

Πανεπιστήμιο Πειραιά
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Ναυτιλία

ΖΗΤΗΣΗ ΛΙΜΕΝΙΚΩΝ ΕΠΙΒΑΤΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΠΕΙΡΑΙΑ



Επιβλέπων Καθηγητής: ΣΑΜΠΡΑΚΟΣ Ευάγγελος

Φοιτητής: ΓΡΑΒΑΝΗΣ Γρηγόριος

Ιούνιος 2005

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή	σελ.01
2. Πρόβλεψη της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών με την χρήση Οικονομικών υποδειγμάτων	σελ.08
2.1 Γενικά χαρακτηριστικά υποδειγμάτων Πολλαπλής Παλινδρόμησης	σελ.09
3.2 Ανάλυση δεδομένων	σελ.12
2.3 Μεθοδολογία αποκλεισμού μεταβλητών	σελ.20
2.3.1 Οι υποθέσεις της πολλαπλής παλινδρόμησης	σελ.22
2.3.2 Εκτίμηση του υποδείγματος	σελ.23
2.3.3 Ανεκτικότητα και πολυσυγγραμμικότητα	σελ.34
2.3.4 Επανεκτίμηση του υποδείγματος	σελ.36
2.3.5 Διαγνωστικός έλεγχος υποδείγματος	σελ.41
2.3.5.1 Έλεγχος κανονικότητας	σελ.41
2.3.5.2 Έλεγχος καταλοίπων	σελ.44
2.4 Αποτελέσματα	σελ.47
3. Εποχικές διακυμάνσεις στη ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά και πρόβλεψη της ζήτησης με την μέθοδο της Εποχικής Αποσύνθεσης	σελ.48
3.1. Κλασσική Εποχική Αποσύνθεση (Census Method I)	σελ.49
3.2. Ανάλυση δεδομένων	σελ.53
3.3 Η μεθοδολογία της Εποχικής Αποσύνθεσης	σελ.55
3.3.1 Εκτίμηση υποδείγματος	σελ.57
3.3.2 Δείκτες εποχικότητας	σελ.62

3.4 Αποτελέσματα	σελ.64
4. Πρόβλεψη της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών με την χρήση των υποδειγμάτων Χρονολογικών σειρών - ARIMA	σελ.69
4.1. Υποδείγματα ARIMA (Box-Jenkins)	σελ.69
4.2 Ανάλυση δεδομένων	σελ.71
4.3 Η Μεθοδολογία Box-Jenkins	σελ.74
4.3.1 Στάδιο ταυτοποίησης	σελ.76
4.3.2 Στάδιο εκτίμησης	σελ.82
4.3.3 Στάδιο διαγνωστικού ελέγχου	σελ.86
4.3.3.1 Έλεγχος συνάρτησης αυτοσυσχέτισης	σελ.86
4.3.3.2 Έλεγχος Portmanteau	σελ.89
4.4 Αποτελέσματα	σελ.91
5. Συμπεράσματα	σελ.94
5.1 Αξιολόγηση των προβλέψεων της μεθοδολογίας Αποκλεισμού των Μεταβλητών (Backward Elimination Procedure)	σελ.94
5.2 Αξιολόγηση των προβλέψεων της μεθοδολογίας της Εποχικής Αποσύνθεσης (Seasonal Decomposition Method) και της μεθοδολογίας Box-Jenkins	σελ.97
5.3 Αξιολόγηση των Αποτελεσμάτων της Εποχικότητας της ζήτησης με τη μεθοδολογία τη Εποχικής Αποσύνθεσης	σελ.104
6. Επίλογος	σελ.108
7. Βιβλιογραφία	σελ.112

1. Εισαγωγή

Η βασική λειτουργία ενός σύγχρονου λιμανιού είναι η μεταφορική, αφού το σύγχρονο λιμάνι μεταβιβάζει τα φορτία από τα θαλάσσια μέσα μεταφοράς στα χερσαία και αντίστροφα. Στα πλαίσια αυτά, το λιμάνι παρέχει υπηρεσίες προς τα πλοία, τα φορτία και τους επιβάτες. Ειδικότερα, οι λιμενικές υπηρεσίες για επιβάτες αφορούν στην αποβίβαση ή επιβίβασή τους από και προς τα πλοία και στην διακίνηση των αποσκευών τους⁽¹⁾.

Όσον αφορά την επιβατική κίνηση, ο Πειραιάς σήμερα, αποτελεί το μεγαλύτερο λιμάνι της Ελλάδας και ένα από τα μεγαλύτερα στον κόσμο, δεδομένου ότι αποτελεί βασικό συνδετικό κρίκο της ηπειρωτικής Ελλάδας με τα νησιά του Αιγαίου και την Κρήτη, συμβάλλοντας ουσιαστικά στην περιφερειακή συνοχή και ανάπτυξη της χώρας, ενώ οι βασικές του δραστηριότητες αφορούν στην εξυπηρέτηση επιβατών ακτοπλοΐας και κρουαζιερόπλοιων. Πιο συγκεκριμένα, τα τελευταία χρόνια, από τον Πειραιά, διακινούνται περίπου 19 εκατομμύρια επιβάτες, εκ των οποίων, περίπου τα 8,7 εκατομμύρια χρησιμοποιούν την πορθμειακή γραμμή Πέραμα - Σαλαμίνα, 700-800 χιλιάδες επιβάτες εξυπηρετούνται με κρουαζιερόπλοια, ενώ το σύνολο των υπολοίπων έχει ως προορισμό τα νησιά του Αιγαίου⁽²⁾.

Ένα λιμάνι λοιπόν έχει ως σκοπό να παρέχει υπηρεσίες στα πλοία, τα εμπορεύματα και τον επιβάτη, καλύπτοντας τις απαιτήσεις για ζήτηση λιμενικών υπηρεσιών καθ' όλη την διάρκεια του έτους, ενώ η ικανότητα πρόβλεψης της μελλοντικής ζήτησης αποτελεί ένα πολύ σημαντικό εργαλείο ούτως ώστε το λιμάνι να μπορέσει και στο μέλλον να αντεπεξέλθει στις απαιτήσεις αυτές παρέχοντας ποιοτικές

⁽¹⁾ ΠΑΡΔΑΛΗ Α, (1997) "Οικονομική και Πολιτική των Λιμένων", Αθήνα σελ.86-87 & σελ. 88

⁽²⁾ www.olp.gr

και αναβαθμισμένες υπηρεσίες στους χρήστες.

Δεδομένου ότι η ζήτηση για λιμενικές υπηρεσίες είναι παράγωγος ζήτηση⁽³⁾· (εφόσον υπάρχει ζήτηση για την μεταφορά επιβατών στην ενδοχώρα και κατ' επέκταση από το σημείο Α στο σημείο Β είναι προφανές ότι θα υπάρξει και ζήτηση για λιμενικές υπηρεσίες στο συγκεκριμένο λιμάνι που καλύπτει την ενδοχώρα αυτή), αυτή εξαρτάται από την εν γένει οικονομική δραστηριότητα, το επίπεδο ποιότητας των προσφερόμενων υπηρεσιών καθώς και τις σχετικές μακροοικονομικές μεταβλητές της οικονομίας.

Ωστόσο, η ζήτηση για λιμενικές επιβατικές υπηρεσίες είναι φυσικό να κυμαίνεται σε μικρές χρονικές περιόδους, όπως για παράδειγμα τη χρονική περίοδο του ενός έτους. Είναι προφανές ότι τόσο οι κλιματολογικές συνθήκες όσο και τα διαφορετικά επίπεδα οικονομικής δραστηριότητας κατά την διάρκεια των μηνών του έτους επηρεάζουν ουσιαστικά την ζήτηση για λιμενικές υπηρεσίες. Ένα μέρος λοιπόν αυτών των κυμάνσεων οφείλεται στη γενική οικονομική δραστηριότητα της χώρας καθώς και στο επίπεδο των προσφερόμενων υπηρεσιών, ενώ ένα άλλο μέρος οφείλεται σε εποχικούς – κλιματολογικούς παράγοντες.

Στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας είναι η πρόβλεψη της ζήτησης των λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά, για την επίτευξη του οποίου θα χρησιμοποιηθούν τεχνικές των Οικονομικών υποδειγμάτων καθώς και τεχνικές των Χρονολογικών σειρών.

Στην βιβλιογραφία έχουν αναπτυχθεί πολλές μεθοδολογίες τόσο για την εκτίμηση οικονομικών υποδειγμάτων όσο και για την εκτίμηση υποδειγμάτων χρονολογικών σειρών, με αντικειμενικό σκοπό την εξαγωγή ορθών συμπερασμάτων.

Στην περίπτωσή μας θα χρησιμοποιηθούν τρεις διαφορετικές μεθοδολογίες για την ανάλυση των στοιχείων και την προσπάθεια επεξήγησης τους στην διάρκεια του χρόνου. Συγκεκριμένα, θα χρησιμοποιηθούν:

⁽³⁾ ΠΑΡΔΑΛΗ Α, (1997) “Οικονομική και Πολιτική των Λιμένων”, Αθήνα σελ.86-87 & σελ. 88

α) η μεθοδολογία αποκλεισμού των μεταβλητών (Backward Elimination Procedure), β) η μεθοδολογία Box-Jenkins και γ) η μεθοδολογία της εποχικής αποσύνθεσης (Seasonal Decomposition), για την πρόβλεψη της ζήτησης των λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών. Παράλληλα, η χρήση της μεθοδολογίας της Εποχικής Αποσύνθεσης δίνει την δυνατότητα εξέτασης του φαινομένου της εποχικότητας του λιμένα Πειραιά.

Η πρώτη μεθοδολογία συγκαταλέγεται στην τεχνική των Οικονομετρικών υποδειγμάτων ενώ η επόμενη δύο στην τεχνική των Χρονολογικών σειρών.

Ειδικότερα, με τον όρο χρονολογική σειρά εννοούμε μια σειρά συνεχών δεδομένων με κύρια χαρακτηριστικά την καθορισμένη διάταξη των παρατηρήσεων διαχρονικά και την καθορισμένη εξάρτηση μεταξύ των διαδοχικών παρατηρήσεων μιας σειράς.

Ένας εναλλακτικός τρόπος για να εξηγήσουμε τη δυναμική συμπεριφορά μιας μεταβλητής είναι ο κλασικός τρόπος συσχέτισης της μεταβλητής με ένα πλήθος άλλων μεταβλητών, γνωστό και σαν ανάλυση παλινδρόμησης. Η πιο απλή μορφή παλινδρόμησης είναι η απλή γραμμική παλινδρόμηση η οποία ουσιαστικά ποσοτικοποιεί τη σχέση δυο συνεχών τυχαίων μεταβλητών, υπό την μορφή ενός γραμμικού υποδείγματος στο οποίο οι τιμές της μιας μεταβλητής εκτιμώνται (ή προβλέπονται) από τις τιμές της άλλης. Εάν οι τιμές της μιας μεταβλητής εκτιμώνται από τις τιμές της άλλης, τότε η πρώτη ονομάζεται εξαρτημένη μεταβλητή και η μεταβλητή δεύτερη ανεξάρτητη (επεξηγηματική) μεταβλητή. Η χρήση και η ερμηνεία ενός υποδείγματος με πολλές ανεξάρτητες μεταβλητές, όπως στην περίπτωση που μας ενδιαφέρει, γνωστό ως υπόδειγμα πολλαπλής παλινδρόμησης (multiple regression model), είναι η φυσική προέκταση του υποδείγματος απλής γραμμικής παλινδρόμησης.

