλυτων σφαλμάτων πρόβλεψης. Το διάστημα αυτό υπολογίζεται από $(185,83 - 81,13)$ έως $(185,83 + 81,13)$. Δηλαδή με πιθανότητα 95% το μέσο απόλυτο σφάλμα της εκτίμησης θα κυμαίνεται από 104,70 έως 266,96.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του βασικού μοντέλου (παράγραφος 4.1.2), όπου όλοι οι παράγοντες είναι σε απόλυτες τιμές, με αυτά που παίρνουμε αν χρησιμοποιήσουμε τους παράγοντες σε συνδυασμό απόλυτων τιμών και σε % μεταβολή, μπορούμε να πούμε ότι για κάποιους από τους δείκτες προσαρμογής τα αποτελέσματα που παράγονται είναι καλύτερα ενώ για κάποιους άλλους παίρνουμε καλύτερα αποτελέσματα όταν χρησιμοποιούμε απόλυτες τιμές των παραγόντων. Πιο συγκεκριμένα, έχουμε μικρότερες τιμές όσον αφορά στους δείκτες σφαλμάτων και μεγαλύτερες τιμές όσον αφορά στους δείκτες προσαρμογής.

6.1.2 Βηματική παλινδρόμηση με υστέρηση

Με ανάλογο τρόπο δουλεύουμε και στη βηματική παλινδρόμηση με υστέρηση. Συγκεκριμένα τώρα επιλέγουμε οι παράγοντες να χρησιμοποιούνται με υστέρηση. Ο λόγος που μελετούμε την υστέρηση είναι ότι ενδέχεται κάποιος από τους παράγοντες να επηρεάζει την Κατανάλωση Τσιμέντου μετά από ένα χρονικό διάστημα και όχι άμεσα τη συγκεκριμένη περίοδο. Έτσι, μετά από δοκιμές τα αποτελέσματα διαμορφώνονται ως εξής:

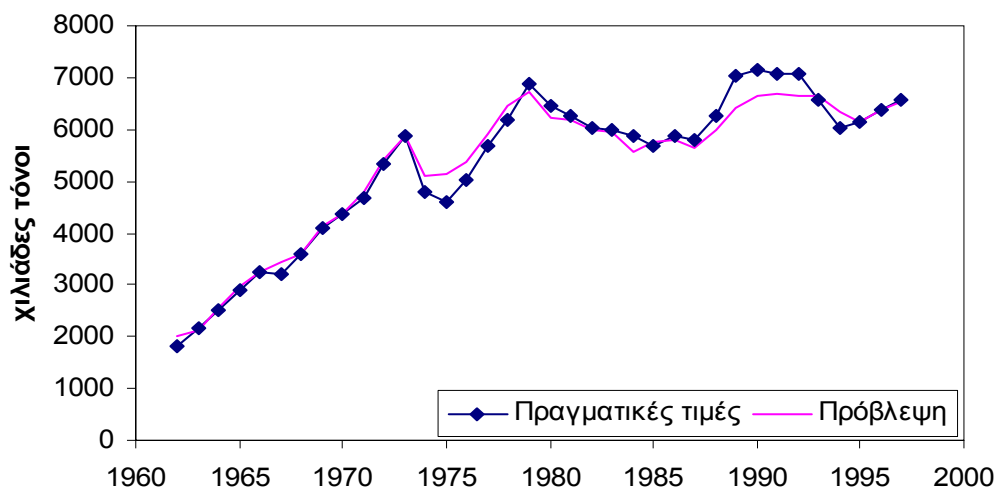
Παράγοντες	Μορφή παράγοντα
Συνολικός Πληθυσμός	Χωρίς υστέρηση
Αστικός Πληθυσμός	
ΑΕΠ	
Τριτογενής Τομέας	
Άδηλοι Πόροι	Υστέρηση 2 ετών
Εισροή Κεφαλαίων	Υστέρηση 3 ετών
Δημόσιες Επενδύσεις	Υστέρηση 2 ετών
Ιδιωτικές Επενδύσεις	Χωρίς υστέρηση
Χρήση Τσιμέντου	
Άνεργος Πληθυσμός	
Επιτόκια Στεγαστικά Δανείων	

Πίνακας 38: Μορφή παραγόντων με βηματική υστέρηση

Τα αποτελέσματα που έδωσε το πληροφοριακό σύστημα με βάση την παραπάνω μορφή των παραγόντων τη βλέπουμε στον πίνακα 39.

Παράγοντες	Τιμή συντελεστών	Μονάδα μέτρησης
Σταθερός όρος	486,90	χιλιάδες τόνοι τσιμέντου
Συνολικός Πληθυσμός	40,26	χιλιάδες τόνοι / εκατομμύρια κάτοικοι
Αστικός Πληθυσμός	48,50	χιλιάδες τόνοι /εκατομμύρια κάτοικοι
ΑΕΠ	17,95	χιλιάδες τόνοι /δισ Ευρώ
Τριτογενής Τομέας	6,29	χιλιάδες τόνοι /δισ Ευρώ
Άδηλοι Πόροι	137,15	χιλιάδες τόνοι /δισ Ευρώ
Εισροή Κεφαλαίων	35,48	χιλιάδες τόνοι /δισ Ευρώ
Δημόσιες Επενδύσεις	113,55	χιλιάδες τόνοι /δισ Ευρώ
Ιδιωτικές Επενδύσεις	147,33	χιλιάδες τόνοι /δισ Ευρώ
Χρήση Τσιμέντου	11,69	εκατομμύρια m ³ οικοδομών
Άνεργος Πληθυσμός	-4049,70	χιλιάδες τόνοι /εκατομμύρια άνεργοι
Επιτόκια Στεγαστικά Δανείων	-3203,61	χιλιάδες τόνοι /ποσοστιαίες μονάδες

Πίνακας 39: Συντελεστές παραγόντων βηματικής παλινδρόμησης με υστέρηση

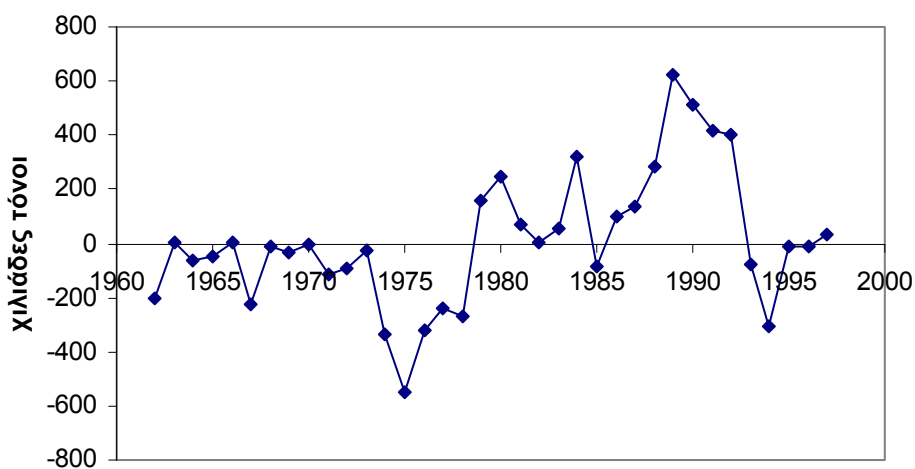


Σχήμα 65: Γραφική απεικόνιση πραγματικών και προβλεπόμενων τιμών

Έτος	Πραγματική τιμή	Πρόβλεψη
1962	1816,32	2020,12
1963	2150,40	2143,40
1964	2497,92	2559,50
1965	2913,60	2958,86
1966	3244,80	3239,74
1967	3213,12	3438,85
1968	3578,88	3592,99
1969	4086,72	4122,24
1970	4374,72	4376,90
1971	4690,56	4806,02
1972	5326,08	5415,39
1973	5858,88	5887,97
1974	4775,04	5109,73
1975	4588,80	5136,73
1976	5039,04	5359,80
1977	5678,40	5914,70
1978	6200,64	6466,30
1979	6883,20	6725,12
1980	6461,76	6215,22
1981	6254,40	6180,85
1982	6010,56	6006,69
1983	6006,72	5949,56
1984	5873,28	5550,74
1985	5688,00	5774,62
1986	5880,96	5782,37
1987	5794,56	5658,44
1988	6254,40	5973,99
1989	7036,80	6415,62
1990	7165,85	6652,47
1991	7091,36	6674,92
1992	7064,28	6664,46
1993	6555,92	6636,56
1994	6047,86	6353,40
1995	6128,19	6139,04

1996	6378,00	6390,76
1997	6568,00	6534,61

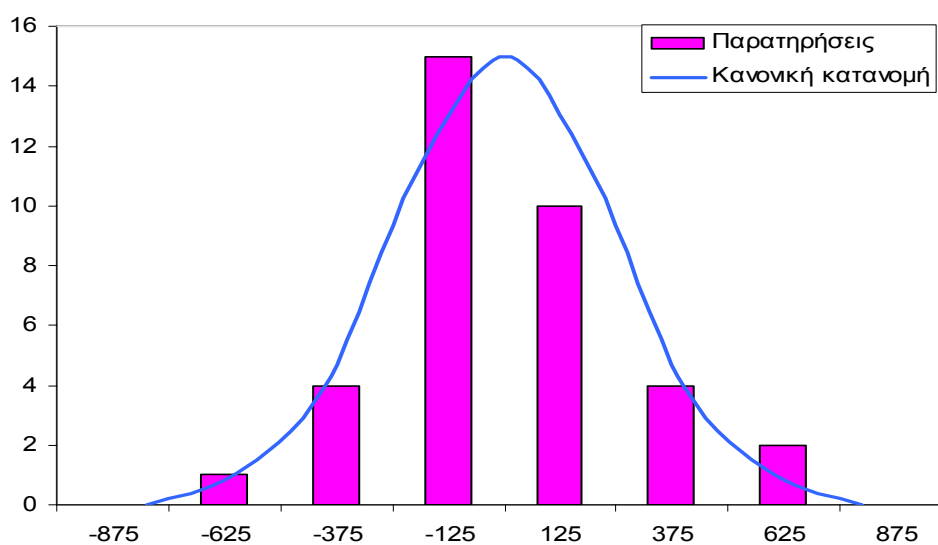
Πίνακας 40: Πραγματική και προβλεπόμενη τιμή Κατανάλωσης



Σχήμα 66: Σφάλματα ανά έτος

Δείκτες Σφαλμάτων και Προσαρμογής	Τιμή	Μονάδες μέτρησης δεικτών
Συνολικό σφάλμα	349,37	Χιλιάδες τόνοι
Συνολικό απόλυτο σφάλμα	6396,94	
Μέσο σφάλμα	9,70	
Μέσο απόλυτο σφάλμα	177,69	
Διασπορά σφαλμάτων	63541,32	-
Τυπική απόκλιση σφαλμάτων	252,07	Χιλιάδες τόνοι
Μέσο απόλυτο ποσοστό σφαλμάτων	3,36%	-
Συντελεστής συσχέτισης	98,77%	-
Συντελεστής προσαρμογής	65,93%	-

Πίνακας 41: Δείκτες σφαλμάτων και προσαρμογής βηματικής παλινδρόμησης με υστέρηση



Σχήμα 67: Κατανομή σφαλμάτων

Με τη χρήση ενός t-test είναι δυνατό να υπολογιστεί το 95% διάστημα εμπιστοσύνης της μέσης τιμής των απόλυτων σφαλμάτων πρόβλεψης. Το διάστημα αυτό υπολογίζεται από $(177,69 - 82,34)$ έως $(177,69 + 82,34)$. Δηλαδή με πιθανότητα 95% το μέσο απόλυτο σφάλμα της εκτίμησης θα κυμαίνεται από 95,35 έως 260,03.

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα που παίρνουμε με βηματική υστέρηση των παραγόντων σε σχέση με αυτά χωρίς υστέρηση των παραγόντων (παράγραφος 4.1.2) μπορούμε να πούμε ότι για τους περισσότερους από τους δείκτες προσαρμογής τα αποτελέσματα που παράγονται είναι καλύτερα. Πιο συγκεκριμένα, έχουμε μικρότερες τιμές στους συντελεστές σφαλμάτων και μεγαλύτερες τιμές στους συντελεστές προσαρμογής.