Συνοπτικά, κατωτέρω αναφέρεται ο τρόπος λειτουργίας και ο σκοπός εφαρμογής κάθε μεθόδου ξεχωριστά:

α) **Μέθοδος αποκλεισμού των μεταβλητών (Backward Elimination Procedure)**, σκοπός της μεθόδου είναι ο καθορισμός του καλύτερου υποσυνόλου από

ένα σύνολο μεταβλητών που είναι υποψήφιος να περιληφθούν σε ένα υπόδειγμα πολλαπλής παλινδρόμησης. Η μέθοδος ξεκινά περιλαμβάνοντας όλες τις μεταβλητές στο υπόδειγμα και σε κάθε βήμα αποκλείει μια μεταβλητή που δεν έχει σημαντική συνεισφορά σε αυτό. Η τεχνική αυτή είναι μια από ένα σύνολο διαφορετικών μεθοδολογιών της πολλαπλής παλινδρόμησης και θα χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό της σχέσης που υπάρχει ανάμεσα στην ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά και των λοιπών επεξηγηματικών μεταβλητών

β)Μεθοδολογία Box-Jenkins (ARIMA (p,d,q) υποδείγματα), σκοπός της μεθόδου είναι η κατασκευή υποδειγμάτων για αναλυτικούς και προβλεπτικούς σκοπούς, με την χρήση τριών ξεχωριστών σταδίων και συγκεκριμένα του σταδίου της ταυτοποίησης, του σταδίου της εκτίμησης και του σταδίου του διαγνωστικού ελέγχου. Η τεχνική αυτή η οποία πρωτοπαρουσιάστηκε το 1976 από τους Box-Jenkins, θα χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά, και

γ)Εποχική Αποσύνθεση (Seasonal Decomposition), σκοπός της μεθόδου είναι η απομόνωση της Εποχικής συνιστώσας, της συνιστώσας της Τάσης, της Κυκλικής συνιστώσας καθώς και της εναπομείνουσας μεταβλητότητας. Η τεχνική αυτή είναι γνωστή ως μέθοδος Census και θα χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά καθώς και για την εξέταση της εποχικότητας του λιμένα.

Τα στοιχεία-δεδομένα της εργασίας προέρχονται από την Στατιστική Υπηρεσία του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας (Υ.Ε.Ν.) καθώς και τις στατιστικές επετηρίδες της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας της Ελλάδας (Ε.Σ.Υ.Ε.).

Ειδικότερα, τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την πρόβλεψη της ζήτησης με την χρήση της τεχνικής των χρονολογικών σειρών, αφορούν στην **μηνιαία** ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά από τον Ιανουάριο του έτους 1992 έως το Δεκέμβριο του έτους 2002, και προέρχονται από την Στατιστική Υπηρεσία

του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας. Η τεχνική αυτή αφορά την κατασκευή, ταυτοποίηση, εφαρμογή και έλεγχο του κατάλληλου υποδείγματος χρονολογικών σειρών το οποίο εξηγεί ικανοποιητικά τα δεδομένα μας και μας παρέχει αξιόπιστες προβλέψεις.

Με άλλα λόγια, αναφερόμαστε στην ανάλυση μιας μόνο μεταβλητής, γεγονός που μας οδηγεί στην χρήση δυναμικών υποδειγμάτων χρονολογικών σειρών, όπου η μεταβλητή που μας ενδιαφέρει εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο από τις τιμές που η ίδια παίρνει στην διάρκεια του χρόνου.

Αντίστοιχα, τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την πρόβλεψη της ζήτησης με την χρήση οικονομετρικών υποδειγμάτων, αφορούν την **ετήσια** ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά, την **ετήσια** ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας, την **ετήσια** επιβατική κίνηση του αερολιμένα Αθηνών, την **μέση** ετήσια αύξηση του πληθυσμού της χώρας και στο Διαθέσιμο Εισόδημα προς κατανάλωση, για τα έτη από το 1971 έως το 2000 και προέρχονται από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδας. Η τεχνική αυτή αφορά την κατασκευή κατάλληλου οικονομετρικού υποδείγματος με σκοπό τον εντοπισμό της σχέσης που υπάρχει ανάμεσα στην ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά και των λοιπών επεξηγηματικών μεταβλητών με βάση τις πληροφορίες που έχουμε από τα συγκεκριμένα στοιχεία και για την δεδομένη χρονική περίοδο.

Η επιλογή του λιμένα Ραφήνας ως επεξηγηματικής μεταβλητής του οικονομετρικού υποδείγματος, έγινε με το σκεπτικό ότι, ο συγκεκριμένος λιμένας αποτελεί τον μοναδικό επιβατικό λιμένα εντός των ορίων της Αττικής. Η επιλογή του αερολιμένα Αθηνών έγινε με βάση το γεγονός ότι το αεροπλάνο είναι ένα εναλλακτικό μεταφορικό μέσο του πλοίου όσον αφορά την επιβατική κίνηση. Η μέση ετήσια αύξηση του πληθυσμού και το Διαθέσιμο Εισόδημα επιλέχθηκαν δεδομένου ότι αυτά αποτελούν προσδιοριστικούς παράγοντες της ζήτησης λιμενικών υπηρεσιών.

Στο σημείο αυτό θα ήταν χρήσιμο να επισημανθεί ότι το ιδεατό οικονομετρικό υπόδειγμα για την περίπτωσή μας θα ήταν αυτό το οποίο θα βασίζονταν στην οικονομική θεωρία και θα περιλάμβανε την ετήσια ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά ως εξαρτημένη μεταβλητή και τους προσδιοριστικούς παράγοντες της ζήτησης λιμενικών υπηρεσιών (η τιμή των λιμενικών υπηρεσιών, η τιμή των υποκατάστατων λιμενικών υπηρεσιών, η τιμή των συμπληρωματικών λιμενικών υπηρεσιών, ο πληθυσμός της ενδοχώρας που εξυπηρετείται από το εν λόγω λιμάνι, το εισόδημα της ενδοχώρας, η ποιότητας υπηρεσίας)⁽⁴⁾, ως ανεξάρτητες μεταβλητές. Ωστόσο, η έλλειψη διαχρονικών στατιστικών στοιχείων – δεδομένων καθώς και η ιδιαιτερότητα της ελληνικής λιμενικής βιομηχανίας καθιστούν αδύνατη της εφαρμογή ενός τέτοιου υποδείγματος.

Τέλος, για την εξέταση του φαινομένου της εποχικότητας τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση αφορούν επίσης την **μηνιαία** επιβατική κίνηση του λιμένα Πειραιά, από τον Ιανουάριο του έτους 1992 έως το Δεκέμβριο του έτους 2002, και προέρχονται από την Στατιστική Υπηρεσία του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας.

Για την εφαρμογή και την ανάλυση των προαναφερόμενων υποδειγμάτων χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικά στατιστικά προγράμματα-εφαρμογές. Συγκεκριμένα, για τον εντοπισμό της σχέσης που υπάρχει ανάμεσα στην ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά και των λοιπών επεξηγηματικών μεταβλητών με βάση τις πληροφορίες που έχουμε από τα συγκεκριμένα στοιχεία και για την δεδομένη χρονική περίοδο, χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα **SPSS**, ενώ για την εξέταση της εποχικότητας καθώς και για τον προσδιορισμό του υποδείγματος Box - Jenkins για τα έτη 1992:1 έως και 2002:12, χρησιμοποιήθηκε το

⁽⁴⁾ ΠΑΡΔΑΛΗ Α, (1997) "Οικονομική και Πολιτική των Λιμένων", Αθήνα σελ.89-96

στατιστικό πρόγραμμα **NCSS**. Παράλληλα, μέρος των γραφικών της εργασίας πραγματοποιήθηκαν με την βοήθεια του προγράμματος-εφαρμογής **EXCEL**.

Η πρόβλεψη λοιπόν της μελλοντικής ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών ιδιαίτερης σημασίας για το σύνολο των φορέων που εμπλέκονται άμεσα ή έμμεσα με την λιμενική βιομηχανία, στηρίζεται σε ιστορικά και τρέχοντα δεδομένα και μπορεί να καταστεί χρήσιμη, στον φορέα διοίκησης και εκμετάλλευσης του λιμένα, το κράτος καθώς και στους χρήστες του λιμένα, πλοιοκτήτες και επιβάτες.

Ο φορέας διοίκησης και εκμετάλλευσης του λιμένα, μπορεί να χρησιμοποιήσει τα συμπεράσματα της εργασίας για να βελτιώσει τις λειτουργικές αποφάσεις του και τα στρατηγικά και επιχειρησιακά του σχέδια σε σχέση με την διαχείριση του επιβατικού λιμένα Πειραιά. Το κράτος από την μεριά του μπορεί να χρησιμοποιήσει τα συμπεράσματα στον καθορισμό του σχεδίου της γενικότερης λιμενικής και επενδυτικής πολιτικής του.

Από την πλευρά τους οι επιβάτες, μπορούν να επωφεληθούν αναφορικά με τον προγραμματισμό των ταξιδιών τους σε περιόδους αιχμών και αντιαιχμών κ.λπ., ενώ οι πλοιοκτήτες-ακτοπλόοι μπορούν να λάβουν υπόψη τους τα συμπεράσματα σε αποφάσεις προγραμματισμού, προϋπολογισμών σύμφωνα με τις ετήσιες ταμειακές ροές τους, προσαρμογών της ταχύτητας των πλοίων τους, δεξαμενισμού, τιμολογιακής πολιτικής κ.λπ.

Τελειώνοντας, θα πρέπει να σημειωθεί ότι παρότι αναζητήθηκε βιβλιογραφία σχετική με την πρόβλεψη της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών, δεν ανευρέθη παρόμοια με το θέμα εργασία ή δημοσίευση.

2. Πρόβλεψη της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών με την χρήση Οικονομετρικών υποδειγμάτων

Ένας τρόπος για να εξηγήσουμε της δυναμική συμπεριφορά μιας μεταβλητής είναι ο κλασικός τρόπος συσχέτισης της μεταβλητής με ένα πλήθος άλλων μεταβλητών, γνωστός και σαν ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης.

Όπως προαναφέρθηκε, ένα ιδεατό οικονομικό υπόδειγμα, το οποίο θα βασίζονταν στην οικονομική θεωρία, θα περιλάμβανε την ετήσια ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά ως εξαρτημένη μεταβλητή και τους προσδιοριστικούς παράγοντες της ζήτησης λιμενικών υπηρεσιών (την τιμή των λιμενικών υπηρεσιών, την τιμή των υποκατάστατων λιμενικών υπηρεσιών, την τιμή των συμπληρωματικών λιμενικών υπηρεσιών, τον πληθυσμό της ενδοχώρας που εξυπηρετείται από το εν λόγω λιμάνι, το εισόδημα της ενδοχώρας, την ποιότητας υπηρεσίας), ως ανεξάρτητες μεταβλητές.

Η έλλειψη όμως διαχρονικών στατιστικών στοιχείων – δεδομένων καθώς και η ιδιαιτερότητα της ελληνικής λιμενικής βιομηχανίας, δεδομένου ότι ο λιμένας Πειραιά παρέχει υπηρεσίες και εξυπηρετεί ακτοπολιτικές γραμμές που δεν εξυπηρετούν οι λοιποί επιβατικοί λιμένες, καθιστούν, όπως προαναφέρθηκε, αδύνατη της εφαρμογή ενός τέτοιου υποδείγματος.

Ανεξάρτητα πάντως από τις παραπάνω αντικειμενικές δυσκολίες, βασική επιδίωξη της παρούσας εργασίας αποτελεί η δημιουργία ενός οικονομικού υποδείγματος, πέραν της οικονομικής θεωρίας, το οποίο θα μας επιτρέψει να προβλέψουμε την μελλοντική ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά με την χρήση παραγόντων οι οποίοι άμεσα ή έμμεσα σχετίζονται με την ζήτηση αυτή.

2.1 Γενικά χαρακτηριστικά υποδειγμάτων Πολλαπλής Παλινδρόμησης

Σε πολλά πρακτικά προβλήματα μας ενδιαφέρει να μελετήσουμε ταυτόχρονα μεταβλητές που σχετίζονται μεταξύ τους. Ιδιαίτερα, μας ενδιαφέρει να μελετήσουμε πως μεταβάλλεται μια τυχαία μεταβλητή Y σε σχέση με μια ή περισσότερες μεταβλητές X_1, X_2, \dots, X_n .

Εάν το υπόδειγμα που εξετάζουμε είναι τέτοιας μορφής που η τυχαία μεταβλητή Y είναι γραμμική συνάρτηση των παραμέτρων του υποδείγματος, τότε μιλάμε για ένα γραμμικό υπόδειγμα (ο όρος «γραμμικό» για το χαρακτηρισμό του υποδείγματος αναφέρεται στις παραμέτρους και όχι στις μεταβλητές).

Πολλές φορές είναι απαραίτητο να χρησιμοποιήσουμε δύο ή και περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές προκειμένου να ερμηνεύσουμε με μεγαλύτερη ακρίβεια ένα φυσικό φαινόμενο, ώστε να βγάλουμε σωστότερα αποτελέσματα. Υποδείγματα παλινδρόμησης που περιέχουν δύο ή περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές ονομάζονται υποδείγματα πολλαπλής παλινδρόμησης (multiple regression models).

Το **υπόδειγμα παλινδρόμησης**⁽⁵⁾ με k ανεξάρτητες μεταβλητές X_1, X_2, \dots, X_k έχει τη μορφή

$$Y_i = \alpha + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i \quad i=1, 2, \dots, n$$

όπου

- Y_i είναι η τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής για την i παρατήρηση

- $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ik}$ είναι οι τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών στην i

παρατήρηση

- $\alpha, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ είναι οι παράμετροι του υποδείγματος

⁽⁵⁾ ΠΑΝΑΡΕΤΟΣ Ι, (1993) "Γραμμικά μοντέλα με έμφαση στις εφαρμογές", Αθήνα σελ.150-151

-Τα ε_i είναι ανεξάρτητες τυχαίες μεταβλητές που ακολουθούν $N(0, \sigma^2)$ κατανομές

Η **συνάρτηση παλινδρόμησης** (regression function), του υποδείγματος είναι:

$$E(Y|X_1, X_2, \dots, X_k) = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k$$

Η συνάρτηση αυτή ονομάζεται και επιφάνεια παλινδρόμησης (regression surface). Στην επιφάνεια παλινδρόμησης **ι**) το α αντιστοιχεί στο σημείο τομής του άξονα του Y από την επιφάνεια παλινδρόμησης και **ii**) το β_i ($i = 1, 2, \dots, k$), δείχνει την μεταβολή της $E(Y)$ όταν η μεταβλητή X_i αυξηθεί κατά μία μονάδα ενώ όλες οι άλλες μεταβλητές παραμένουν σταθερές. Όταν υπεισέρχονται δύο ή περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές οι εκτιμώμενες τιμές είναι τοποθετημένες αντίστοιχα σε ένα επίπεδο ενός τρισδιάστατου χώρου ή σε ένα υπερεπίπεδο ενός πολυδιάστατου χώρου.

Χάριν απλούστευσης, η ερμηνεία των συντελεστών του πολλαπλού υποδείγματος της παλινδρόμησης θα γίνει για την περίπτωση των δύο ανεξάρτητων μεταβλητών και στη συνέχεια θα γενικευθεί και για περισσότερες των δύο μεταβλητών. Για την περίπτωση των δύο ανεξάρτητων μεταβλητών, έχουμε:

$$Y_i = \alpha + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \varepsilon_i$$

Οι συντελεστές ερμηνεύονται, ο β_1 ως η μέση μεταβολή της Y για μια μονάδα αύξησης της X_1 , όταν η X_2 διατηρείται σταθερή, ο β_2 ως η μέση μεταβολή της Y για μια μονάδα αύξησης της X_2 , όταν η X_1 διατηρείται σταθερή.⁽⁶⁾

Ο ορισμός αυτός μπορεί να γενικευθεί για ένα οποιοδήποτε υπόδειγμα

⁽⁶⁾ ΓΝΑΡΔΕΛΛΗΣ Χ, (2003) "Εφαρμοσμένη Στατιστική", Αθήνα σελ.516

πολλαπλής παλινδρόμησης ως εξής: ο συντελεστής παλινδρόμησης β_i της μεταβλητής X_i , είναι η μέση μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής Y για μια μονάδα αύξησης της X_i , όταν οι γραμμικές σχέσεις των υπολοίπων μεταβλητών με την Y και την X_i έχουν αφαιρεθεί από το υπόδειγμα.

Η προσαρμογή του υποδείματος σε μια σειρά από δεδομένα γίνεται με την **μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων**. Επιπλέον, υπάρχει το πρόβλημα στην πολλαπλή παλινδρόμηση του κατά πόσον μερικοί από τους όρους $\beta_i X_i$ στο υπόδειγμα έχουν σημαντική συνεισφορά στην εξήγηση της διακύμανσης που παρατηρείται στην εξαρτημένη μεταβλητή Y_i . Η πολλαπλή παλινδρόμηση παρέχει τη στατιστική συμπερασματολογία για τον καθορισμό του κατά πόσον μια μεταβλητή είναι σημαντική με έλεγχο της μηδενικής υπόθεσης $H_0: \beta_i = 0$ έναντι της εναλλακτικής $H_1: \beta_i \neq 0$ για $i=1,2,\dots,k$. Εάν η H_0 δεν απορριφθεί για κάποια τιμή του i συμπεραίνουμε ότι δεν υπάρχουν στοιχεία ικανά να μας πείσουν ότι η αντίστοιχη μεταβλητή έχει συνεισφορά σημαντική στο υπόδειγμα. Στην περίπτωση αυτή, ο όρος $\beta_i X_i$ διαγράφεται από το υπόδειγμα απλοποιώντας έτσι τη διαδικασία.

Οι έλεγχοι υποθέσεων λοιπόν είναι μέθοδοι που βοηθούν να καθορισθεί η σημαντικότητα κάποιας μεταβλητής του υποδείματος.

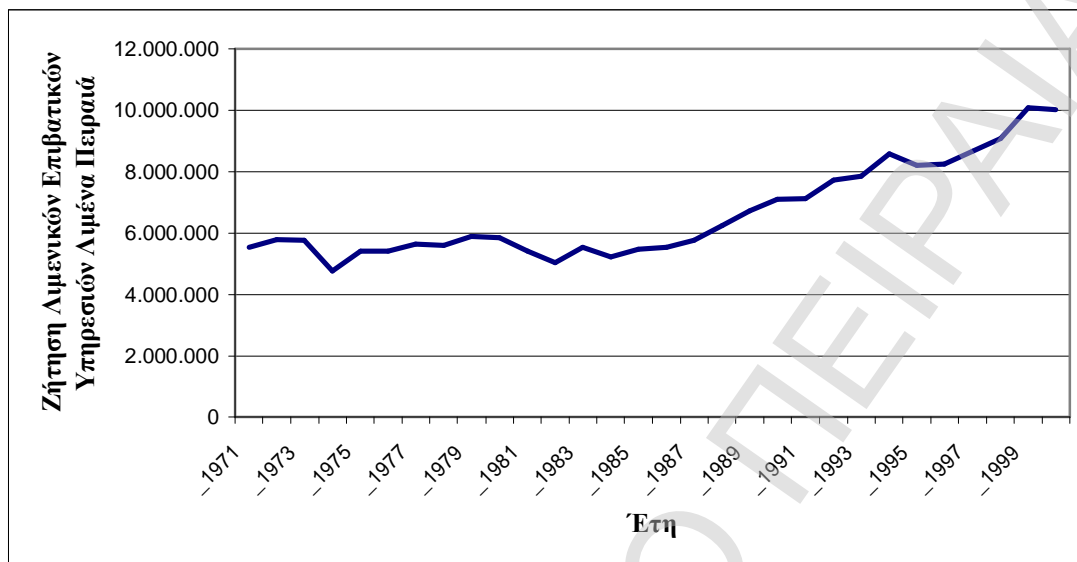
Στην περίπτωση μας, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί ένα υπόδειγμα παλινδρόμησης για τον εντοπισμό της σχέσης που υπάρχει ανάμεσα στην ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά και των λοιπών ανεξάρτητων (επεξηγηματικών) μεταβλητών. Ειδικότερα, για τον εντοπισμό της σχέσης αυτής θα χρησιμοποιηθούν μεταβλητές, κοινωνικοοικονομικές (ακαθάριστο εθνικό προϊόν), δημογραφικές (μέση ετήσια αύξηση πληθυσμού), καθώς και μεταβλητές γενικότερου ενδιαφέροντος σε σχέση με την ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά (την ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας και επιβατική κίνηση αερολιμένα Αθηνών).

Πιο συγκεκριμένα, στην συνέχεια της ανάλυσής μας θα χρησιμοποιήσουμε τα στοιχεία της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά, για τα έτη 1971 έως 2000 και θα προσπαθήσουμε να δημιουργήσουμε με τη μέθοδο της πολλαπλής παλινδρόμησης ένα υπόδειγμα το οποίο θα μας δίνει την δυνατότητα να εντοπίσουμε τη σχέση που ενδεχομένως να υπάρχει μεταξύ της μεταβλητής αυτής και της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας, της ζήτησης επιβατικών υπηρεσιών του αερολιμένα Αθηνών, της μέσης ετήσιας πληθυσμιακής αύξησης και του διαθέσιμου εισοδήματος προς κατανάλωση, επίσης για τα έτη 1971 έως 2000.

2.2 Ανάλυση δεδομένων

Για την ανάλυση, χρησιμοποιήθηκαν τα κατωτέρω στοιχεία της χρονικής περιόδου από το 1971 έως το 2000, από τις ετήσιες στατιστικές επετηρίδες των ανάλογων ετών της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας της Ελλάδας (Ε.Σ.Υ.Ε.):

α) Η ετήσια ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά (Ppir). Τα συγκεντρωθέντα στοιχεία περιλαμβάνουν την ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα από και προς τα νησιά των Κυκλάδων, του Βόρειου Αιγαίου, την Κρήτη, τα Δωδεκάνησα καθώς και τα Κύθηρα και Αντικύθηρα, ενώ **δεν περιλαμβάνουν** την ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών εξωτερικού του λιμένα καθώς και την ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του Αργοσαρωνικού και της πορθμειακής γραμμής Σαλαμίνας – Περάματος.

**Πηγή: Ε.Σ.Υ.Ε.**

Γράφημα 1 «Ετήσια ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών λιμένα Πειραιά (1971- 2000)»

Η ετήσια σειρά της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά για τα έτη 1971 - 2000 παρουσιάζεται στο γράφημα 1. Από το γράφημα γίνεται φανερό ότι τα δεδομένα μας χωρίζονται σε δυο φάσεις και συγκεκριμένα, **α)** στην φάση της σταθερότητας των δεδομένων κατά τη χρονική περίοδο των ετών από το 1971 έως το 1986, όπου ουσιαστικά παρατηρείται μια σχετική σταθερότητα στην ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών για την συγκεκριμένη δεκαπενταετία, και **β)** στην φάση της ανοδικής τάσης των δεδομένων κατά την χρονική περίοδο από το 1987 έως το 2000, όπου παρατηρείται μια συνεχώς αυξανόμενη τάση στην ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα.