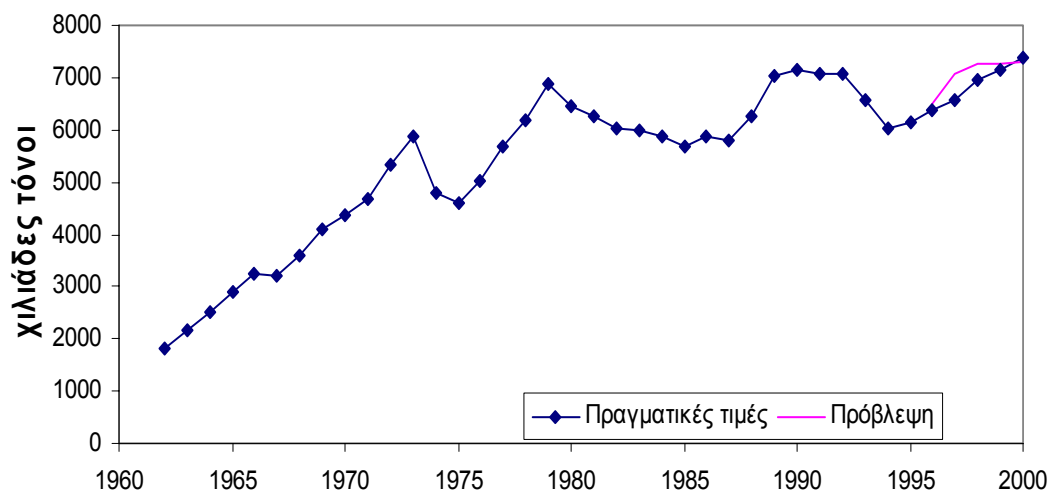
6.2 Έλεγχος αποτελεσματικότητας

Στο κομμάτι αυτό του ελέγχου αποτελεσματικότητας, αρχικά θα χρησιμοποιήσουμε δεδομένα πραγματικών τιμών τα πρώτα 34 χρόνια και θα κάνουμε πρόβλεψη για τα επόμενα 5 χρόνια, έπειτα τα 35 χρόνια και πρόβλεψη για 4 χρόνια, τα 36 χρόνια και πρόβλεψη για 3 χρόνια, τα 37 χρόνια και πρόβλεψη για 2 χρόνια και τέλος τα 38 χρόνια και πρόβλεψη για 1 χρόνο. Έπειτα για να βρούμε την τιμή της πρόβλεψης θα πάρουμε το μέσο όρο των τιμών που θα βγάλουν οι επιμέρους προβλέψεις.

Τα αποτελέσματα που εξάγονται από το βασικό μοντέλο απεικονίζονται στο παρακάτω πίνακα.

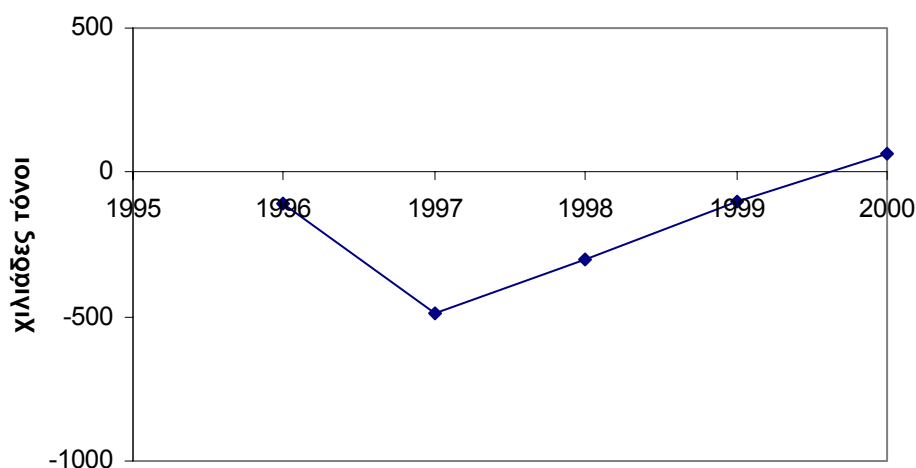
Παράγοντες	Τιμή συντελεστών	Μονάδα μέτρησης
Σταθερός όρος	192,62	χιλιάδες τόνοι τσιμέντου
Κατανάλωση Προηγούμενου Έτους	0,28	χιλιάδες τόνοι τσιμέντου
Συνολικός Πληθυσμός	11,61	χιλιάδες τόνοι / εκατομμύρια κάτοικοι
Αστικός Πληθυσμός	0,00	χιλιάδες τόνοι /εκατομμύρια κάτοικοι
ΑΕΠ	0,00	χιλιάδες τόνοι /δισ Ευρώ
Τριτογενής Τομέας	-3743,51	χιλιάδες τόνοι /δισ Ευρώ
Άδηλοι Πόροι	37,79	χιλιάδες τόνοι /δισ Ευρώ
Εισροή Κεφαλαίων	0,00	χιλιάδες τόνοι /δισ Ευρώ
Δημόσιες Επενδύσεις	100,59	χιλιάδες τόνοι /δισ Ευρώ
Ιδιωτικές Επενδύσεις	74,07	χιλιάδες τόνοι /δισ Ευρώ
Χρήση Τσιμέντου	217,71	εκατομμύρια m ³ οικοδομών
Άνεργος Πληθυσμός	79,60	χιλιάδες τόνοι /εκατομμύρια άνεργοι
Επιτόκια Στεγαστικά Δανείων	0,00	χιλιάδες τόνοι /ποσοστιαίες μονάδες

Πίνακας 42: Συντελεστές παραγόντων



Σχήμα 68: Γραφική απεικόνιση πραγματικών και προβλεπόμενων τιμών

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε από το σχήμα 68, γίνεται μια αρκετά καλή προσαρμογή στις πραγματικές τιμές. Στα περισσότερα έτη οι τιμές τις πρόβλεψης είναι μεγαλύτερες από τις πραγματικές και τα σφάλματα μεταξύ πραγματικών και προβλεπόμενων τιμών κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα από -485,37 έως 62,16 χιλιάδες τόνους (σχήμα 69).



Σχήμα 69: Σφάλματα ανά έτος

Έτος	Πραγματική τιμή	πρόβλεψη
1996	6378	6485,629
1997	6568	7053,372
1998	6954	7254,087
1999	7146	7247,064
2000	7380	7317,835

Πίνακας 43: Πραγματικές και προβλεπόμενες τιμές

Οι δείκτες σφαλμάτων και προσαρμογής είναι οι εξής:

Δείκτες Σφαλμάτων και Προσαρμογής	Τιμή	Μονάδες μέτρησης δεικτών
Συνολικό σφάλμα	-931,99	Χιλιάδες τόνοι
Συνολικό απόλυτο σφάλμα	1056,32	
Μέσο σφάλμα	-186,40	
Μέσο απόλυτο σφάλμα	211,26	
Διασπορά σφαλμάτων	117100,09	-
Τυπική απόκλιση σφαλμάτων	342,20	Χιλιάδες τόνοι
Μέσο απόλυτο ποσοστό σφαλμάτων	3,13%	-
Συντελεστής συσχέτισης	85,89%	-

Πίνακας 44: Δείκτες σφαλμάτων και προσαρμογής

6.3 Πρόβλεψη

Στην παράγραφο αυτή έχοντας 2 εναλλακτικά σενάρια με δεδομένα 7 χρόνων (πίνακας 45, πίνακας 46) θα κάνουμε πρόβλεψη με βάση τα αποτελέσματα που πήραμε για τους συντελεστές από το βασικό μοντέλο (παράγραφος 4.1.2).

Έτος	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Χρήση Τσιμέντου (τον./ 000 m ³ .)	125,61	125,61	125,61	125,61	125,61	125,61	125,61
Συνολικός Πληθυσμός (εκατ. κατοίκων)	10,94	10,96	10,98	11,01	11,03	11,05	11,07
Αστικός Πληθυσμός (εκατ. κατοίκων)	8,04	8,08	8,11	8,15	8,19	8,22	8,26
Ανεργία (εκατ. κατοίκων)	1,19	1,15	1,08	0,99	1,16	1,19	1,22
ΑΕΠ (δισ Ευρώ)	97,68	101,40	105,45	109,67	112,41	114,66	116,95
Τριτογενής Τομέας (δισ Ευρώ)	67,88	70,53	73,43	76,45	78,45	80,09	81,78
Άδηλοι Πόροι (δισ Ευρώ)	18,97	18,02	18,02	19,82	18,83	19,39	19,98
Εισροή Κεφαλαίων (δισ Ευρώ)	3,26	3,43	3,60	3,78	3,93	4,08	4,25
Δημόσιες Επενδύσεις (δισ Ευρώ)	4,10	4,41	4,73	5,16	4,90	4,78	4,58
Ιδιωτικές Επενδύσεις (δισ Ευρώ)	19,29	21,20	23,42	25,06	24,31	24,31	24,31
Επιτόκια Στεγαστικών Δανείων	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%

Πίνακας 45: Πρώτο σενάριο δεδομένων

Έτος	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Χρήση Τσιμέντου (τον./ 000 m ³)	125,61	125,61	125,61	125,61	125,61	125,61	125,61
Συνολικός Πληθυσμός (εκατ. κατοίκων)	10,94	10,96	10,98	11,01	11,03	11,05	11,07
Αστικός Πληθυσμός (εκατ. κατοίκων)	8,04	8,08	8,11	8,15	8,19	8,22	8,26
Ανεργία (εκατ. κατοίκων)	1,19	1,19	1,20	1,16	1,27	1,33	1,33
ΑΕΠ (δισ Ευρώ)	97,68	100,91	104,24	107,68	109,83	112,03	114,27
Τριτογενής Τομέας (δισ Ευρώ)	67,88	70,19	72,59	75,06	76,64	78,25	79,89
Αθλητοι Πόροι (δισ Ευρώ)	18,97	17,07	16,22	17,84	16,95	16,95	16,95
Εισροή Κεφαλαίων (δισ Ευρώ)	3,26	3,43	3,60	3,78	3,78	3,78	3,78
Δημόσιες Επενδύσεις (δισ Ευρώ)	4,10	4,39	4,70	5,07	4,56	4,34	4,34
Ιδιωτικές Επενδύσεις (δισ Ευρώ)	19,29	20,44	21,67	22,97	21,82	20,73	20,73
Επιτόκια Στεγαστικών Δανείων	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%

Πίνακας 46: Δεύτερο σενάριο δεδομένων

Με βάση το πρώτο σενάριο οι τιμές της πρόβλεψης σύμφωνα με τα μοντέλα παλινδρόμησης θα είναι οι εξής:

Έτος	Ποσοτική παλινδρόμηση		Ποιοτική παλινδρόμηση
	Βασικό μοντέλο	Μοντέλο διαφορών	
2001	7794,707	8418,753	7528,396
2002	8397,565	7886,727	8370,729
2003	9392,237	8078,181	9296,241
2004	10661,503	8188,451	10356,857
2005	9569,510	6765,655	11561,603
2006	9557,542	7444,008	12940,341
2007	9596,218	7481,800	14442,900

Πίνακας 47: Τιμές πρόβλεψης της Κατανάλωσης Τσιμέντου για το πρώτο σενάριο δεδομένων

Με βάση το δεύτερο σενάριο οι τιμές της πρόβλεψης σύμφωνα με τα μοντέλα παλινδρόμησης θα είναι οι εξής:

Έτος	Ποσοτική παλινδρόμηση		Ποιοτική παλινδρόμηση
	Βασικό μοντέλο	Μοντέλο διαφορών	
2001	7794,707	8418,753	7541,795
2002	7874,909	7600,429	8402,431
2003	8135,319	7651,432	9331,448
2004	9045,254	7956,565	10401,65
2005	8112,974	6989,778	11594,17
2006	7677,257	7262,403	12918,82
2007	7753,228	7530,589	14394,82

Πίνακας 48: Τιμές πρόβλεψης της Κατανάλωσης Τσιμέντου για το δεύτερο σενάριο δεδομένων

Κεφάλαιο 7: Ανασκόπηση, συγκριτική ανάλυση και μελλοντικές επεκτάσεις

7.1 Συγκριτική ανάλυση

Επιλέξαμε τα μοντέλα ποσοτικής και ποιοτικής ανάλυσης παλινδρόμησης και όχι κάποιο από τα μοντέλα του κεφαλαίου 3, διότι θεωρούμε ότι η ζήτηση τσιμέντου δεν είναι μια τυχαία μεταβλητή ούτε μπορεί επαρκώς να προβλεφθεί μόνο από παρατηρήσεις του παρελθόντος. Η ζήτηση τσιμέντου επηρεάζεται από διάφορους κοινωνικό-οικονομικούς παράγοντες όπως είδαμε στο κεφάλαιο 2. Με τα μοντέλα ποιοτικής και ποσοτικής ανάλυσης παλινδρόμησης μας δίνεται η δυνατότητα όχι μόνο να μελετήσουμε τους παράγοντες αυτούς αλλά και να μετρήσουμε την ποσοτική επιρροή αυτών πάνω στην Κατανάλωση Τσιμέντου. Έτσι μπορούμε να δώσουμε μια ερμηνεία στα αποτελέσματα που παράγονται και να αναλύσουμε την τάση της αγοράς.