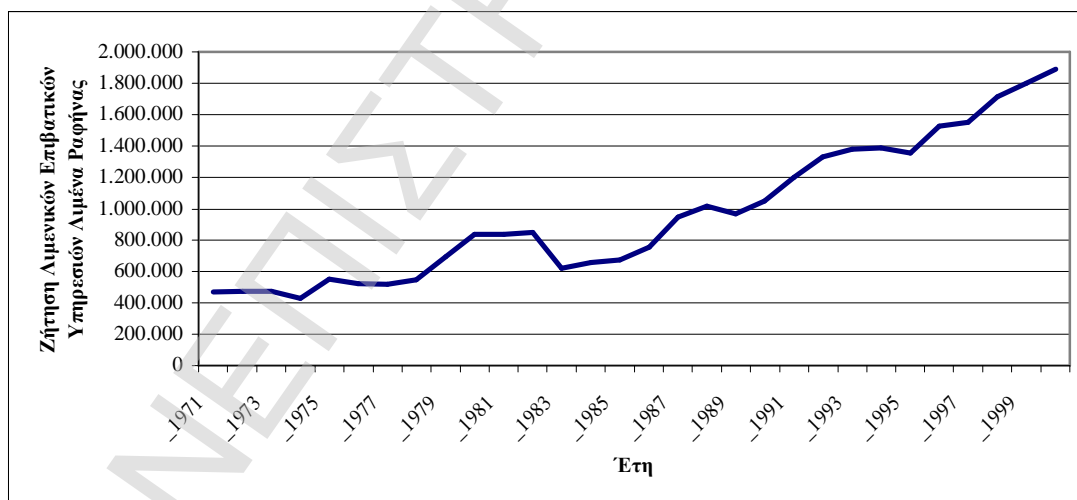
β) Η ετήσια ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας (Präf). Τα συγκεντρωθέντα στοιχεία περιλαμβάνουν την ζήτηση λιμενικών επιβατικών

υπηρεσιών του λιμένα, **ως επί το πλείστον**, από και προς τα νησιά των Κυκλάδων και της Εύβοιας.

Η επιλογή του συγκεκριμένου λιμένα έγινε με το σκεπτικό ότι ο λιμένας Ραφήνας αποτελεί τον μοναδικό επιβατικό λιμένα εντός των ορίων του νομού Αττικής ο οποίος επιπλέον γεωγραφικά βρίσκεται πολύ κοντά στο λιμένα του Πειραιά.

Η ετήσια σειρά της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας για τα έτη 1971-2000 παρουσιάζεται στο γράφημα 2. Από το γράφημα γίνεται φανερό ότι η ζήτηση παρουσιάζει μια συνεχής αυξητική τάση με μια μικρή κάμψη κυρίως κατά την πενταετία 1983 έως 1987.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι, την *εικοσαετία* από το 1971 έως το 1989 έχουμε διπλασιασμό της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα από περίπου 472 χιλ. επιβάτες το 1971, σε περίπου 968 χιλ. επιβάτες το 1989, ενώ παράλληλα, διπλασιασμό περίπου της ζήτησης έχουμε επίσης και στην *δεκαετία* από το 1990 έως το 2000, από περίπου 1.048 χιλ. επιβάτες το 1990, σε 1.889 χιλ. επιβάτες το 2000.



Πηγή: Ε.Σ.Υ.Ε.

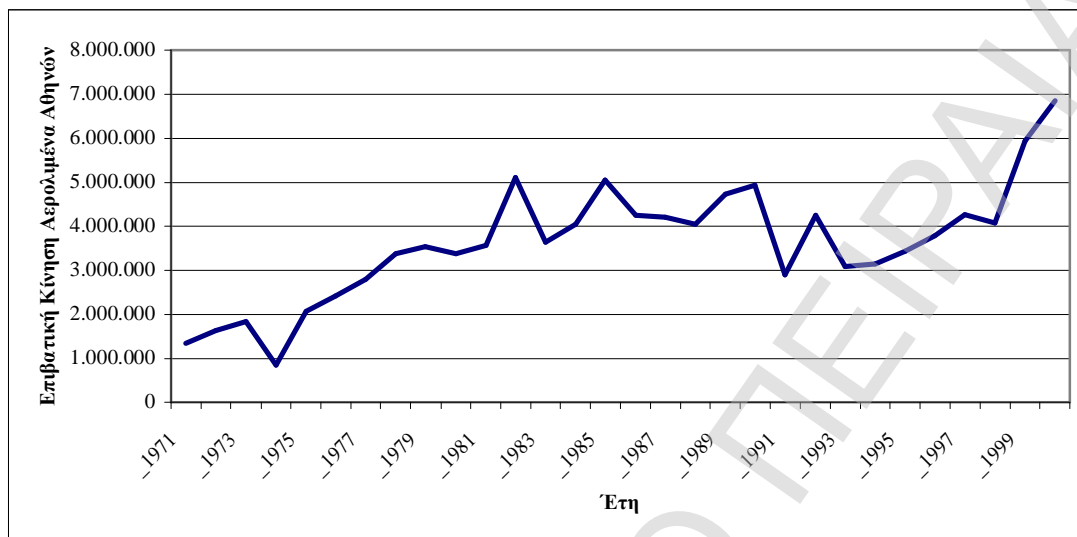
Γράφημα 2 «Ετήσια ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών λιμένα Ραφήνας (1971- 2000)»

γ) Η Ετήσια ζήτηση επιβατικών υπηρεσιών του αερολιμένα Αθηνών (Path). Τα συγκεντρωθέντα στοιχεία περιλαμβάνουν την επιβατική κίνηση του αερολιμένα Αθηνών από και προς το σύνολο των αερολιμένων της Ελλάδος, **μη περιλαμβανομένου** της κίνησης των αερολιμένων όπου δεν υπάρχει η δυνατότητα μετάβασης με πλοίο (για παράδειγμα Καστοριά κ.λπ.) καθώς και της κίνησης εξωτερικού.

Η επιλογή του συγκεκριμένου αερολιμένα έγινε λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι ο αερολιμένας Αθηνών βρίσκεται γεωγραφικά πολύ κοντά στο Πειραιά καθώς και το γεγονός ότι το αεροπλάνο, όσον αφορά την επιβατική κίνηση, είναι ένα εναλλακτικό μεταφορικό μέσο του πλοίου.

Η ετήσια επιβατική κίνηση του αερολιμένα Αθηνών για τα έτη 1971-2000 παρουσιάζεται στο γράφημα 3. Από το γράφημα γίνεται φανερό ότι η επιβατική κίνηση παρουσιάζει έντονες αυξομειώσεις. Παρατηρείται καταρχήν μια συνεχής αυξητική τάση της κίνησης (με μια μόνο ασυνήθιστη κάμψη το έτος 1974), μέχρι το έτος 1985. Στην συνέχεια, παρατηρείται μια συνεχής αυξομείωση της κίνησης με το έτος 1991 να βρίσκεται στο χαμηλότερο σημείο με περίπου 2,9 εκατ. επιβάτες έως και το έτος 1998 όπου από τη χρονιά εκείνη και μετέπειτα παρατηρείται μια αλματώδης αύξηση της κίνησης για την τριετία 1998-2000 της τάξεως του 67,78%.

δ) Η μέση ετήσια αύξηση του πληθυσμού της χώρας (Pgrt). Η επιλογή του συγκεκριμένου δημογραφικού στοιχείου έγινε με σκοπό να φανεί η σχέση που πιθανόν να υπάρχει μεταξύ της πληθυσμιακής αύξησης και της αύξησης στην ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά, δεδομένου ότι ο πληθυσμός της ενδοχώρας που εξυπηρετείται από το εν λόγω λιμάνι αποτελεί έναν από τους προσδιοριστικούς παράγοντες της ζήτησης.

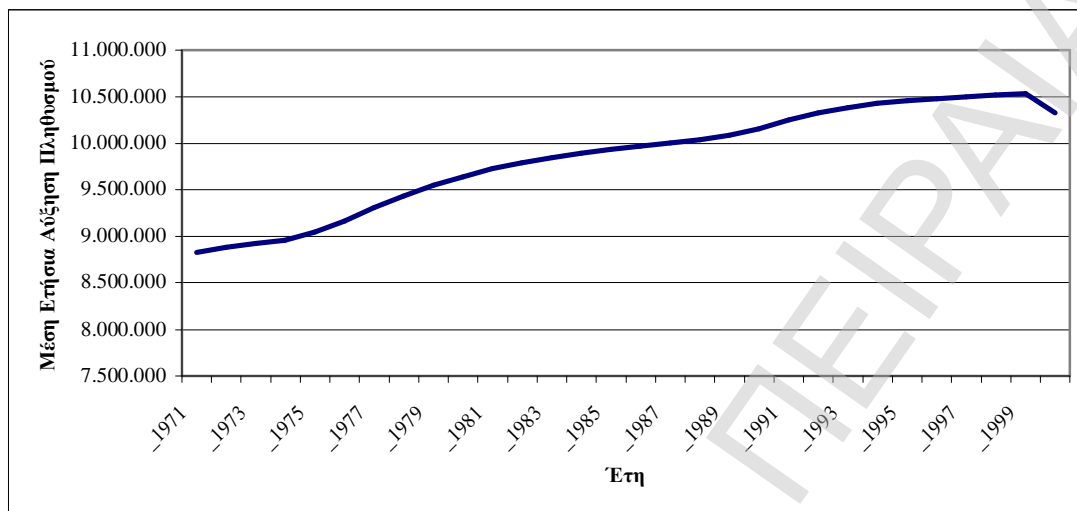


Πηγή: Ε.Σ.Υ.Ε.

Γράφημα 3 «Ετήσια επιβατική κίνηση αερολιμένα Αθηνών (1971- 2000)»

Η μέση ετήσια πληθυσμιακή αύξηση για τα έτη 1971-2000 παρουσιάζεται στο γράφημα 4. Από το γράφημα παρατηρείται μια ανοδική τάση των στοιχείων με μοναδική πτώση το έτος 2000 της τάξεως του -2,06%.

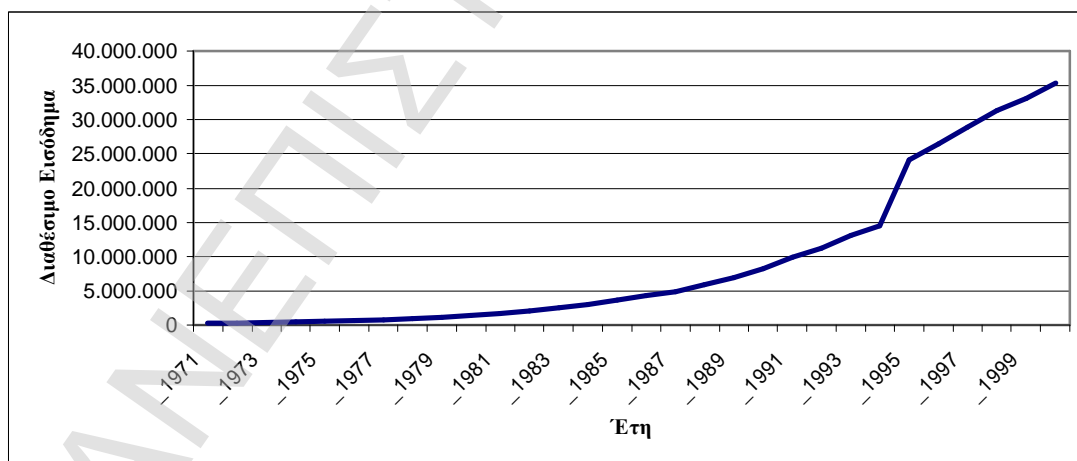
ε) Το Διαθέσιμο Εισόδημα (Deis), ορίζεται ως το άθροισμα των ατομικών εισοδημάτων, τα οποία υπάρχουν στην διάθεση των ατόμων και τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για κατανάλωση ή αποταμίευση. Η επιλογή του συγκεκριμένου μακροοικονομικού μεγέθους έγινε με σκοπό να φανεί εάν και κατά πόσο η αύξηση ή η μείωση του διαθέσιμου εισοδήματος επηρεάζει την ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του κυριότερου λιμένα της χώρας, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη το γεγονός ότι το εισόδημα στην ενδοχώρα αποτελεί έναν από τους προσδιοριστικούς παράγοντες της ζήτησης, όπως ήδη προαναφέρθηκε.