Εν κατακλείδι, μπορούμε να συνοψίσουμε κάποια από τα αποτελέσματα που μας απασχόλησαν στα προηγούμενα κεφάλαια και να κάνουμε μια προσπάθεια να συγκρίνουμε αυτά που παίρνουμε χρησιμοποιώντας κάθε φορά και διαφορετικό μοντέλο.

Αν και τα μοντέλα έχουν για κοινή βάση την ανάλυση παλινδρόμησης, εντοπίζουμε διαφορές που αξίζει να σχολιαστούν. Πιο συγκεκριμένα:

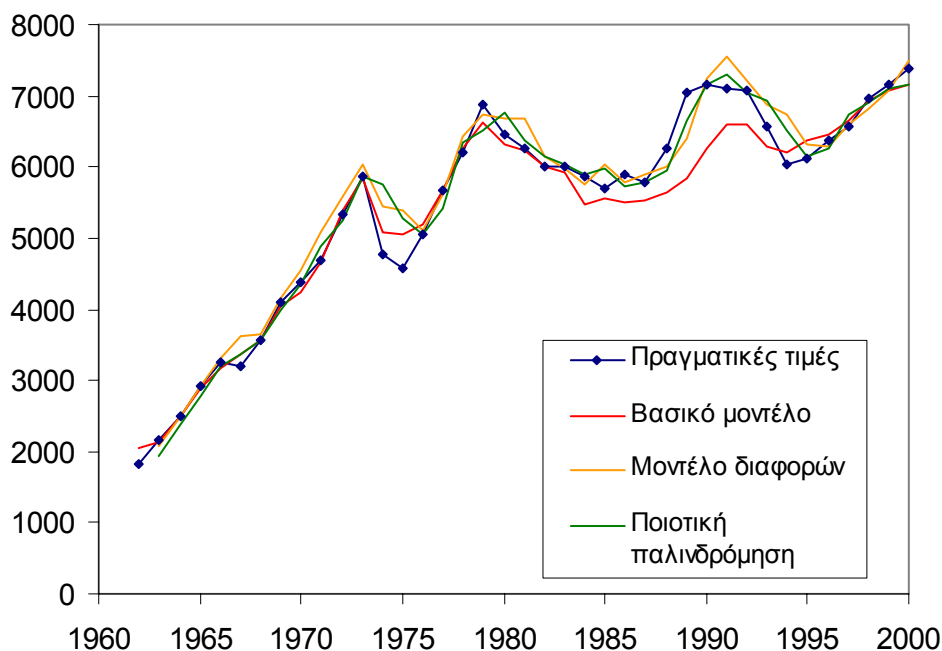
- ✓ Για το βασικό μοντέλο, επειδή χρησιμοποιούμε τις απόλυτες τιμές των παραγόντων τα αποτελέσματα είναι άμεσα, συγκρίσιμα και αξιοποιήσιμα. Όσο αφορά του δείκτες προσαρμογής έχουν τις επιθυμητές τιμές. Τόσο ο συντελεστής συσχέτισης όσο και ο συντελεστής προσαρμογής βρίσκονται σε πολύ υψηλά επίπεδα. Το συγκεκριμένο μοντέλο δίνει τα μικρότερα απόλυτα σφάλματα όμως η διασπορά των σφαλμάτων είναι μεγαλύτερο σε σχέση με το μοντέλο διαφορών.
- ✓ Για το μοντέλο διαφορών, αφού χρησιμοποιεί την % μεταβολή των παραγόντων μπορεί να προβλέψει καλύτερα τις απότομες αυξομειώσεις που εμφανίζονται σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές. Οι τιμές του συντελεστή συσχέτισης και προσαρμογής είναι αντίστοιχα 98,11% και 52,81% και είναι οι καλύτερες σε σχέση και με το βασικό μοντέλο και με το μη γραμμικό. Επιπρόσθετα, η κατανομή των σφαλμάτων παρουσιάζει την μικρότερη δυνατή διασπορά. Επειδή χρειαζόμαστε την % μεταβολή των τιμών των παραγόντων, γίνεται πιο επίπονη η διαδικασία επίλυσης σε σχέση με το βασικό γραμμικό μοντέλο και τα αποτελέσματα δεν είναι άμεσα συγκρίσιμα και αξιοποιήσιμα. Επιπλέον, υπάρχει κίνδυνος μεγάλων σφαλμάτων σε περίπτωση μακροπρόθεσμης πρόβλεψης.
- ✓ Το μη γραμμικό μοντέλο δίνει τη δυνατότητα καλύτερης ανάλυσης και ερμηνείας του φαινομένου της κατανάλωσης τσιμέντου, κυρίως μέσω του όγκου των αποτελεσμάτων που παράγει. Η βασική ιδέα της μοντελοποίησης, η οποία αποτελεί και κύρια διαφοροποίηση από τα άλλα δυο μοντέλα, βασίζεται στο γεγονός ότι η αξία της ετήσιας κατανάλωσης τσιμέντου εξαρτάται από την αξία της % ετήσιας μεταβολής των τιμών των παραγόντων που έχουν ορισθεί. Εδώ ανάλογα με το ποσοστό μεταβολής της τιμής κάποιου παράγοντα μεταβάλλεται και η Κατανάλωση Τσιμέντου, ενώ μπορεί να υπάρχουν τιμές των παραγόντων πέρα από τις οποίες δεν μεταβάλλεται η Κατανάλωση Τσιμέντου. Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι, ότι είναι μια αρκετά επίπονη διαδικασία και επιπλέον υπάρχει μεγάλος κίνδυνος αστάθειας των αποτελεσμάτων.

Έτος	Actual (000 ton.)	Βασικό μοντέλο	Μοντέλο διαφορών	Ποιοτική παλινδρόμηση
1962	1816,32	2047,37		
1963	2150,40	2127,05	2065,65	1923,45
1964	2497,92	2508,56	2503,90	2389,11
1965	2913,60	2895,64	2926,21	2779,99
1966	3244,80	3180,30	3313,11	3197,47
1967	3213,12	3356,30	3611,69	3366,22
1968	3578,88	3564,92	3650,74	3565,16
1969	4086,72	4040,69	4146,23	3981,22
1970	4374,72	4246,82	4538,60	4349,69
1971	4690,56	4665,39	5090,48	4882,83
1972	5326,08	5377,80	5588,53	5247,23
1973	5858,88	5829,33	6039,52	5863,31
1974	4775,04	5078,68	5447,95	5757,62
1975	4588,80	5039,46	5400,44	5277,99
1976	5039,04	5190,97	5104,56	5065,51
1977	5678,40	5661,70	5616,89	5423,75
1978	6200,64	6273,50	6415,76	6338,91
1979	6883,20	6636,39	6726,22	6510,15
1980	6461,76	6314,49	6674,83	6771,94
1981	6254,40	6229,09	6671,11	6366,73
1982	6010,56	6004,66	6149,06	6135,23
1983	6006,72	5916,03	5966,81	6037,60
1984	5873,28	5486,11	5744,42	5907,77
1985	5688,00	5566,61	6026,60	5988,04
1986	5880,96	5493,88	5771,64	5735,86
1987	5794,56	5534,43	5904,72	5780,16
1988	6254,40	5651,91	6001,99	5937,26
1989	7036,80	5851,97	6395,10	6653,53
1990	7165,85	6251,39	7233,16	7167,08
1991	7091,36	6606,04	7540,03	7303,62
1992	7064,28	6603,52	7217,23	7059,03
1993	6555,92	6294,32	6869,04	6924,54
1994	6047,86	6193,51	6730,11	6515,00
1995	6128,19	6361,36	6322,85	6151,72
1996	6378,00	6459,62	6294,24	6252,52
1997	6568,00	6646,92	6589,54	6732,91
1998	6954,00	6941,48	6826,35	6912,75
1999	7146,00	7066,11	7085,31	7094,04
2000	7380,00	7156,43	7490,00	7146,00

Πίνακας 49: Συγκεντρωτικός πίνακας πραγματικών και προβλεπόμενων τιμών

Δείκτες σφαλμάτων και προσαρμογής	Βασικό μοντέλο	Μοντέλο διαφορών	Ποιοτική παλινδρόμηση
Συνολικό σφάλμα	4307,26	-4848,89	-1651,22
Συνολικό απόλυτο σφάλμα	8217,34	8344,00	7022,00
Μέσο σφάλμα	110,44	-127,60	-42,34
Μέσο απόλυτο σφάλμα	210,70	219,58	180,05
Μέσο απόλυτο ποσοστό σφάλματος	3,74%	4,09%	3,52%
Διασπορά σφαλμάτων	112534,57	91873,36	76038,69
Τυπική απόκλιση σφαλμάτων	335,46	307,29	275,75
Συντελεστής συσχέτισης	98,04%	98,11%	98,46%
Συντελεστής προσαρμογής	41,67%	52,81%	54,23%

Πίνακας 50: Συγκεντρωτικό πίνακας δεικτών σφαλμάτων και προσαρμογής



Σχήμα 70: Γραφική απεικόνιση πραγματικών και προβλεπόμενων τιμών

7.2 Μελλοντικές επεκτάσεις

Μια χρήσιμη επέκταση του προβλήματος που μελετάμε θα ήταν η χρήση επιπρόσθετων παραγόντων. Ενδέχεται να υπάρχουν πολλοί περισσότεροι παράγοντες από αυτούς που ήδη εμείς έχουμε επιλέξει και επηρεάζουν την Κατανάλωση Τσιμέντου. Θα μπορούσε ακόμα να διερευνηθεί το πρόβλημα εισαγωγής των διαστημάτων τα οποία χρειάζονται για την εφαρμογή της ποιοτικής παλινδρόμησης. Ίσως να μπορούσε το πληροφοριακό σύστημα να υπολογίζει τα αναγκαία αυτά διαστήματα και συνεπώς ο χρήστης να έχει τη δυνατότητα να τα χρησιμοποιήσει ή να τα τροποποιήσει όπως εκείνος επιθυμεί.

Χρήσιμη θα ήταν η επέκταση των ήδη υπαρχόντων μοντέλων και η χρήση επιπρόσθετων μοντέλων πρόβλεψης.

Πέρα όμως από τη λύση του συγκεκριμένου προβλήματος πρόβλεψης Κατανάλωσης Τσιμέντου, το πληροφοριακό σύστημα θα μπορούσε, με κατάλληλα δεδομένα, να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη κατανάλωσης και σε άλλους τομείς της βιομηχανίας αλλά και πρόβλεψη άλλων δεικτών όπως πρόβλεψη πωλήσεων μιας εταιρίας.