Πηγή: Ε.Σ.Υ.Ε.

Γράφημα 4 «Μέση ετήσια πληθυσμιακή αύξηση (1971- 2000)»

Το διαθέσιμο εισόδημα για τα έτη 1971-2000 παρουσιάζεται στο γράφημα 5. Από το γράφημα γίνεται φανερό ότι οι τιμές παρουσιάζουν μια ομαλή ανοδική πορεία μέχρι το έτος 1990, ενώ στην συνέχεια παρατηρείται έντονη αύξηση των τιμών της μεταβλητής



Πηγή: Ε.Σ.Υ.Ε.

Γράφημα 5 «Διαθέσιμο Εισόδημα (1971- 2000)»

Στον πίνακα 1, παρατηρούμε ότι από τις μεταβλητές που έχουν σχέση με την ζήτηση επιβατικών υπηρεσιών, η μεταβλητή του αερολιμένα Αθηνών έχει το μεγαλύτερο εύρος τιμών (διαφορά μεταξύ μικρότερης και μεγαλύτερης τιμής). Ωστόσο, η μεταβλητή με τον μεγαλύτερο μέσο όρο είναι η ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά (μέσο όρο για την τριαντακονταετία 1971-2000), με περίπου 6.647,331 επιβάτες αλλά και την μεγαλύτερη τυπική απόκλιση, με περίπου 1.538.579 επιβάτες. Παράλληλα, η μεταβλητή με τον μικρότερο μέσο όρο είναι η ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας, με περίπου 968.304 επιβάτες αλλά και την μικρότερη τυπική απόκλιση με περίπου 442.427 επιβάτες.

Descriptive Statistics

	N	Range	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Πειραιά	30	5313184	4768759	10081943	6647331,47	1538579,35
Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Ραφήνας	30	1460258	429300	1889558	968304,53	442427,94
Πληθυσμιακή αύξηση στο μέσο του έτους	30	1707050	8831036	10538086	9846153,03	553259,20
Ετήσια Επιβατική Κίνηση Αερολιμένα Αθηνών	30	5994749	848167	6842916	3615652,40	1324010,85
Διαθέσιμο Εισόδημα	30	35016065	274390	35290455	9275635,80	11290057,99
Valid N (listwise)	30					

Πίνακας 1 «Περιγραφικά στοιχεία μεταβλητών»

Αναλύοντας τους συντελεστές μεταβλητότητας (λόγος της τυπικής απόκλισης προς την αντίστοιχη μέση τιμή), η μεταβλητή της πληθυσμιακής αύξησης έχει την μικρότερη μεταβλητότητα ($CV=5,61\%$). Για τις μεταβλητές που έχουν σχέση με την ζήτηση επιβατικών υπηρεσιών, ο λιμένας Πειραιάς έχει την μικρότερη μεταβλητότητα ($CV=23,15\%$), σε σχέση με τον Αερολιμένα Αθηνών ($CV=36,61\%$) και τον λιμένα Ραφήνας ($CV=45,70\%$). Τέλος τη μεγαλύτερη μεταβλητότητα έχει η μεταβλητή του διαθέσιμου εισοδήματος, $CV=121,70\%$.

Στον πίνακα 2, έχουμε την ασυμμετρία και την κύρτωση των υπό εξέταση μεταβλητών. Η ασυμμετρία μιας κατανομής αναφέρεται στην εκτροπή της κατανομής από την κανονικότητα, ενώ η κύρτωση αναφέρεται στο βαθμό συγκέντρωσης των τιμών της κατανομής περί το μέσο της.

Γενικά, μια τιμή ασυμμετρίας μεγαλύτερη της μονάδας, φανερώνει κατανομή η οποία διαφέρει σημαντικά από την κανονική κατανομή, κάτι που παρατηρείται μόνο στο **Διαθέσιμο Εισόδημα** όπου έχουμε κατανομή θετικά ασύμμετρη (ουρά προς τη δεξιά πλευρά).

Descriptive Statistics

	N	Mean	Skewness		Kurtosis	
	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Πειραιά	30	6647331,47	,916	,427	-,363	,833
Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Ραφήνας	30	968304,53	,611	,427	-,829	,833
Πληθυσμιακή αύξηση στο μέσο του έτους	30	9846153,03	-,525	,427	-,980	,833
Ετήσια Επιβατική Κίνηση Αερολιμένα Αθηνών	30	3615652,40	,066	,427	,410	,833
Διαθέσιμο Εισόδημα	30	9275635,80	1,280	,427	,233	,833
Valid N (listwise)	30					

Πίνακας 2 «Περιγραφικά στοιχεία –Κύρτωση –Ασυμμετρία μεταβλητών»

Προκειμένου η μεταβλητή του **Διαθέσιμου Εισοδήματος** να προσεγγίσει περισσότερο την κανονική κατανομή, μετασχηματίζουμε την μεταβλητή με την βοήθεια της τετραγωνικής ρίζας **SQRT(Deis)**, η οποία όπως φαίνεται και στον πίνακα 3 ,δεν διαφέρει σημαντικά από την κανονική κατανομή.

Τέλος, αναφορικά με την κύρτωση παρατηρούμε ότι η ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών των λιμένα Πειραιά και Ραφήνας καθώς και η πληθυσμιακή

αύξηση, είναι πλατύκυρτες, ενώ η μεταβλητή του διαθέσιμου εισοδήματος και η επιβατική κίνηση του αερολιμένα Αθηνών λεπτόκυρτες.

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std.	Skewness		Kurtosis	
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
SQRDIATH	30	2501,0907	1767,5761	,743	,427	-,766	,833
Valid N (listwise)	30						

Πίνακας 3 «Περιγραφικά στοιχεία –Κύρτωση –Ασυμμετρία της μεταβλητής της τετραγωνική ρίζας του διαθέσιμου εισοδήματος »

2.3 Μεθοδολογία αποκλεισμού μεταβλητών

Ουσιαστικά ενδιαφερόμαστε να δούμε κατά πόσον υπάρχει κάποια σχέση των μεταβλητών X_1, X_2, X_3 και X_4 και της μεταβλητής του λιμένα Πειραιά (Y).

Y , Ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών λιμένα Πειραιά

X_1 , Ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών λιμένα Ραφήνας

X_2 , Ζήτηση επιβατικών υπηρεσιών αερολιμένα Αθηνών

X_3 , Μέση ετήσια πληθυσμιακή αύξηση

X_4 , Διαθέσιμο εισόδημα (Τετραγωνική ρίζα).

Εάν μια τέτοια σχέση υπάρχει ο καθορισμός της θα είναι χρήσιμος δεδομένου ότι μπορεί να βοηθήσει στην πρόβλεψη της ζήτησης των λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά. Παράλληλα, θα είμαστε σε θέση να καθορίσουμε ποιες από τις επεξηγηματικές μεταβλητές επηρεάζουν και σε ποιο βαθμό την ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά.

Η συνάρτηση παλινδρόμησης (regression function), του υποδείγματος, είναι:

$E(Y) = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4$ και θα πρέπει σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν, να ελεγχθεί η μηδενική υπόθεση,

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 0$ έναντι της εναλλακτικής,

$H_1: \beta_i \neq \beta_j$ για ένα τουλάχιστον ζευγάρι τιμών i, j .

Το υπόδειγμα πολλαπλής παλινδρόμησης περιέχει μια σταθερά και τέσσερις συντελεστές (β_1 έως β_4), ένας για κάθε μια από τις μεταβλητές του υποδείγματος. Αυτοί οι συντελεστές καλούνται μερικοί συντελεστές παλινδρόμησης.

Για να εκτιμήσουμε τις τιμές των συντελεστών χρησιμοποιούμε **την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων** δηλαδή επιλέγουμε τους συντελεστές με το μικρότερο άθροισμα τετραγώνων της διαφοράς μεταξύ των παρατηρούμενων και των εκτιμούμενων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής.

Στην στατιστική ορολογία υπάρχουν πολλές μέθοδοι για τον καθορισμό του καλύτερου συνόλου ή υποσυνόλου από ένα σύνολο μεταβλητών που είναι υποψήφιος να περιληφθούν σε ένα υπόδειγμα πολλαπλής παλινδρόμησης. Η μέθοδος που θα εφαρμόσουμε στην περίπτωσή μας, ξεκινά περιλαμβάνοντας όλες τις μεταβλητές στο υπόδειγμα και σε κάθε βήμα αποκλείει μια μεταβλητή που δεν έχει σημαντική συνεισφορά σε αυτό.

Η μέθοδος αυτή ονομάζεται μέθοδος αποκλεισμού μεταβλητών (backward elimination procedure), και αποκλείει σε κάθε βήμα την μεταβλητή εκείνη που έχει το μεγαλύτερο παρατηρούμενο επίπεδο σημαντικότητας με την προϋπόθεση ότι το παρατηρούμενο αυτό επίπεδο σημαντικότητας υπερβαίνει το επίπεδο σημαντικότητας α που έχουμε προκαθορίσει, χρησιμοποιώντας την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.⁽⁷⁾

Εξ' ορισμού, το στατιστικό πρόγραμμα **SPSS**, μετακινεί μια μεταβλητή από το υπόδειγμα εάν το παρατηρούμενο επίπεδο σημαντικότητας για τον συντελεστή **είναι μεγαλύτερο από 0,10**.

⁽⁷⁾ ΠΑΝΑΡΕΤΟΣ Ι, (1993) "Γραμμικά μοντέλα με έμφαση στις εφαρμογές", Αθήνα σελ.167

2.3.1 Οι υποθέσεις της πολλαπλής παλινδρόμησης

Προτού εκτιμηθούν οι συντελεστές του υποδείγματος, θα πρέπει να βεβαιωθούμε ότι οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι γραμμικά συσχετισμένες με την εξαρτημένη μεταβλητή.

Στην περίπτωση που δεν είναι γραμμικά σχετισμένες, θα πρέπει να μετασχηματίσουμε τα δεδομένα. Για παράδειγμα προκειμένου να δημιουργήσουμε μια γραμμική σχέση μπορούμε να πάρουμε τον λογαρίθμους ή την τετραγωνική ρίζα κ.λπ. μιας ή περισσότερων μεταβλητών.