Επιπλέον θα μπορούσε να διερευνηθεί η δυνατότητα εισαγωγής των δεδομένων σε μορφή XML, που είναι δημοφιλής και ευέλικτη μέθοδος διανομής δεδομένων στο διαδίκτυο.

Τέλος μια χρήσιμη επέκταση του πληροφοριακού συστήματος θα ήταν η δυνατότητα χρήσης προηγμένων "active ex controls" για καλύτερη απεικόνιση των δεδομένων και μεγαλύτερη ευκρίνεια των γραφικών παραστάσεων.

Βιβλιογραφία:

- [1]. Steven C. Wheelwright and Spyros Makridakis (1985). *Forecasting methods for management* (4th edition). John Wiley and sons publication. New York.
- [2]. John A. Saunders, John A. Sharp and Stephen F. Witt (1987). *Practical business forecasting*. Gower publishing company. England.
- [3]. H. M . Deitel, P. J .Deitel and T. R. Nieto.(2002). *Visual Basic.Net: How to program* (2nd edition). Prentice Hall. New Jersey.
- [4]. Juliana Aldons and Denise Bankaitis. *Microsoft Visual Basic.net: language reference* (2002). Microsoft Press.
- [5]. Γιώργος Ν.Ταγαράς (2001). *Στατιστικός έλεγχος ποιότητας*. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη.
- [6]. Φ. Κολυβά – Μαχαίρα, Ε. Μπόρα – Σέντα (1998). *Στατιστική – Θεωρία και εφαρμογές*. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη.
- [7]. Ι. Σίσκος (1998). *Γραμμικός προγραμματισμός*. Εκδόσεις νέων τεχνολογιών. Αθήνα.
- [8]. Χ. Σκιαδάς (1991). *Σημειώσεις ανάλυσης δεδομένων*. Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης. Πολυτεχνείο Κρήτης. Χανιά
- [9]. Ι. Σίσκος (2002). *Ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης για τη ζήτηση τσιμέντου με κοινωνικο-οικονομικά δεδομένα*. Πανεπιστήμιο Πειραιά. Τμήμα Πληροφορικής.
- [10]. Χ. Ελευθέρογλου (2002). *Συγκριτική ανάλυση ικανοποίησης και εκτίμηση της καταναλωτικής αφοσίωσης των πελατών, με τη χρήση εξειδικευμένου λογισμικού*. Διπλωματική εργασία. Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

Παράρτημα Α: Δεδομένα πρόβλεψης

Έτος	Σύνολο (000 τον.)	Κτίρια (000 τον.)	Υποδομές (000 τον)	Κτίρια (% συνόλου)	Υποδομές (% συνόλου)	% Ετήσια μεταβολή (Κτίρια)	% Ετήσια μεταβολή (Υποδομές)
1961	1793,00	1721,28	71,72	96,00%	4,00%		
1962	1892,00	1816,32	75,68	96,00%	4,00%	5,52%	5,52%
1963	2240,00	2150,40	89,60	96,00%	4,00%	18,39%	18,39%
1964	2602,00	2497,92	104,08	96,00%	4,00%	16,16%	16,16%
1965	3035,00	2913,60	121,40	96,00%	4,00%	16,64%	16,64%
1966	3380,00	3244,80	135,20	96,00%	4,00%	11,37%	11,37%
1967	3347,00	3213,12	133,88	96,00%	4,00%	-0,98%	-0,98%
1968	3728,00	3578,88	149,12	96,00%	4,00%	11,38%	11,38%
1969	4257,00	4086,72	170,28	96,00%	4,00%	14,19%	14,19%
1970	4557,00	4374,72	182,28	96,00%	4,00%	7,05%	7,05%
1971	4886,00	4690,56	195,44	96,00%	4,00%	7,22%	7,22%
1972	5548,00	5326,08	221,92	96,00%	4,00%	13,55%	13,55%
1973	6103,00	5858,88	244,12	96,00%	4,00%	10,00%	10,00%
1974	4974,00	4775,04	198,96	96,00%	4,00%	-18,50%	-18,50%
1975	4780,00	4588,80	191,20	96,00%	4,00%	-3,90%	-3,90%
1976	5249,00	5039,04	209,96	96,00%	4,00%	9,81%	9,81%
1977	5915,00	5678,40	236,60	96,00%	4,00%	12,69%	12,69%
1978	6459,00	6200,64	258,36	96,00%	4,00%	9,20%	9,20%
1979	7170,00	6883,20	286,80	96,00%	4,00%	11,01%	11,01%
1980	6731,00	6461,76	269,24	96,00%	4,00%	-6,12%	-6,12%
1981	6515,00	6254,40	260,60	96,00%	4,00%	-3,21%	-3,21%
1982	6261,00	6010,56	250,44	96,00%	4,00%	-3,90%	-3,90%
1983	6257,00	6006,72	250,28	96,00%	4,00%	-0,06%	-0,06%
1984	6118,00	5873,28	244,72	96,00%	4,00%	-2,22%	-2,22%
1985	5925,00	5688,00	237,00	96,00%	4,00%	-3,15%	-3,15%
1986	6126,00	5880,96	245,04	96,00%	4,00%	3,39%	3,39%
1987	6036,00	5794,56	241,44	96,00%	4,00%	-1,47%	-1,47%
1988	6515,00	6254,40	260,60	96,00%	4,00%	7,94%	7,94%
1989	7330,00	7036,80	293,20	96,00%	4,00%	12,51%	12,51%
1990	7543,00	7165,85	377,15	95,00%	5,00%	1,83%	28,63%
1991	7544,00	7091,36	452,64	94,00%	6,00%	-1,04%	20,02%
1992	7596,00	7064,28	531,72	93,00%	7,00%	-0,38%	17,47%
1993	7126,00	6555,92	570,08	92,00%	8,00%	-7,20%	7,21%
1994	6646,00	6047,86	598,14	91,00%	9,00%	-7,75%	4,92%
1995	6794,00	6128,19	665,81	90,20%	9,80%	1,33%	11,31%
1996	7322,00	6378,00	944,00	87,11%	12,89%	4,08%	41,78%
1997	7731,00	6568,00	1163,00	84,96%	15,04%	2,98%	23,20%
1998	8224,00	6954,00	1270,00	84,56%	15,44%	5,88%	9,20%
1999	8576,00	7146,00	1430,00	83,33%	16,67%	2,76%	12,60%
2000	8950,00	7380,00	1570,00	82,46%	17,54%	3,27%	9,79%

Πίνακας 51: Δεδομένα Κατανάλωσης Τιμέντου στην Ελληνική επικράτεια

Έτος	Πληθυσμός (εκατ.)	% Ετήσια μεταβολή	Πληθυσμός (βάση 1960)
1960	8,33		100,000
1961	8,39	0,73%	100,734
1962	8,43	0,54%	101,273
1963	8,46	0,31%	101,587
1964	8,49	0,30%	101,893
1965	8,52	0,41%	102,309
1966	8,58	0,68%	103,006
1967	8,68	1,14%	104,177
1968	8,69	0,22%	104,405
1969	8,72	0,31%	104,726
1970	8,74	0,17%	104,903
1971	8,77	0,38%	105,299
1972	8,83	0,74%	106,078
1973	8,88	0,54%	106,652
1974	8,92	0,45%	107,136
1975	9,01	1,03%	108,239
1976	9,14	1,42%	109,776
1977	9,29	1,63%	111,561
1978	9,42	1,39%	113,108
1979	9,54	1,33%	114,617
1980	9,65	1,06%	115,837
1981	9,74	0,98%	116,968
1982	9,80	0,62%	117,692
1983	9,86	0,58%	118,380
1984	9,91	0,50%	118,972
1985	9,95	0,39%	119,436
1986	9,98	0,33%	119,834
1987	10,01	0,34%	120,237
1988	10,05	0,36%	120,676
1989	10,10	0,52%	121,308
1990	10,17	0,70%	122,162
1991	10,26	0,85%	123,206
1992	10,36	1,02%	124,458
1993	10,45	0,84%	125,507
1994	10,53	0,73%	126,426
1995	10,59	0,55%	127,116
1996	10,64	0,49%	127,735
1997	10,69	0,50%	128,368
1998	10,74	0,44%	128,935
1999	10,77	0,33%	129,356
2000	10,86	0,80%	130,389
2001	10,94	0,75%	131,371

Πίνακας 52: Δεδομένα Συνολικού Πληθυσμού

Έτος	Πληθυσμός 0-14 (εκατ.)	% Ετήσια μεταβολή	% Συνολικού Πληθυσμού	Πληθυσμός 0- 14 (βάση 1960)
1960	1,961		23,553%	100,000
1961	1,976	0,753%	23,558%	100,753
1962	1,986	0,486%	23,546%	101,243
1963	1,990	0,193%	23,519%	101,438
1964	1,992	0,117%	23,475%	101,557
1965	1,995	0,155%	23,416%	101,714
1966	2,002	0,358%	23,341%	102,078
1967	2,017	0,742%	23,250%	102,835
1968	2,012	-0,242%	23,143%	102,587
1969	2,008	-0,226%	23,020%	102,355
1970	1,999	-0,435%	22,881%	101,910
1971	1,993	-0,302%	22,726%	101,602
1972	1,992	-0,016%	22,556%	101,586
1973	1,987	-0,291%	22,369%	101,291
1974	1,978	-0,456%	22,167%	100,829
1975	1,978	0,034%	21,948%	100,864
1976	1,985	0,337%	21,714%	101,204
1977	1,994	0,455%	21,463%	101,664
1978	1,997	0,129%	21,197%	101,795
1979	1,996	-0,015%	20,915%	101,780
1980	1,989	-0,376%	20,617%	101,398
1981	1,978	-0,561%	20,303%	100,828
1982	1,958	-1,016%	19,973%	99,804
1983	1,935	-1,157%	19,627%	98,650
1984	1,909	-1,352%	19,266%	97,316
1985	1,879	-1,578%	18,888%	95,781
1986	1,846	-1,758%	18,495%	94,097
1987	1,811	-1,885%	18,085%	92,323
1988	1,775	-1,996%	17,660%	90,480
1989	1,739	-1,988%	17,218%	88,681
1990	1,705	-1,970%	16,761%	86,935
1991	1,671	-1,992%	16,288%	85,202
1992	1,637	-2,017%	15,799%	83,484
1993	1,598	-2,381%	15,294%	81,496
1994	1,555	-2,699%	14,773%	79,297
1995	1,507	-3,108%	14,236%	76,832
1996	1,456	-3,414%	13,683%	74,209
1997	1,402	-3,681%	13,115%	71,477
1998	1,345	-4,035%	12,530%	68,593
1999	1,285	-4,482%	11,930%	65,518
2000	1,228	-4,410%	11,313%	62,629
2001	1,168	-4,879%	10,681%	59,573

Πίνακας 53: Δεδομένα Πληθυσμού 0-14

Έτος	Αστικός Πληθυσμός (εκατ.)	% Ετήσια μεταβολή	% Συνολικού Πληθυσμού	Αστικός Πληθυσμός (βάση 1960)
1960	4,62		55,42%	100,000
1961	4,73	2,57%	56,43%	102,573
1962	4,84	2,28%	57,41%	104,911
1963	4,94	1,96%	58,36%	106,970
1964	5,03	1,87%	59,27%	108,972
1965	5,12	1,90%	60,15%	111,043
1966	5,23	2,10%	61,00%	113,376
1967	5,36	2,49%	61,82%	116,199
1968	5,44	1,49%	62,60%	117,929
1969	5,52	1,51%	63,35%	119,709
1970	5,60	1,30%	64,07%	121,271
1971	5,69	1,59%	64,84%	123,197
1972	5,78	1,62%	65,40%	125,190
1973	5,86	1,49%	66,02%	127,061
1974	5,94	1,35%	66,61%	128,772
1975	6,05	1,87%	67,17%	131,182
1976	6,19	2,21%	67,69%	134,079
1977	6,33	2,36%	68,18%	137,244
1978	6,46	2,07%	68,63%	140,080
1979	6,59	1,96%	69,06%	142,825
1980	6,70	1,64%	69,45%	145,164
1981	6,79	1,37%	69,72%	147,150
1982	6,87	1,22%	70,14%	148,944
1983	6,94	1,01%	70,43%	150,442
1984	7,00	0,87%	70,69%	151,755
1985	7,05	0,71%	70,92%	152,839
1986	7,10	0,61%	71,11%	153,771
1987	7,14	0,57%	71,28%	154,642
1988	7,18	0,55%	71,41%	155,491
1989	7,22	0,66%	71,51%	156,520
1990	7,28	0,80%	71,57%	157,766
1991	7,35	0,94%	71,63%	159,244
1992	7,44	1,28%	71,81%	161,275
1993	7,52	1,10%	72,00%	163,051
1994	7,60	0,99%	72,18%	164,667
1995	7,66	0,80%	72,37%	165,991
1996	7,72	0,75%	72,55%	167,228
1997	7,78	0,75%	72,74%	168,487
1998	7,83	0,70%	72,93%	169,666
1999	7,88	0,58%	73,11%	170,657
2000	7,96	1,06%	73,30%	172,462
2001	8,04	1,01%	73,49%	174,206

Πίνακας 54: Δεδομένα Αστικού Πληθυσμού

Έτος	Άνεργος Πληθυσμός (εκατ.)	Άνεργος Πληθυσμός (% Πληθυσμού)	% Ετήσια μεταβολή	Άνεργος Πληθυσμός (εκατ. βάση 1960)	Άνεργος Πληθυσμός (% βάση 1960)
1960	0,49	5,92%		100,000	100,000
1961	0,47	5,62%	-4,37%	95,629	94,932
1962	0,45	5,34%	-4,42%	91,399	90,250
1963	0,43	5,09%	-4,46%	87,319	85,956
1964	0,41	4,86%	-4,26%	83,601	82,048
1965	0,40	4,65%	-3,90%	80,340	78,527
1966	0,38	4,46%	-3,34%	77,659	75,393
1967	0,37	4,30%	-2,55%	75,680	72,646
1968	0,36	4,16%	-3,04%	73,382	70,286
1969	0,35	4,04%	-2,51%	71,541	68,313
1970	0,35	3,95%	-2,16%	69,998	66,727
1971	0,34	3,88%	-1,43%	68,999	65,527
1972	0,34	3,83%	-0,51%	68,648	64,715
1973	0,34	3,81%	-0,12%	68,566	64,289
1974	0,34	3,80%	0,39%	68,836	64,251
1975	0,34	3,82%	1,58%	69,921	64,599
1976	0,35	3,87%	2,57%	71,721	65,334
1977	0,37	3,93%	3,37%	74,139	66,456
1978	0,38	4,02%	3,69%	76,874	67,965
1979	0,39	4,14%	4,16%	80,073	69,861
1980	0,41	4,27%	4,37%	83,569	72,144
1981	0,43	4,43%	4,71%	87,508	74,813
1982	0,45	4,61%	4,73%	91,647	77,870
1983	0,47	4,81%	5,03%	96,259	81,313
1984	0,50	5,04%	5,23%	101,297	85,144
1985	0,53	5,29%	5,36%	106,730	89,361
1986	0,56	5,56%	5,50%	112,602	93,965
1987	0,59	5,86%	5,67%	118,982	98,956
1988	0,62	6,18%	5,82%	125,906	104,334
1989	0,66	6,52%	6,08%	133,559	110,099
1990	0,70	6,88%	6,33%	142,015	116,251
1991	0,75	7,27%	6,53%	151,285	122,790
1992	0,80	7,68%	6,71%	161,442	129,715
1993	0,85	8,11%	6,53%	171,979	137,028
1994	0,90	8,57%	6,39%	182,973	144,727
1995	0,96	9,05%	6,16%	194,250	152,813
1996	1,02	9,55%	6,06%	206,020	161,287
1997	1,08	10,07%	6,02%	218,414	170,147
1998	1,14	10,62%	5,90%	231,302	179,394
1999	1,21	11,19%	5,71%	244,519	189,028
2000	1,28	11,78%	6,14%	259,538	199,048
2001	1,36	12,40%	6,02%	275,164	209,456

Πίνακας 55: Δεδομένα Άνεργου Πληθυσμού στην Ελληνική επικράτεια

Έτος	ΑΕΠ (δισ δρχ.)	ΑΕΠ (δισ Ευρώ)	% Ετήσια μεταβολή	ΑΕΠ (βάση 1960)
1960	6754,8	19,82		100,000
1961	7646,7	22,44	13,20%	113,204
1962	7674,6	22,52	0,36%	113,617
1963	8583,6	25,19	11,84%	127,074
1964	9391,3	27,56	9,41%	139,032
1965	10402,5	30,53	10,77%	154,002
1966	11078,1	32,51	6,49%	164,003
1967	11706,2	34,35	5,67%	173,302
1968	12549,5	36,83	7,20%	185,786
1969	14000,7	41,09	11,56%	207,270
1970	15251,0	44,76	8,93%	225,780
1971	16446,9	48,27	7,84%	243,485
1972	18117,9	53,17	10,16%	268,223
1973	19584,1	57,47	8,09%	289,929
1974	18323,2	53,77	-6,44%	271,262
1975	19489,8	57,20	6,37%	288,533
1976	20825,2	61,12	6,85%	308,302
1977	21437,7	62,91	2,94%	317,370
1978	22991,3	67,47	7,25%	340,370
1979	23745,9	69,69	3,28%	351,541
1980	23906,6	70,16	0,68%	353,920
1981	23535,2	69,07	-1,55%	348,422
1982	23268,6	68,29	-1,13%	344,475
1983	23017,6	67,55	-1,08%	340,759
1984	23480,4	68,91	2,01%	347,611
1985	24069,7	70,64	2,51%	356,335
1986	24194,3	71,00	0,52%	358,179
1987	23647,8	69,40	-2,26%	350,089
1988	24661,8	72,38	4,29%	365,100
1989	25598,9	75,13	3,80%	378,973
1990	25598,9	75,13	0,00%	378,973
1991	26392,5	77,45	3,10%	390,722
1992	26577,2	78,00	0,70%	393,457
1993	26152,0	76,75	-1,60%	387,162
1994	26675,0	78,28	2,00%	394,904
1995	27235,2	79,93	2,10%	403,198
1996	27877,5	81,81	2,36%	412,707
1997	28857,5	84,69	3,52%	427,215
1998	29738,2	87,27	3,05%	440,253
1999	30737,3	90,20	3,36%	455,044
2000	31975,0	93,84	4,03%	473,367

Πίνακας 56: Δεδομένα ΑΕΠ

Έτος	Κατά κεφαλή εισόδημα (δρχ.)	Κατά κεφαλή εισόδημα (000 Ευρώ)	% Ετήσια μεταβολή	Κατά κεφαλή εισόδημα (βάση 1960)
1960	811153	2.380		100.000
1961	911564	2.675	12.379%	112.379
1962	910019	2.671	-0.169%	112.188
1963	1014664	2.978	11.499%	125.089
1964	1106804	3.248	9.081%	136.448
1965	1220997	3,583	10,317%	150,526
1966	1291499	3,790	5,774%	159,218
1967	1349386	3,960	4,482%	166,354
1968	1443427	4,236	6,969%	177,948
1969	1605410	4,711	11,222%	197,917
1970	1745824	5,123	8,746%	215,228
1971	1875650	5,504	7,436%	231,233
1972	2051026	6,019	9,350%	252,853
1973	2205073	6,471	7,511%	271,844
1974	2053787	6,027	-6,861%	253,193
1975	2162282	6,346	5,283%	266,569
1976	2278088	6,686	5,356%	280,846
1977	2307570	6,772	1,294%	284,480
1978	2440952	7,163	5,780%	300,924
1979	2487879	7,301	1,922%	306,709
1980	2478337	7,273	-0,384%	305,533
1981	2416242	7,091	-2,506%	297,877
1982	2374170	6,967	-1,741%	292,691
1983	2334918	6,852	-1,653%	287,852
1984	2370006	6,955	1,503%	292,177
1985	2420048	7,102	2,111%	298,347
1986	2424507	7,115	0,184%	298,896
1987	2361803	6,931	-2,586%	291,166
1988	2454118	7,202	3,909%	302,547
1989	2534090	7,437	3,259%	312,406
1990	2516367	7,385	-0,699%	310,221
1991	2572393	7,549	2,226%	317,128
1992	2564336	7,526	-0,313%	316,135
1993	2502235	7,343	-2,422%	308,479
1994	2533717	7,436	1,258%	312,360
1995	2572887	7,551	1,546%	317,189
1996	2620794	7,691	1,862%	323,095
1997	2699556	7,922	3,005%	332,805
1998	2769700	8,128	2,598%	341,452
1999	2853445	8,374	3,024%	351,776
2000	2944820	8,642	3,202%	363,041

Πίνακας 57: Δεδομένα Κατά Κεφαλή Εισόδημα

Έτος	Α' γενής (δισ δρχ.)	Β' γενής (δισ δρχ.)	Γ' γενής (δισ δρχ.)	Γ' γενής (δισ Ευρώ)	Σύνολο (δισ δρχ.)	Γ' γενής (% ΑΕΠ)	% Ετήσια μεταβολή	Γ' γενής (βάση 1960)
1960	1542,6	1738,5	3473,7	10,19	6754,8	51,43%		100,000
1961	1953,4	1890,4	3802,8	11,16	7646,7	49,73%	9,47%	109,474
1962	1817,5	1941,1	3916,0	11,49	7674,6	51,03%	2,98%	112,732
1963	2131,7	2143,3	4308,6	12,64	8583,6	50,20%	10,02%	124,033
1964	2260,2	2441,8	4689,3	13,76	9391,3	49,93%	8,84%	134,994
1965	2544,5	2735,8	5122,2	15,03	10402,5	49,24%	9,23%	147,456
1966	2619,9	2958,7	5499,5	16,14	11078,1	49,64%	7,37%	158,317
1967	2640,0	3145,1	5921,1	17,38	11706,2	50,58%	7,67%	170,453
1968	2450,5	3675,1	6423,8	18,85	12549,5	51,19%	8,49%	184,926
1969	2636,0	4290,3	7074,4	20,76	14000,7	50,53%	10,13%	203,653
1970	2781,7	4786,7	7682,6	22,55	15251,0	50,37%	8,60%	221,163
1971	2994,7	5247,2	8205,1	24,08	16446,9	49,89%	6,80%	236,204
1972	3374,9	5858,6	8884,4	26,07	18117,9	49,04%	8,28%	255,759
1973	3993,1	6496,4	9094,6	26,69	19584,1	46,44%	2,37%	261,811
1974	3624,9	5604,9	9093,4	26,69	18323,2	49,63%	-0,01%	261,776
1975	3646,1	5876,7	9967,0	29,25	19489,8	51,14%	9,61%	286,924
1976	3892,3	6366,2	10566,7	31,01	20825,2	50,74%	6,02%	304,189
1977	3592,5	6694,4	11150,8	32,72	21437,7	52,01%	5,53%	321,004
1978	4004,3	7075,9	11911,2	34,96	22991,3	51,81%	6,82%	342,892
1979	3779,1	7652,3	12314,5	36,14	23745,9	51,86%	3,39%	354,504
1980	4237,1	7441,4	12228,2	35,89	23906,6	51,15%	-0,70%	352,018
1981	4173,9	7219,6	12141,8	35,63	23535,2	51,59%	-0,71%	349,531
1982	4315,6	6703,0	12249,9	35,95	23268,6	52,65%	0,89%	352,645
1983	3936,2	6778,0	12303,3	36,11	23017,6	53,45%	0,44%	354,182
1984	4130,8	6858,2	12491,4	36,66	23480,4	53,20%	1,53%	359,597
1985	4154,8	7038,6	12876,3	37,79	24069,7	53,50%	3,08%	370,677
1986	3926,7	7194,1	13073,6	38,37	24194,3	54,04%	1,53%	376,355
1987	3707,4	6762,3	13178,0	38,67	23647,8	55,73%	0,80%	379,362
1988	4047,5	6990,1	13624,2	39,98	24661,8	55,24%	3,39%	392,207
1989	4177,5	7164,0	14257,4	41,84	25598,9	55,70%	4,65%	410,434
1990	3713,4	7166,8	14718,7	43,20	25598,9	57,50%	3,24%	423,715
1991	4336,0	7077,2	14979,3	43,96	26392,5	56,76%	1,77%	431,217
1992	3930,7	6978,3	15668,2	45,98	26577,2	58,95%	4,60%	451,050
1993	3595,3	6735,9	15820,8	46,43	26152,0	60,50%	0,97%	455,440
1994	2694,2	6295,3	17685,5	51,90	26675,0	66,30%	11,79%	509,122
1995	2683,5	6102,5	18449,2	54,14	27235,2	67,74%	4,32%	531,106
1996	2527,1	6224,8	19125,6	56,13	27877,5	68,61%	3,67%	550,577
1997	2442,7	6393,1	20021,7	58,76	28857,5	69,38%	4,69%	576,373
1998	2409,1	6531,1	20798,0	61,04	29738,2	69,94%	3,88%	598,721
1999	2357,2	7021,1	21359,0	62,68	30737,3	69,49%	2,70%	614,871
2000	2139,0	7803,0	22037,0	64,67	31975,0	68,92%	3,17%	634,390