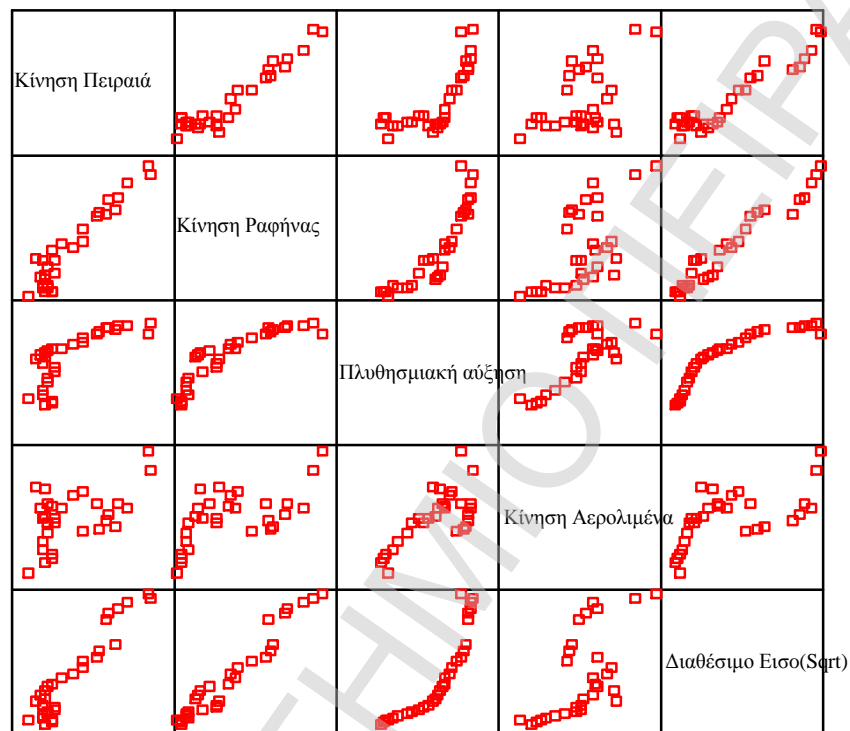
Το γράφημα 6, εμφανίζει ένα πίνακα διαγραμμάτων διασποράς της εξαρτημένης και των ανεξαρτήτων μεταβλητών. Το ενδιαφέρον μας κυρίως εστιάζεται στην πρώτη γραμμή η οποία μας δείχνει τη σχέση μεταξύ της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά και των λοιπών επεξηγηματικών μεταβλητών.

Σημειώνεται ότι για την μεταβλητή του διαθέσιμου εισοδήματος χρησιμοποιούμε την μεταβλητή **SQRT(Deis)**, όπως τη μετασχηματίσαμε με την βοήθεια της τετραγωνικής ρίζας.

Η σχέση μεταξύ της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά και της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας, όπως φαίνεται, είναι ισχυρά θετικά γραμμική. Παράλληλα, το ίδιο ισχυρά θετικά γραμμική φαίνεται πως είναι και η σχέση μεταξύ της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά και της μεταβλητής του διαθέσιμου εισοδήματος (sqrt). Τέλος, η σχέση της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά και της μέσης ετήσιας πληθυσμιακής αύξησης είναι σχετικά θετικά γραμμική, ενώ η ανεξάρτητη μεταβλητή της ζήτησης επιβατικών υπηρεσιών του αερολιμένα Αθηνών και της ζήτησης του λιμένα Πειραιά φαίνεται να έχουν ασθενής θετικά γραμμική σχέση.

Από το γράφημα 6 λοιπόν παρατηρούμε ότι οι ανεξάρτητες μεταβλητές του υποδείγματος είναι γραμμικά συσχετισμένες με την εξαρτημένη μεταβλητή (ζήτηση

λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά), και ως εκ τούτου δεν απαιτείται μετασχηματισμός τους.



Γράφημα 6 «Πίνακας διαγραµµάτων διασποράς εξαρτηµένης και ανεξαρτήτων μεταβλητών»

2.3.2 Εκτίµηση του υποδείγµατος

Ο πίνακας 4, παρουσιάζει τα αποτελέσµατα της µεθόδου αποκλεισµού μεταβλητών:

Variables Entered/Removed b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	SQRDIATH, Ετήσια Επιβατική Κίνηση Αερολιμένα Αθηνών, Πλυθησµακή αύξηση στο μέσο του έτους, Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Ραφήνας ^a		Enter
2		Ετήσια Επιβατική Κίνηση Αερολιμένα Αθηνών	Backward (criterion: Probability of F-to-remove >= ,100).

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Πειραιά

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,972 ^a	,944	,935	391202,00
2	,971 ^b	,943	,937	386925,58

a. Predictors: (Constant), SQRDIATH, Ετήσια Επιβατική Κίνηση Αερολιμένα Αθηνών, Πλυθησµακή αύξηση στο μέσο του έτους, Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Ραφήνας

b. Predictors: (Constant), SQRDIATH, Πλυθησµακή αύξηση στο μέσο του έτους, Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Ραφήνας

ANOVA^c

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6,482E+13	4	1,62059E+13	105,894	,000 ^a
	Residual	3,826E+12	25	153039006584		
	Total	6,865E+13	29			
2	Regression	6,476E+13	3	2,15857E+13	144,182	,000 ^b
	Residual	3,892E+12	26	149711405875		
	Total	6,865E+13	29			

- a. Predictors: (Constant), SQRDIATH, Ετήσια Επιβατική Κίνηση Αερολιμένα Αθηνών, Πλοθησµακή αύξηση στο µέσο του έτους, Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιµένα Ραφήνας
- b. Predictors: (Constant), SQRDIATH, Πλοθησµακή αύξηση στο µέσο του έτους, Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιµένα Ραφήνας
- c. Dependent Variable: Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιµένα Πειραιά

Coefficients^b

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	12847704	2820730,9		4,555	,000		
	Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιµένα Ραφήνας	2,637	,729	,758	3,615	,001	,051	19,735
	Πλοθησµακή αύξηση µέσο του έτους	-,991	,320	-,356	-3,094	,005	,168	5,955
	Ετήσια Επιβατική Κίνηση Αερολιμένα Αθηνών	5,239E-02	,079	-,045	-,659	,516	,477	2,098
	SQRDIATH	478,465	182,783	,550	2,618	,015	,051	19,780
2	(Constant)	13613716	2542231,3		5,355	,000		
	Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιµένα Ραφήνας	2,596	,719	,747	3,611	,001	,051	19,594
	Πλοθησµακή αύξηση µέσο του έτους	-1,087	,282	-,391	-3,854	,001	,212	4,721
	SQRDIATH	490,729	179,846	,564	2,729	,011	,051	19,575

- a. Dependent Variable: Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιµένα Πειραιά

Coefficient Correlations[§]

Model		SQRDIATH	Ετήσια Επιβατική Κίνηση Αερολιμένα Αθηνών	Πληθυσμιακή αύξηση στο μέσο του έτους	Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Ραφήνας	
1	Correlations	SQRDIATH	1,000	,102	-,240	-,879
		Ετήσια Επιβατική Κίνηση Αερολιμένα Αθηνών	,102	1,000	-,455	-,085
		Πληθυσμιακή αύξηση στο μέσο του έτους	-,240	-,455	1,000	-,157
		Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Ραφήνας	-,879	-,085	-,157	1,000
	Covariances	SQRDIATH	33409,705	1,478	-14,043	-117,157
		Ετήσια Επιβατική Κίνηση Αερολιμένα Αθηνών	1,478	6,316E-03	-1,159E-02	-4,899E-03
2	Correlations	SQRDIATH	1,000		-,218	-,878
		Πληθυσμιακή αύξηση στο μέσο του έτους	-,218		1,000	-,221
		Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Ραφήνας	-,878		-,221	1,000
	Covariances	SQRDIATH	32344,758		-11,083	-113,488
		Πληθυσμιακή αύξηση στο μέσο του έτους	-11,083		7,963E-02	-4,473E-02
		Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Ραφήνας	-113,488		-4,473E-02	,517

a. Dependent Variable: Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Πειραιά

Excluded Variables[§]

Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics
						Tolerance
2	Ετήσια Επιβατική Κίνηση Αερολιμένα Αθηνών	-,045 ^a	-,659	,516	-,131	,477

a. Predictors in the Model: (Constant), SQRDIATH, Πληθυσμιακή αύξηση στο μέσο του έτους, Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Ραφήνας

b. Dependent Variable: Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Πειραιά

Πίνακας 4 «Αποτελέσματα μεθόδου αποκλεισμού μεταβλητών-παλινδρόμησης»

Το κριτήριο που χρησιμοποιήθηκε ως κριτήριο εισόδου-εξόδου των μεταβλητών στο υπόδειγμα, είναι το *επίπεδο σημαντικότητας (significance level)* της τιμής F (*Probability of F*). Με βάση το κριτήριο αυτό, η μεταβλητή μπαίνει στο υπόδειγμα αν το επίπεδο σημαντικότητας για κάθε F τιμή είναι μικρότερο από την τιμή (0,05). Αντίθετα, αφαιρείται αν το επίπεδο σημαντικότητας για κάθε F τιμή είναι μεγαλύτερο από την τιμή που δώσαμε εξ' ορισμού. Σε κάθε περίπτωση η τιμή **Entry** πρέπει να είναι μικρότερη από την τιμή **Removal** και μάλιστα πρέπει να είναι και οι δύο θετικές. Συνήθως, για να βάλουμε περισσότερες μεταβλητές στο μοντέλο μεγαλώνουμε την τιμή Entry, ενώ για να αφαιρέσουμε περισσότερες μεταβλητές μικραίνουμε την τιμή Removal.

Η μέθοδος αποκλεισμού μεταβλητών ξεκινά με το σύνολο των τεσσάρων μεταβλητών του υποδείγματος. Το υπόδειγμα 1, περιλαμβάνει όλες τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Το τελικό υπόδειγμα, υπόδειγμα 2, περιλαμβάνει όλες τις ανεξάρτητες μεταβλητές του υποδείγματος 1, πλην της μεταβλητής “Ζήτηση Επιβατικών Υπηρεσιών Αερολιμένα Αθηνών”, η οποία αποκλείστηκε από το υπόδειγμα.

Ο συντελεστής προσδιορισμού στο υπόδειγμα 1, είναι μεγαλύτερος από αυτόν του υποδείγματος 2, δεδομένου ότι περιλαμβάνει όλες τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Στο επόμενο βήμα, ο συντελεστής προσδιορισμού μειώνεται δεδομένου ότι μια ανεξάρτητη μεταβλητή αποκλείστηκε από το υπόδειγμα.

Οι συντελεστές και των δύο υποδειγμάτων φαίνονται επίσης στον παραπάνω πίνακα. Το **μεγαλύτερο** επίπεδο σημαντικότητας παρατηρείται στην μεταβλητή “Ζήτηση Επιβατικών Υπηρεσιών Αερολιμένα Αθηνών”. Δεδομένου ότι το παρατηρούμενο επίπεδο σημαντικότητας είναι μεγαλύτερο από την εξ' ορισμού τιμή 0,10 προκειμένου μια μεταβλητή να παραμείνει στο υπόδειγμα, η ανωτέρω μεταβλητή αποκλείεται από το υπόδειγμα.

Στο υπόδειγμα 2 πλέον όλα τα παρατηρούμενα επίπεδα σημαντικότητας είναι μικρότερα από 0,10 έτσι καμία πλέον μεταβλητή δεν μετακινείται από το υπόδειγμα.

Ένα από τα πρώτα πράγματα που κοιτάμε όταν δημιουργούμε ένα υπόδειγμα πολλαπλής παλινδρόμησης είναι πόσο καλά προσαρμόζει το υπόδειγμα τα δεδομένα μας. Ο *συντελεστής προσδιορισμού* (R-square), δηλώνει ότι το 94,3% της παρατηρούμενης μεταβλητότητας της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά «εξηγείται» από τις τρεις ανεξάρτητες μεταβλητές. Η τιμή αυτή είναι σχετικά, αρκετά καλή. Το (R) είναι ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ της παρατηρούμενης τιμής της εξαρτημένης μεταβλητής και της εκτιμούμενης τιμής βασισμένη στο υπόδειγμα παλινδρόμησης. Έτσι, μια τιμή κοντά στη μονάδα (1), δηλώνει ότι η εξαρτημένη μεταβλητή μπορεί να προβλεφθεί απόλυτα από τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Αντίστοιχα, μια τιμή κοντά στο μηδέν (0), δηλώνει ότι οι ανεξάρτητες μεταβλητές δεν είναι γραμμικά συσχετισμένες με την εξαρτημένη μεταβλητή.