Πίνακας 58: Δεδομένα Τριτογενή Τομέα

Έτος	Α' γενής (δισ Ευρώ)	Α' γενής (% ΑΕΠ)	Β' γενής (δισ Ευρώ)	Β' γενής (% ΑΕΠ)	Γ' γενής (δισ Ευρώ)	Γ' γενής (% ΑΕΠ)	ΑΕΠ (δισ Ευρώ)
1960	4,53	22,84%	5,10	25,74%	10,19	51,43%	19,82
1961	5,73	25,55%	5,55	24,72%	11,16	49,73%	22,44
1962	5,33	23,68%	5,70	25,29%	11,49	51,03%	22,52
1963	6,26	24,83%	6,29	24,97%	12,64	50,20%	25,19
1964	6,63	24,07%	7,17	26,00%	13,76	49,93%	27,56
1965	7,47	24,46%	8,03	26,30%	15,03	49,24%	30,53
1966	7,69	23,65%	8,68	26,71%	16,14	49,64%	32,51
1967	7,75	22,55%	9,23	26,87%	17,38	50,58%	34,35
1968	7,19	19,53%	10,79	29,29%	18,85	51,19%	36,83
1969	7,74	18,83%	12,59	30,64%	20,76	50,53%	41,09
1970	8,16	18,24%	14,05	31,39%	22,55	50,37%	44,76
1971	8,79	18,21%	15,40	31,90%	24,08	49,89%	48,27
1972	9,90	18,63%	17,19	32,34%	26,07	49,04%	53,17
1973	11,72	20,39%	19,07	33,17%	26,69	46,44%	57,47
1974	10,64	19,78%	16,45	30,59%	26,69	49,63%	53,77
1975	10,70	18,71%	17,25	30,15%	29,25	51,14%	57,20
1976	11,42	18,69%	18,68	30,57%	31,01	50,74%	61,12
1977	10,54	16,76%	19,65	31,23%	32,72	52,01%	62,91
1978	11,75	17,42%	20,77	30,78%	34,96	51,81%	67,47
1979	11,09	15,91%	22,46	32,23%	36,14	51,86%	69,69
1980	12,43	17,72%	21,84	31,13%	35,89	51,15%	70,16
1981	12,25	17,73%	21,19	30,68%	35,63	51,59%	69,07
1982	12,67	18,55%	19,67	28,81%	35,95	52,65%	68,29
1983	11,55	17,10%	19,89	29,45%	36,11	53,45%	67,55
1984	12,12	17,59%	20,13	29,21%	36,66	53,20%	68,91
1985	12,19	17,26%	20,66	29,24%	37,79	53,50%	70,64
1986	11,52	16,23%	21,11	29,73%	38,37	54,04%	71,00
1987	10,88	15,68%	19,85	28,60%	38,67	55,73%	69,40
1988	11,88	16,41%	20,51	28,34%	39,98	55,24%	72,38
1989	12,26	16,32%	21,02	27,99%	41,84	55,70%	75,13
1990	10,90	14,51%	21,03	28,00%	43,20	57,50%	75,13
1991	12,72	16,43%	20,77	26,82%	43,96	56,76%	77,45
1992	11,54	14,79%	20,48	26,26%	45,98	58,95%	78,00
1993	10,55	13,75%	19,77	25,76%	46,43	60,50%	76,75
1994	7,91	10,10%	18,47	23,60%	51,90	66,30%	78,28
1995	7,88	9,85%	17,91	22,41%	54,14	67,74%	79,93
1996	7,42	9,07%	18,27	22,33%	56,13	68,61%	81,81
1997	7,17	8,46%	18,76	22,15%	58,76	69,38%	84,69
1998	7,07	8,10%	19,17	21,96%	61,04	69,94%	87,27
1999	6,92	7,67%	20,60	22,84%	62,68	69,49%	90,20
2000	6,28	6,69%	22,90	24,40%	64,67	68,91%	93,85

Πίνακας 59: Διάρθρωση ΑΕΠ

Έτος	Άδηλοι Πόροι (δισ Ευρώ)	Άδηλοι Πόροι (% ΑΕΠ)	% Ετήσια μεταβολή	Άδηλοι Πόροι (βάση 1960)
1960	0,28	1,44%		100,000
1961	0,32	1,43%	13,11%	113,110
1962	0,39	1,74%	21,86%	137,840
1963	0,45	1,78%	14,22%	157,441
1964	0,47	1,69%	4,06%	163,838
1965	0,51	1,66%	8,43%	177,644
1966	0,58	1,77%	13,83%	202,217
1967	0,60	1,74%	3,74%	209,785
1968	0,65	1,76%	8,80%	228,246
1969	0,71	1,74%	9,78%	250,570
1970	0,86	1,91%	20,18%	301,140
1971	1,17	2,41%	36,01%	409,595
1972	1,45	2,72%	24,20%	508,708
1973	1,98	3,44%	36,69%	695,345
1974	2,22	4,12%	12,05%	779,132
1975	2,57	4,49%	15,84%	902,565
1976	2,87	4,70%	11,84%	1009,436
1977	3,33	5,30%	16,07%	1171,659
1978	3,98	5,90%	19,50%	1400,127
1979	5,10	7,32%	28,08%	1793,255
1980	5,55	7,91%	8,76%	1950,412
1981	5,84	8,45%	5,24%	2052,565
1982	5,49	8,04%	-5,93%	1930,842
1983	4,98	7,37%	-9,32%	1750,855
1984	4,76	6,91%	-4,35%	1674,699
1985	4,74	6,71%	-0,53%	1665,769
1986	5,87	8,26%	23,78%	2061,970
1987	7,72	11,12%	31,56%	2712,698
1988	9,10	12,57%	17,89%	3197,910
1989	9,26	12,33%	1,80%	3255,605
1990	11,75	15,64%	26,84%	4129,449
1991	13,83	17,86%	17,74%	4861,875
1992	15,55	19,94%	12,45%	5467,194
1993	15,34	19,98%	-1,40%	5390,469
1994	16,91	21,60%	10,25%	5942,749
1995	18,71	23,41%	10,67%	6577,074
1996	18,42	22,51%	-1,57%	6473,749
1997	17,99	21,24%	-2,33%	6322,831
1998	19,23	22,04%	6,92%	6760,295
1999	18,94	21,00%	-1,50%	6658,593
2000	18,06	19,25%	-4,64%	6349,308

Πίνακας 60: Δεδομένα Άδηλων Πόρων

Έτος	Εισροή Κεφαλαίων (δισ Ευρώ)			Εισροή Κεφαλαίων (% ΑΕΠ)		% Ετήσια μεταβολή
	Πρωτογενή δεδομένα	Κινητός μέσος	% Ετήσια μεταβολή	Πρωτογενή δεδομένα	Κινητός μέσος	
1960	0,04			0,21%		
1961	0,08			0,35%		89,009%
1962	0,10	0,06	-23,55%	0,44%	0,281%	24,401%
1963	0,09	0,09	46,76%	0,37%	0,394%	-5,500%
1964	0,15	0,10	7,83%	0,56%	0,403%	65,470%
1965	0,20	0,12	28,98%	0,65%	0,463%	29,719%
1966	0,23	0,18	43,19%	0,72%	0,605%	17,533%
1967	0,16	0,22	22,84%	0,46%	0,687%	-33,180%
1968	0,24	0,20	-9,87%	0,64%	0,588%	51,496%
1969	0,28	0,20	0,74%	0,69%	0,550%	18,952%
1970	0,34	0,26	31,89%	0,75%	0,665%	19,189%
1971	0,43	0,31	19,08%	0,89%	0,719%	28,074%
1972	0,76	0,38	24,02%	1,42%	0,822%	75,800%
1973	0,93	0,59	54,87%	1,62%	1,158%	23,081%
1974	0,83	0,84	42,20%	1,55%	1,523%	-10,652%
1975	0,91	0,88	4,47%	1,60%	1,585%	9,845%
1976	0,84	0,87	-0,98%	1,37%	1,574%	-8,470%
1977	1,20	0,88	0,26%	1,90%	1,485%	42,936%
1978	1,21	1,02	16,10%	1,80%	1,636%	1,476%
1979	1,39	1,21	18,54%	1,99%	1,851%	14,408%
1980	2,05	1,30	7,99%	2,92%	1,897%	47,234%
1981	1,74	1,72	31,92%	2,52%	2,455%	-14,746%
1982	1,60	1,89	10,32%	2,35%	2,720%	-8,100%
1983	2,08	1,67	-11,69%	3,07%	2,436%	29,485%
1984	2,23	1,84	9,90%	3,24%	2,709%	7,545%
1985	2,80	2,15	17,11%	3,96%	3,155%	25,420%
1986	1,82	2,52	16,81%	2,56%	3,601%	-35,138%
1987	1,83	2,31	-8,27%	2,64%	3,260%	1,002%
1988	1,90	1,82	-20,92%	2,63%	2,600%	3,886%
1989	2,02	1,87	2,45%	2,69%	2,637%	5,949%
1990	3,25	1,96	4,94%	4,32%	2,659%	60,938%
1991	2,87	2,63	34,24%	3,71%	3,505%	-11,552%
1992	1,70	3,06	16,23%	2,18%	4,016%	-40,815%
1993	3,37	2,29	-25,29%	4,39%	2,945%	98,024%
1994	5,84	2,53	10,80%	7,47%	3,284%	73,584%
1995	2,54	4,61	81,78%	3,18%	5,927%	-56,532%
1996	7,87	4,19	-8,97%	9,62%	5,322%	209,734%
1997	0,27	5,20	24,14%	0,32%	6,399%	-96,583%
1998	4,07	4,07	-21,82%	4,66%	4,968%	1413,116%
1999	2,17	2,17	-46,70%	2,40%	2,490%	-46,696%
2000	3,12	3,12	43,80%	3,32%	3,533%	43,801%

Πίνακας 61: Δεδομένα Εισροών Κεφαλαίων

Έτος	Δημόσιες Επενδύσεις (δισ δρχ.)	Δημόσιες Επενδύσεις (δισ Ευρώ)	Δημόσιες Επενδύσεις (βάση 1960)	Δημόσιες Επενδύσεις (% ΑΕΠ)	Δημόσιες Επενδύσεις (% συνόλου)	% Ετήσια μεταβολή
1960	301,10	0,88	100,000	4,46%	14,88%	
1961	371,40	1,09	123,348	4,86%	16,22%	23,35%
1962	393,50	1,15	130,687	5,13%	16,38%	5,95%
1963	333,80	0,98	110,860	3,89%	14,88%	-15,17%
1964	343,40	1,01	114,048	3,66%	12,89%	2,88%
1965	324,40	0,95	107,738	3,12%	10,56%	-5,53%
1966	379,60	1,11	126,071	3,43%	11,78%	17,02%
1967	370,90	1,09	123,182	3,17%	11,68%	-2,29%
1968	458,10	1,34	152,142	3,65%	11,69%	23,51%
1969	514,70	1,51	170,940	3,68%	11,35%	12,36%
1970	551,60	1,62	183,195	3,62%	12,55%	7,17%
1971	624,30	1,83	207,340	3,80%	12,68%	13,18%
1972	778,70	2,29	258,618	4,30%	12,72%	24,73%
1973	728,50	2,14	241,946	3,72%	11,24%	-6,45%
1974	531,80	1,56	176,619	2,90%	12,35%	-27,00%
1975	690,70	2,03	229,392	3,54%	14,36%	29,88%
1976	714,60	2,10	237,330	3,43%	13,91%	3,46%
1977	654,60	1,92	217,403	3,05%	11,34%	-8,40%
1978	604,10	1,77	200,631	2,63%	9,32%	-7,71%
1979	574,30	1,69	190,734	2,42%	8,50%	-4,93%
1980	447,60	1,31	148,655	1,87%	7,87%	-22,06%
1981	540,20	1,59	179,409	2,30%	10,53%	20,69%
1982	536,90	1,58	178,313	2,31%	10,81%	-0,61%
1983	683,20	2,00	226,901	2,97%	12,93%	27,25%
1984	840,10	2,47	279,010	3,58%	18,99%	22,97%
1985	891,70	2,62	296,147	3,70%	18,43%	6,14%
1986	776,10	2,28	257,755	3,21%	16,02%	-12,96%
1987	610,30	1,79	202,690	2,58%	13,35%	-21,36%
1988	684,20	2,01	227,233	2,77%	14,59%	12,11%
1989	688,30	2,02	228,595	2,69%	13,84%	0,60%
1990	650,10	1,91	215,908	2,54%	12,51%	-5,55%
1991	744,00	2,18	247,094	2,82%	13,73%	14,44%
1992	847,70	2,49	281,534	3,19%	16,21%	13,94%
1993	786,50	2,31	261,209	3,01%	15,67%	-7,22%
1994	778,10	2,28	258,419	2,92%	15,99%	-1,07%
1995	864,70	2,54	287,180	3,17%	17,07%	11,13%
1996	881,30	2,59	292,693	3,16%	16,05%	1,92%
1997	972,90	2,86	323,115	3,37%	16,44%	10,39%
1998	1075,10	3,16	357,057	3,62%	16,25%	10,50%
1999	1233,10	3,62	409,532	4,01%	17,38%	14,70%
2000	1300,27	3,82	431,840	4,07%	17,70%	5,45%

Πίνακας 62: Δεδομένα Δημόσιων Επενδύσεων

Έτος	Ιδιωτικές Επενδύσεις (δισ δρχ.)	Ιδιωτικές Επενδύσεις (δισ Ευρώ)	Ιδιωτικές Επενδύσεις (βάση 1960)	Ιδιωτικές Επενδύσεις (% ΑΕΠ)	Ιδιωτικές Επενδύσεις (% συνόλου)	% Ετήσια μεταβολή
1960	1722,20	5,05	100,000	25,50%	85,12%	
1961	1918,70	5,63	111,410	25,09%	83,78%	11,41%
1962	2008,40	5,89	116,618	26,17%	83,62%	4,68%
1963	1909,80	5,60	110,893	22,25%	85,12%	-4,91%
1964	2320,40	6,81	134,735	24,71%	87,11%	21,50%
1965	2747,40	8,06	159,529	26,41%	89,44%	18,40%
1966	2843,60	8,35	165,114	25,67%	88,22%	3,50%
1967	2805,50	8,23	162,902	23,97%	88,32%	-1,34%
1968	3461,00	10,16	200,964	27,58%	88,31%	23,36%
1969	4021,60	11,80	233,515	28,72%	88,65%	16,20%
1970	3845,20	11,28	223,273	25,21%	87,45%	-4,39%
1971	4301,00	12,62	249,739	26,15%	87,32%	11,85%
1972	5343,50	15,68	310,272	29,49%	87,28%	24,24%
1973	5750,30	16,88	333,893	29,36%	88,76%	7,61%
1974	3775,90	11,08	219,249	20,61%	87,65%	-34,34%
1975	4119,70	12,09	239,211	21,14%	85,64%	9,11%
1976	4423,70	12,98	256,863	21,24%	86,09%	7,38%
1977	5118,90	15,02	297,230	23,88%	88,66%	15,72%
1978	5877,90	17,25	341,302	25,57%	90,68%	14,83%
1979	6185,40	18,15	359,157	26,05%	91,50%	5,23%
1980	5239,10	15,38	304,210	21,91%	92,13%	-15,30%
1981	4592,10	13,48	266,642	19,51%	89,47%	-12,35%
1982	4430,00	13,00	257,229	19,04%	89,19%	-3,53%
1983	4599,40	13,50	267,065	19,98%	87,07%	3,82%
1984	3584,60	10,52	208,141	15,27%	81,01%	-22,06%
1985	3946,70	11,58	229,166	16,40%	81,57%	10,10%
1986	4067,50	11,94	236,180	16,81%	83,98%	3,06%
1987	3960,50	11,62	229,967	16,75%	86,65%	-2,63%
1988	4004,20	11,75	232,505	16,24%	85,41%	1,10%
1989	4286,50	12,58	248,897	16,74%	86,16%	7,05%
1990	4546,60	13,34	264,000	17,76%	87,49%	6,07%
1991	4673,50	13,72	271,368	17,71%	86,27%	2,79%
1992	4380,90	12,86	254,378	16,48%	83,79%	-6,26%
1993	4233,20	12,42	245,802	16,19%	84,33%	-3,37%
1994	4086,90	11,99	237,307	15,32%	84,01%	-3,46%
1995	4201,30	12,33	243,950	15,43%	82,93%	2,80%
1996	4609,50	13,53	267,652	16,53%	83,95%	9,72%
1997	4943,80	14,51	287,063	17,13%	83,56%	7,25%
1998	5541,20	16,26	321,751	18,63%	83,75%	12,08%
1999	5863,30	17,21	340,454	19,08%	82,62%	5,81%
2000	6046,10	17,74	351,068	18,91%	82,30%	3,12%

Πίνακας 63: Δεδομένα Ιδιωτικών Επενδύσεων

Έτος	Επιτόκια στεγαστικών δανείων	% Ετήσια μεταβολή	Επιτόκια στεγαστικών δανείων (βάση 1960)
1960	7,00%		100,000
1961	7,00%	0,00%	100,000
1962	8,00%	14,29%	114,286
1963	8,00%	0,00%	114,286
1964	8,00%	0,00%	114,286
1965	8,00%	0,00%	114,286
1966	8,00%	0,00%	114,286
1967	7,50%	-6,25%	107,143
1968	7,50%	0,00%	107,143
1969	7,50%	0,00%	107,143
1970	7,50%	0,00%	107,143
1971	7,50%	0,00%	107,143
1972	7,50%	0,00%	107,143
1973	8,90%	18,67%	127,143
1974	10,00%	12,36%	142,857
1975	9,25%	-7,50%	132,143
1976	9,25%	0,00%	132,143
1977	9,50%	2,70%	135,714
1978	10,00%	5,26%	142,857
1979	12,20%	22,00%	174,286
1980	17,00%	39,34%	242,857
1981	16,50%	-2,94%	235,714
1982	16,50%	0,00%	235,714
1983	16,50%	0,00%	235,714
1984	16,50%	0,00%	235,714
1985	17,00%	3,03%	242,857
1986	20,50%	20,59%	292,857
1987	20,50%	0,00%	292,857
1988	19,30%	-5,85%	275,714
1989	20,40%	5,70%	291,429
1990	25,12%	23,14%	358,857
1991	27,60%	9,87%	394,286
1992	27,00%	-2,17%	385,714
1993	26,90%	-0,37%	384,286
1994	25,30%	-5,95%	361,429
1995	22,10%	-12,65%	315,714
1996	18,90%	-14,48%	270,000
1997	16,80%	-11,11%	240,000
1998	16,60%	-1,19%	237,143
1999	13,50%	-18,67%	192,857
2000	8,20%	-39,26%	117,143

Πίνακας 64: Δεδομένα Τραπεζικών Επιτοκίων Στεγαστικών Δανείων

Έτος	Οικοδομική δραστηριότητα (εκατ. κ.μ.)	Χρήση Τσιμέντου (τον./ 000 κ.μ.)	Χρήση Τσιμέντου (τον./ 000 κ.μ.)	% Ετήσια μεταβολή	Χρήση Τσιμέντου (βάση 1960)	Μεταβολή (βάση 1960)
1960			94,21		100,00	
1961	18,02	99,48	94,21	0,00%	100,00	0%
1962	20,84	90,80	94,21	0,00%	100,00	0%
1963	23,61	94,87	94,21	0,00%	100,00	0%
1964	28,76	90,46	94,21	0,00%	100,00	0%
1965	32,60	93,10	94,21	0,00%	100,00	0%
1966	35,69	94,71	94,21	0,00%	100,00	0%
1967	34,85	96,04	94,21	0,00%	100,00	0%
1968	47,16	79,05	71,99	-23,59%	76,41	-24%
1969	56,31	75,59	71,99	0,00%	76,41	-24%
1970	53,06	85,88	71,99	0,00%	76,41	-24%
1971	57,80	84,53	71,99	0,00%	76,41	-24%
1972	80,12	69,25	71,99	0,00%	76,41	-24%
1973	90,44	67,48	71,99	0,00%	76,41	-24%
1974	49,19	101,13	71,99	0,00%	76,41	-24%
1975	60,87	78,53	71,99	0,00%	76,41	-24%
1976	66,13	79,37	71,99	0,00%	76,41	-24%
1977	80,45	73,52	71,99	0,00%	76,41	-24%
1978	93,70	68,93	71,99	0,00%	76,41	-24%
1979	98,77	72,59	71,99	0,00%	76,41	-24%
1980	74,35	90,53	71,99	0,00%	76,41	-24%
1981	61,37	106,15	109,40	51,98%	116,12	16%
1982	54,82	114,20	109,40	0,00%	116,12	16%
1983	63,24	98,95	109,40	0,00%	116,12	16%
1984	42,16	145,13	109,40	0,00%	116,12	16%
1985	51,44	115,19	109,40	0,00%	116,12	16%
1986	60,97	100,47	109,40	0,00%	116,12	16%
1987	58,44	103,29	109,40	0,00%	116,12	16%
1988	62,43	104,35	109,40	0,00%	116,12	16%
1989	70,15	104,49	109,40	0,00%	116,12	16%
1990	74,32	101,49	109,40	0,00%	116,12	16%
1991	61,28	123,10	125,61	14,82%	133,33	33%
1992	56,38	134,73	125,61	0,00%	133,33	33%
1993	55,80	127,70	125,61	0,00%	133,33	33%
1994	53,36	124,56	125,61	0,00%	133,33	33%
1995	50,70	134,00	125,61	0,00%	133,33	33%
1996	62,89	116,43	125,61	0,00%	133,33	33%
1997	65,71	117,66	125,61	0,00%	133,33	33%
1998	71,64	114,80	125,61	0,00%	133,33	33%
1999	66,69	128,60	125,61	0,00%	133,33	33%
2000			125,61	0,00%	133,33	33%

Πίνακας 65: Λεδομένα Συντελεστή Χρήσης Τσιμέντου

Παράρτημα Β: Αναλυτικά αποτελέσματα μοντέλων πρόβλεψης

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ (απόλυτες τιμές)