Η παρατηρούμενη τιμή 97,1 είναι αρκετά υψηλή, φανερώνοντας ότι το υπόδειγμα δίνει καλές προβλέψεις.

Η ανάλυση διακύμανσης, χρησιμοποιείται για να ελέγξει αρκετές μηδενικές υποθέσεις όπως ότι δεν υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ της εξαρτημένης και των ανεξάρτητων μεταβλητών, ότι όλοι οι συντελεστές του υποδείγματος είναι μηδέν καθώς και ότι ο συντελεστής προσδιορισμού είναι επίσης μηδέν.

Ο έλεγχος της μηδενικής υπόθεσης βασίζεται στον λόγο των Μέσων Τετραγωνικών Λαθών της Παλινδρόμησης και των Καταλοίπων (MSR/MSE). Στον πίνακα 4, ο λόγος αυτός είναι $F=144,182$. Εφόσον, το παρατηρούμενο επίπεδο σημαντικότητας είναι μικρότερο από το 0,05, μπορούμε να απορρίψουμε την μηδενική υπόθεση ότι δεν υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά και των τριών ανεξάρτητων επεξηγηματικών μεταβλητών. Έτσι, από τα αποτελέσματα του πίνακα συμπεραίνουμε ότι τουλάχιστον ένας από τους συντελεστές παλινδρόμησης είναι διάφορος του μηδενός.

Οι συντελεστές των ανεξάρτητων (επεξηγηματικών) μεταβλητών φαίνονται επίσης στον πίνακα 4. Χρησιμοποιώντας αυτούς τους συντελεστές η εκτιμώμενη εξίσωση παλινδρόμησης μπορεί να γραφεί ως εξής:

$$(Ppir) = 13.613.716 + 2,596 (Praf) - 1,087 (Pgrr) + 490,729 \text{SQRT}(Deis)$$

Στην εξίσωση πολλαπλής παλινδρόμησης, ο μερικός συντελεστής παλινδρόμησης (partial regression coefficient), μιας ανεξάρτητης επεξηγηματικής μεταβλητής ουσιαστικά δηλώνει πόσο η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής μεταβάλλεται, όταν η τιμή της συγκεκριμένης επεξηγηματικής μεταβλητής αυξηθεί ή μειωθεί κατά μια μονάδα και οι τιμές των λοιπών ανεξάρτητων επεξηγηματικών μεταβλητών παραμείνουν αμετάβλητες. Ένας θετικός συντελεστής δηλώνει ότι η προβλεπόμενη τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής αυξάνει όταν η τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής αυξάνει. Ένας αρνητικός συντελεστής δηλώνει ότι η προβλεπόμενη τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής μειώνεται όταν η τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής αυξάνει.

Έτσι, ο συντελεστής της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας ($\beta_1=2,596$), δηλώνει ότι η μέση ετήσια μεταβολή της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά αυξάνει περίπου κατά τρεις (03) επιβάτες για μια αύξηση κατά έναν (01) επιβάτη της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας, εφόσον οι γραμμικές σχέσεις των λοιπών επεξηγηματικών μεταβλητών με την μεταβλητή των λιμένων Πειραιά και Ραφήνας έχουν αφαιρεθεί από το υπόδειγμα.

Αντίστοιχα, ο συντελεστής της μέσης ετήσιας πληθυσμιακής αύξησης ($\beta_3=-1,087$), δηλώνει ότι η μέση ετήσια μεταβολή της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά μειώνεται κατά περίπου έναν (01) επιβάτη για μια αύξηση της μέσης πληθυσμιακής αύξησης της χώρας κατά ένα (01) άτομο.

Τέλος, ο συντελεστής της τετραγωνικής ρίζας του διαθέσιμου εισοδήματος ($\beta_4=490,729$), δηλώνει ότι η μέση ετήσια μεταβολή της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά αυξάνει περίπου κατά 491 επιβάτες για μια αύξηση του διαθέσιμου εισοδήματος κατά μια (01) μονάδα. Ωστόσο, δεδομένου ότι η μεταβλητή του διαθέσιμου εισοδήματος έχει μετασχηματιστεί και χρησιμοποιείται η τετραγωνική ρίζα, η αύξηση κατά μια μονάδα αναφέρεται στην κλίμακα της τετραγωνικής ρίζας. Έτσι, αντί να αναφερόμαστε στο κατά πόσο αυξάνεται η ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά όταν το διαθέσιμο εισόδημα αυξηθεί κατά μια μονάδα, αναφερόμαστε στο κατά πόσο αυξάνεται η ζήτηση όταν η τετραγωνική ρίζα του διαθέσιμου εισοδήματος αυξηθεί κατά μια μονάδα. Για παράδειγμα, εάν η ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά αυξηθεί από 4 σε 9 αυτή είναι η αλλαγή μιας μονάδας στην κλίμακα της τετραγωνικής ρίζας καθόσον η τετραγωνική ρίζα του 4 είναι το 2 και η τετραγωνική ρίζα του 9 είναι το 3 κ.λπ..

Οι συντελεστές συσχέτισης (Coefficients Correlations), και οι συνδιακυμάνσεις των ανεξάρτητων μεταβλητών φαίνονται επίσης στον πίνακα 4. Οι τιμές στον πίνακα συσχετίσεων κυμαίνονται από -1 έως 1 . Επιπλέον, το πρόσημο των συντελεστών δεικνύει την κατεύθυνση της σχέσης (θετική ή αρνητική). Η απόλυτη τιμή του συντελεστή συσχέτισης δεικνύει την δύναμη της σχέσης, με υψηλές απόλυτες τιμές να φανερώνουν ισχυρή γραμμική σχέση. Η σημαντικότητα ωστόσο των συντελεστών συσχέτισης έγκειται στο γεγονός ότι οι μεγάλες τιμές στους συντελεστές μεταξύ κάποιων μεταβλητών δημιουργούν προβλήματα πολυσυγγραμμικότητας. Στην περίπτωσή μας παρατηρείται μια σχετικά μεγάλη τιμή στο συντελεστή συσχέτισης μεταξύ της μεταβλητής της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας και της μεταβλητής της τετραγωνικής ρίζας του διαθέσιμου εισοδήματος ($-0,878$), γεγονός που ενδεχομένως προκαλεί πρόβλημα πολυσυγγραμμικότητας.

Παράλληλα, έχουμε και τον πίνακα συνδιακύμανσης των ανεξάρτητων μεταβλητών (πίνακας 4), όπου οι τιμές των διακυμάνσεων φαίνονται στην κυρία

διαγώνιο του πίνακα και των συνδιακυμάνσεων πάνω και κάτω από την κύρια διαγώνιο. Ο συντελεστής συνδιακύμανσης είναι μέτρο της σχέσης μεταξύ δύο μεταβλητών, όπου στην περίπτωση που η τιμή αυτή βρίσκεται κοντά στο μηδέν τότε δεν υπάρχει σχέση μεταξύ των μεταβλητών. Στην περίπτωσή μας υπάρχει ισχυρή σχέση μεταξύ της μεταβλητής της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας και της μεταβλητής της τετραγωνικής ρίζας του διαθέσιμου εισοδήματος (-113,488). Ωστόσο το αρνητικό της στατιστικής είναι ότι επηρεάζεται από τις τιμές – μονάδες μέτρησης των μεταβλητών και γι' αυτό δεν είναι συγκρίσιμος δείκτης.

Επιπλέον, ελέγχουμε την μηδενική υπόθεση ότι ο μερικός συντελεστής παλινδρόμησης για κάποια μεταβλητή είναι μηδέν χρησιμοποιώντας την στατιστική t και το παρατηρούμενο επίπεδο σημαντικότητας. Για να βρούμε την στατιστική t διαιρούμε την εκτιμούμενη τιμή του συντελεστή με το τυπικό σφάλμα του.

Από τα αποτελέσματα του πίνακα 4, μπορούμε να απορρίψουμε την μηδενική υπόθεση ότι οι συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών είναι ίσες με το μηδέν. Επίσης, παρατηρούμε ότι όλες οι επεξηγηματικές μεταβλητές, πλην της μέσης ετήσιας πληθυσμιακής αύξησης, έχουν θετικούς συντελεστές, που σημαίνει ότι η μέση ετήσια ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά αυξάνεται με την παράλληλη αύξηση των τιμών των λοιπών ανεξάρτητων επεξηγηματικών μεταβλητών με θετικούς συντελεστές εκτός της περίπτωσης της επεξηγηματικής μεταβλητής της μέσης ετήσιας πληθυσμιακής αύξησης.

Ειδικότερα, ο θετικός συντελεστής, για παράδειγμα, της επεξηγηματικής μεταβλητής του διαθέσιμου εισοδήματος είναι αναμενόμενος δεδομένου ότι κάποιος θα ανέμενε αύξηση της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών στο λιμένα Πειραιά παράλληλα με την αύξηση του διαθέσιμου εισοδήματος του πληθυσμού. Αντίθετα, **μη αναμενόμενος** είναι ο αρνητικός συντελεστής της μέσης ετήσιας πληθυσμιακής αύξησης, ο οποίος ουσιαστικά δηλώνει ότι όσο αυξάνεται ο πληθυσμός της ενδοχώρας

που εξυπηρετεί ο λιμένας του Πειραιά τόσο μειώνεται η ζήτηση των λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του.

Στην πολλαπλή παλινδρόμηση η ερμηνεία των συντελεστών είναι πολύπλοκη, δεδομένου ότι κάθε συμπέρασμα για κάποια συγκεκριμένη ανεξάρτητη μεταβλητή εξαρτάται από την σχέση της συγκεκριμένης μεταβλητής, τόσο με την εξαρτημένη όσο και με τις λοιπές ανεξάρτητες μεταβλητές του υποδείγματος.

Έτσι, παρατηρώντας το πίνακα 5, ο οποίος είναι ο πίνακας συσχέτισης (Pearson) όλων των μεταβλητών του υποδείγματος, έχουμε τα εξής:

Στην πρώτη γραμμή του πίνακα έχουμε τους παρατηρούμενες συντελεστές συσχέτισης για κάθε ζευγάρι μεταβλητών. Η δεύτερη γραμμή του πίνακα περιέχει το παρατηρούμενο επίπεδο σημαντικότητας για όλους τους συντελεστές.

Ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά και του λιμένα Ραφήνας είναι 0,950. Βασιζόμενοι στο παρατηρούμενο επίπεδο σημαντικότητας, μπορούμε να απορρίψουμε την μηδενική υπόθεση ότι δεν υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών. Ομοίως, ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά και του διαθέσιμου Εισοδήματος (sqrt), είναι 0,945 ως εκ τούτου και στην περίπτωση αυτή μπορούμε να απορρίψουμε την μηδενική υπόθεση ότι δεν υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών. Από τον πίνακα 5 λοιπόν παρατηρούμε ότι όλες οι μεταβλητές ξεχωριστά σχετίζονται με την ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά. Παρόλα αυτά, στην εξίσωση παλινδρόμησης ο συντελεστής της μέσης ετήσιας πληθυσμιακής αύξησης δεν είναι σημαντικά διαφορετικός του μηδενός, δεδομένου ότι έχει τιμή (-1,087).

Η εξήγηση είναι πολύ απλή. Στον πίνακα συσχέτισεως παρατηρούμε ότι οι ανεξάρτητες μεταβλητές έχουν υψηλή συσχέτιση μεταξύ τους. Για παράδειγμα, ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ της μεταβλητής της μέσης ετήσιας πληθυσμιακής

αύξησης και της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας είναι 0,882.