Παράγοντες	Μεταβελτιστοποίηση	Wagner	Linear weighted error	Exponential weighted error	Chesyshev
Σταθερός όρος	278,98	0,00	0,00	0,00	0,00
Χρήση Τσιμέντου	7,63	3,71	6,13	0,00	0,44
Συνολικός Πληθυσμός	48,63	0,00	0,00	0,00	0,00
Αστικός Πληθυσμός	50,58	25,45	0,00	0,00	0,00
Άνεργος Πληθυσμός	-2975,50	-900,06	-1277,94	-1708,60	-1037,64
ΑΕΠ	11,01	23,05	27,52	0,20	66,69
Τριτογενής Τομέας	8,17	0,00	0,00	0,00	0,00
Άδηλοι Πόροι	107,85	26,80	26,38	24,69	0,00
Εισροή Κεφαλαίων	49,89	0,00	0,00	118,30	0,00
Δημόσιες Επενδύσεις	127,12	0,00	115,39	253,51	0,00
Ιδιωτικές Επενδύσεις	142,07	131,88	118,26	176,23	0,00
Επιτόκια Στεγαστικών Δανείων	-2447,93	0,00	0,00	0,00	0,00
Κατανάλωση Προηγούμενη Έτους	0,33	0,40	0,37	0,65	0,34

Πίνακας 66: Συντελεστές στις παραλλαγές του βασικού μοντέλου πρόβλεψης

Έτος	Actual (000 ton.)	Μεταβελτιστοποίηση	Wagner	Linear weighted error	Exponential weighted error	Chesyshev
1962	1816,32	2047,37	2066,80	2099,78	1700,08	1663,00
1963	2150,40	2127,05	2150,40	2181,15	1705,97	1894,00
1964	2497,92	2508,56	2517,75	2539,83	2175,37	2185,00
1965	2913,60	2895,64	2909,23	2913,60	2639,94	2519,00
1966	3244,80	3180,30	3175,97	3192,99	3031,57	2807,00
1967	3213,12	3356,30	3349,69	3363,30	3242,71	3052,00
1968	3578,88	3564,92	3578,88	3556,36	3644,64	3209,00
1969	4086,72	4040,69	4053,18	4036,09	4232,17	3626,00
1970	4374,72	4246,82	4286,42	4290,02	4522,73	4053,00
1971	4690,56	4665,39	4674,60	4690,56	5022,07	4390,00
1972	5326,08	5377,80	5329,68	5366,29	5900,78	4827,00
1973	5858,88	5829,33	5858,88	5858,88	6525,88	5330,00
1974	4775,04	5078,68	5231,09	5207,19	5736,79	5264,00
1975	4588,80	5039,46	5014,28	5075,41	5333,98	5117,00
1976	5039,04	5190,97	5150,89	5224,56	5380,20	5306,00
1977	5678,40	5661,70	5647,94	5658,73	5978,99	5567,00
1978	6200,64	6273,50	6312,73	6267,33	6759,55	6075,00
1979	6883,20	6636,39	6711,98	6627,74	7258,81	6384,00
1980	6461,76	6314,49	6630,53	6512,05	7111,26	6630,00
1981	6254,40	6229,09	6316,81	6344,87	6594,94	6410,00
1982	6010,56	6004,66	6127,04	6153,92	6351,46	6267,00
1983	6006,72	5916,03	6045,05	6109,08	6311,80	6112,00

1984	5873,28	5486,11	5655,44	5808,52	5873,28	6175,00
1985	5688,00	5566,61	5758,23	5914,93	6003,49	6217,00
1986	5880,96	5493,88	5744,09	5851,86	5880,96	6148,00
1987	5794,56	5534,43	5765,71	5794,56	5794,56	6073,00
1988	6254,40	5651,91	5823,72	5877,43	5735,31	6208,00
1989	7036,80	5851,97	6153,09	6178,97	6128,26	6509,00
1990	7165,85	6251,39	6599,21	6558,47	6743,28	6733,00
1991	7091,36	6606,04	6830,52	6842,11	7015,82	6892,00
1992	7064,28	6603,52	6703,27	6744,43	6900,93	6850,00
1993	6555,92	6294,32	6555,92	6555,92	6575,48	6704,00
1994	6047,86	6193,51	6325,31	6328,38	6139,33	6577,00
1995	6128,19	6361,36	6202,89	6230,98	6128,19	6455,00
1996	6378,00	6459,62	6378,00	6378,00	6248,87	6548,00
1997	6568,00	6646,92	6609,19	6607,34	6657,37	6762,00
1998	6954,00	6941,48	6954,00	6942,44	6954,00	6934,00
1999	7146,00	7066,11	7236,36	7240,54	7146,00	7192,00
2000	7380,00	7156,43	7380,00	7380,00	7380,00	7423,00

Πίνακας 67: Πραγματική και προβλεπόμενη Κατανάλωση Τσιμέντου των παραλλαγών του βασικού μοντέλου πρόβλεψης(σε χιλιάδες τόνους)

Δείκτες προσαρμογής	Μεταβελτιστοποίηση	Wagner	Linear weighted error	Exponential weighted error	Chesyshev
Συνολικό σφάλμα	4307,26	843,24	153,43	-3808,84	1571,02
Συνολικό απόλυτο σφάλμα	8217,34	5754,98	5849,56	10985,47	11176,84
Μέσο σφάλμα	110,44	21,62	3,93	-97,66	40,28
Μέσο απόλυτο σφάλμα	210,70	147,56	149,99	281,68	286,59
Μέσο απόλυτο ποσοστό σφάλματος	3,74%	2,77%	2,90%	5,78%	6,04%
Διασπορά σφαλμάτων	112534,57	60479,20	61018,46	153922,63	113010,82
Τυπική απόκλιση σφαλμάτων	335,46	245,93	247,02	392,33	336,17
Συντελεστής συσχέτισης	98,04%	98,78%	98,77%	97,20%	98,06%
Συντελεστής προσαρμογής	41,67%	63,81%	63,54%	16,73%	42,27%

Πίνακας 68: Δείκτες σφαλμάτων και προσαρμογής των παραλλαγών του βασικού μοντέλου πρόβλεψης

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΔΙΑΦΟΡΩΝ
(% μεταβολή)

Παράγοντες	Μεταβελτιστοποίηση	Wagner	Linear weighted error	Exponential weighted error	Chesyshev
Σταθερός όρος	0,074	0,049	0,024	0,000	0,000
Χρήση Τιμέντου	1,542	0,000	0,000	0,000	0,000
Συνολικός Πληθυσμός	1,488	0,000	0,000	1,839	0,000
Αστικός Πληθυσμός	-0,553	-0,150	-0,211	-0,753	-0,171
Ανεργος Πληθυσμός	0,450	0,835	0,665	0,452	0,356
ΑΕΠ	0,130	0,000	0,000	0,000	0,000
Τριτογενής Τομέας	0,138	0,032	0,085	0,136	0,000
Άδηλοι Πόροι	0,016	0,000	0,000	0,000	0,119
Εισροή Κεφαλαίων	0,027	0,000	0,032	0,004	0,000
Δημόσιες Επενδύσεις	0,218	0,316	0,293	0,544	0,339
Ιδιωτικές Επενδύσεις	-0,059	0,000	-0,031	-0,078	0,000
Επιτόκια Στεγαστικών Δανείων	0,074	0,049	0,024	0,000	0,000
Κατανάλωση Προηγούμενη Έτους	1111,542	0,000	0,000	0,000	0,000

Πίνακας 69: Συντελεστές στις παραλλαγές του μοντέλου διαφορών

Έτος	Actual (000 ton.)	Μεταβελτιστοποίηση	Wagner	Linear weighted error	Exponential weighted error	Chesyshev
1963	2150,40	2065,648	1988,291	1963,508	2025,573	1816,32
1964	2497,92	2503,9	2481,835	2449,233	2648,416	2150,4
1965	2913,60	2926,208	2888,99	2845,6	3058,153	2497,92
1966	3244,80	3313,107	3131,399	3139,815	3297,51	2913,6
1967	3213,12	3611,694	3400,998	3386,001	3547,007	3244,8
1968	3578,88	3650,738	3630,32	3637,515	3929,381	3213,12
1969	4086,72	4146,227	4132,172	4086,72	4297,773	3578,88
1970	4374,72	4538,595	4374,72	4374,72	4432,21	4086,72
1971	4690,56	5090,477	4885,125	4920,105	5203,915	4374,72
1972	5326,08	5588,534	5487,597	5478,98	5841,617	4690,56
1973	5858,88	6039,518	5878,069	5857,384	6080,078	5326,08
1974	4775,04	5447,951	4928,311	5000,87	4755,045	5858,88
1975	4588,80	5400,437	5179,268	5209,189	5393,751	4775,04
1976	5039,04	5104,564	4958,043	4923,296	5087,155	4588,8
1977	5678,40	5616,885	5413,46	5385,022	5725,44	5039,04
1978	6200,64	6415,757	6292,136	6225,513	6505,969	5678,4
1979	6883,20	6726,224	6490,556	6472,777	6628,24	6200,64
1980	6461,76	6674,83	6564,11	6461,76	6177,414	6883,2

1981	6254,40	6671,111	6254,4	6254,4	5982,513	6461,76
1982	6010,56	6149,061	6069,197	6047,29	5969,027	6254,4
1983	6006,72	5966,807	5965,502	5975,287	5920,594	6010,56
1984	5873,28	5744,424	5633,596	5653,436	5170,625	6006,72
1985	5688,00	6026,599	6135,379	6081,971	6086,044	5873,28
1986	5880,96	5771,637	5764,353	5748,003	5714,254	5688
1987	5794,56	5904,719	5731,27	5794,56	5794,56	5880,96
1988	6254,40	6001,995	6005,127	6027,834	5916,896	5794,56
1989	7036,80	6395,095	6538,637	6461,123	6379,25	6254,4
1990	7165,85	7233,156	7165,85	7165,85	7165,85	7036,8
1991	7091,36	7540,033	7436,958	7417,863	7269,173	7165,85
1992	7064,28	7217,226	6949,796	7004,524	6816,877	7091,36
1993	6555,92	6869,041	6822,385	6798	6665,721	7064,28
1994	6047,86	6730,109	6552,729	6554,773	6417,337	6555,92
1995	6128,19	6322,852	6172,311	6202,737	6156,445	6047,86
1996	6378,00	6294,238	6378	6343,116	6378	6128,188
1997	6568,00	6589,541	6648,851	6611,688	6568	6378
1998	6954,00	6826,347	6942,454	6914,904	6954	6568
1999	7146,00	7085,306	7213,678	7207,185	7146	6954
2000	7146,00	7489,999	7380	7380	7380	7146

Πίνακας 70: Πραγματική και προβλεπόμενη κατανάλωση των παραλλαγών του μοντέλου διαφορών (σε χιλιάδες τόνους)

Δείκτες προσαρμογής	Μεταβελτιστοποίηση	Wagner	Linear weighted error	Exponential weighted error	Chesyshev
Συνολικό σφάλμα	-4848,89	-1024,18	-620,85	-1644,12	5563,68
Συνολικό απόλυτο σφάλμα	8344,00	5802,28	5720,49	8035,10	12966,38
Μέσο σφάλμα	-127,60	-26,95	-16,34	-43,27	146,41
Μέσο απόλυτο σφάλμα	219,58	152,69	150,54	211,45	341,22
Μέσο απόλυτο ποσοστό σφάλματος	91873,36	49419,39	51695,84	90966,90	173597,50
Διασπορά σφαλμάτων	307,29	225,37	230,50	305,77	422,40
Τυπική απόκλιση σφαλμάτων	0,04	0,03	0,03	0,04	0,07
Συντελεστής συσχέτισης	98,11%	98,79%	98,72%	97,80%	96,63%
Συντελεστής προσαρμογής	52,81%	69,66%	67,94%	45,10%	15,86%

Πίνακας 71: Δείκτες σφαλμάτων και προσαρμογής των παραλλαγών του μοντέλου διαφορών