Correlations

	Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Πειραιά	Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Ραφήνας	Πληθυσμιακή αύξηση στο μέσο του έτους	SQRDIATH	Ετήσια Επιβατική Κίνηση Αερολιμένα Αθηνών
Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Πειραιά	1,000	,950*	,764*	,945*	,516*
Pearson Correlation		,000	,000	,000	,004
Sig. (2-tailed)					
N	30	30	30	30	30
Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Ραφήνας	,950*	1,000	,882*	,973*	,631*
Pearson Correlation		,000	,000	,000	,000
Sig. (2-tailed)					
N	30	30	30	30	30
Πληθυσμιακή αύξηση στ μέσο του έτους	,764*	,882*	1,000	,882*	,720*
Pearson Correlation		,000	,000	,000	,000
Sig. (2-tailed)					
N	30	30	30	30	30
SQRDIATH	,945*	,973*	,882*	1,000	,616*
Pearson Correlation		,000	,000	,000	,000
Sig. (2-tailed)					
N	30	30	30	30	30
Ετήσια Επιβατική Κίνηση Αερολιμένα Αθηνών	,516*	,631*	,720*	,616*	1,000
Pearson Correlation		,004	,000	,000	,000
Sig. (2-tailed)					
N	30	30	30	30	30

** .Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Πίνακας 5 «Πίνακας συσχέτισης μεταβλητών υποδείματος»

Αντίστοιχα, ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ μέσης ετήσιας πληθυσμιακής αύξησης και διαθέσιμου εισοδήματος είναι 0,882. Αυτό σημαίνει ότι σε ένα υπόδειγμα παλινδρόμησης το οποίο περιέχει τη μεταβλητή της μέσης ετήσιας πληθυσμιακής αύξησης και το διαθέσιμο εισόδημα ως ανεξάρτητες μεταβλητές, οι δύο αυτές μεταβλητές δεν συνεισφέρουν μεγάλη πληροφορία. Μέρος της πληροφορίας που περιέχουν έχει ήδη προμηθευτεί το υπόδειγμα από τις λοιπές ανεξάρτητες μεταβλητές.

Όταν οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι συσχετισμένες μεταξύ τους, ο συντελεστής κάποιας συγκεκριμένης μεταβλητής εξαρτάται από τις υπόλοιπες μεταβλητές που περιλαμβάνονται στο υπόδειγμα.

2.3.3 Ανεκτικότητα (Tolerance) και Πολυσυγγραμμικότητα

Η δύναμη της γραμμικής συσχέτισης μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών μετριέται με την **στατιστική-δείκτη Tolerance** (ανεκτικότητα). Ουσιαστικά, η στατιστική αυτή χρησιμοποιείται για να διαπιστώσουμε κατά πόσον οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι γραμμικά εξαρτημένες μεταξύ τους, δηλαδή εάν υπάρχει πρόβλημα πολυσυγγραμμικότητας. Για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή η στατιστική Tolerance είναι η αναλογία της μεταβλητότητας της μεταβλητής η οποία δεν εξηγείται από τις γραμμικές συσχετίσεις με τις άλλες ανεξάρτητες μεταβλητές του υποδείγματος. Δεδομένου ότι η Tolerance είναι μια αναλογία, οι τιμές της κυμαίνονται από 0 έως 1. Μια τιμή κοντά στην μονάδα, φανερώνει ότι η ανεξάρτητη μεταβλητή έχει λίγη από την μεταβλητικότητα της που να εξηγείται από την άλλη ανεξάρτητη μεταβλητή. Μια τιμή κοντά στο μηδέν, φανερώνει ότι η μεταβλητή είναι σχεδόν γραμμικός συνδυασμός της άλλης ανεξάρτητης μεταβλητής, και στην περίπτωση αυτή τα δεδομένα καλούνται **πολυσυγγραμμικά**. Από τον πίνακα 4 έχουμε ότι η μεταβλητή της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας και η μεταβλητή της τετραγωνικής ρίζας του διαθέσιμου εισοδήματος έχουν τιμή $Tolerance = 0,051$ αμφότερες, γεγονός που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι υπάρχει πρόβλημα πολυσυγγραμμικότητας στο υπό κατασκευή υπόδειγμα.

Ο δείκτης **VIF** (Variance Inflation Factor) χρησιμοποιείται επίσης για να διαπιστώσουμε αν υπάρχει πρόβλημα πολυσυγγραμμικότητας και μεγαλώνει όταν ο δείκτης Tolerance μικραίνει. Συνήθως, ένα πρώτο φίλτρο αποτελεί η τιμή 5, ενώ ένα δεύτερο πιο ελαστικό φίλτρο είναι η τιμή 10, ενώ ανεξάρτητες μεταβλητές με δείκτη μεγαλύτερο του 10 συνιστάται να αποβάλλονται από το υπόδειγμα.

Υπάρχουν δύο επιπλέον τρόποι για να ελέγξουμε την πολυσυγγραμμικότητα στα δεδομένα μας. Ειδικότερα, στον πίνακα 6, έχουμε **α)** εάν ορισμένες τιμές του δείκτη **Eigenvalue (ιδιοτιμή)**, είναι κοντά στο μηδέν, όπως συμβαίνει στην περίπτωσή μας,

τότε οι μεταβλητές αλληλοσυσχετίζονται ισχυρά και η πολυσυγγραμμικότητα μπορεί να είναι ένα πρόβλημα, και β) εάν η τιμή του δείκτη *Condition Index* (τετραγωνική ρίζα της μεγαλύτερης τιμής *eigenvalue* με κάθε διαδοχικό *eigenvalue*) είναι μεγαλύτερη του 15 υπάρχει πιθανό πρόβλημα, ενώ για τιμές μεγαλύτερες του 30, όπως συμβαίνει με την περίπτωσή μας, τότε υπάρχει σοβαρό πρόβλημα πολυσυγγραμμικότητας, η οποία προκαλεί σοβαρά υπολογιστικά προβλήματα.

Επιπρόσθετα, εφόσον οι μεταβλητές μας είναι πολυσυγγραμμικές, μπορεί να βρούμε ότι αν και μπορούμε να απορρίψουμε την μηδενική υπόθεση ότι όλοι οι συντελεστές είναι ίσοι με μηδέν βασιζόμενοι στην στατιστική F, ωστόσο, βασιζόμενοι στην στατιστική t μπορούμε να βρούμε ότι κανένας από τους συντελεστές του υποδείγματος δεν είναι σημαντικά διαφορετικός του μηδενός.

Παράλληλα, μπορεί να συναντήσουμε συντελεστές **με λάθος πρόσημο**. Έτσι, για παράδειγμα στον πίνακα 5, παρατηρήσαμε ότι η μέση ετήσια πληθυσμιακή αύξηση είναι θετικά συσχετισμένη με την ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά, ωστόσο με βάση τα αποτελέσματα της εκτιμούμενης εξίσωσης παλινδρόμησης η σχέση μεταξύ των δύο αυτών μεταβλητών είναι αρνητική. **Σε μια τέτοια περίπτωση θα πρέπει να προσδιορίσουμε τις μεταβλητές οι οποίες είναι σχεδόν γραμμικά συσχετισμένες μεταξύ τους και να μετακινήσουμε κάποιες από αυτές από το υπόδειγμα.**

Ωστόσο, εάν οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι πολύ υψηλά σχετισμένες **μπορεί να μην είμαστε σε θέση να εκτιμήσουμε ένα υπόδειγμα παλινδρόμησης το οποίο να τις περιέχει όλες.**

Collinearity Diagnostiēs

Model	Dimension	Eigenvalue	Condition Index	Variance Proportions				
				(Constant)	Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Ραφήνας	Πλυθησµακή αύξηση στο µέσο του έτους	Ετήσια Επιβατική Κίνηση Αερολιμένα Αθηνών	Διαθέσιµο Εισόδηµα
1	1	4,465	1,000	,00	,00	,00	,00	,00
	2	,467	3,091	,00	,00	,00	,00	,08
	3	5,532E-02	8,984	,00	,00	,00	,75	,02
	4	1,166E-02	19,567	,00	,55	,00	,08	,77
	5	2,690E-04	128,840	,99	,45	1,00	,17	,12
2	1	3,530	1,000	,00	,00	,00		,00
	2	,457	2,778	,00	,00	,00		,08
	3	1,258E-02	16,752	,01	,48	,00		,78
	4	3,231E-04	104,519	,99	,52	1,00		,14

^a. Dependent Variable: Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Πειραιά

Πίνακας 6 «Πίνακας ελέγχου πολυσυγγραμμικότητας»

2.3.4 Επανεκτίμηση του υποδείγματος

Όπως ήδη προαναφέρθηκε δύο ή περισσότερες μεταβλητές οι οποίες είναι ισχυρά συσχετισμένες μεταξύ τους δεν συνεισφέρουν μεγάλη πληροφορία στην εξαρτημένη μεταβλητή, δηλαδή μέρος της πληροφορίας που περιέχουν έχει ήδη προμηθευτεί στην εξαρτημένη μεταβλητή από τις λοιπές ανεξάρτητες μεταβλητές. Μια τέτοια ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών οδηγεί σε πολυσυγγραμμικότητα και τα συνακόλουθα, όπως ήδη αναφέραμε, προβλήματά της.

Προκειμένου να λυθεί το πρόβλημα της πολυσυγγραμμικότητας και να πάρουμε όσο το δυνατό καλύτερες εκτιμήσεις του υποδείγματος επαναπροσδιορίζουμε το

υπόδειγμα με την απαλοιφή μιας ή περισσότερων ερμηνευτικών μεταβλητών. Δεν είναι όμως γενικά φανερό ποιες είναι οι μεταβλητές που πρέπει να απαλειφούν.⁽⁸⁾

Από τον έλεγχο που διενεργήθηκε στο σύνολο των ανεξάρτητων μεταβλητών με γνώμονα τη στατιστική σημαντικότητα των συντελεστών των υπό εξέταση μεταβλητών, τον έλεγχο πολυσυγγραμμικότητας, τις τιμές του συντελεστή προσδιορισμού κ.λπ. καταλήξαμε στο κατωτέρω υπόδειγμα του πίνακα 7, το οποίο περιέχει ως ανεξάρτητες μεταβλητές τη ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας και την ετήσια επιβατική κίνηση του αερολιμένα Αθηνών.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να επισημανθεί ότι στον πίνακα 7, η στατιστική t έχει τιμή ($t = -1,936$). Παράλληλα, γνωρίζουμε ότι, ένας οδηγός καλών εκτιμητών του υποδείγματος αποτελεί η τιμή t η οποία θα πρέπει να παίρνει τιμές μικρότερες του -2 και μεγαλύτερες του $+2$. Η τιμή της t είναι οριακά κοντά στο -2 , ωστόσο ελαττώνοντας τις απαιτήσεις από το υπόδειγμα προχωράμε στην κατασκευή του παρακάτω υποδείγματος το οποίο ουσιαστικά παρουσιάζει και τα λιγότερα προβλήματα

Η εκτιμώμενη εξίσωση παλινδρόμησης μπορεί να γραφεί ως εξής:

$$(P_{pir}) = 3.739.240,8 + 3,612 (P_{raf}) - 0,163 (Path)$$

Ειδικότερα, η παρατηρούμενη τιμή του συντελεστή προσδιορισμού ($R^2=91,5$) είναι μια σχετικά υψηλή τιμή, φανερώνοντας ότι το υπόδειγμα δίνει καλές προβλέψεις. Επίσης, παρατηρούμε ότι η μεταβλητή της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας έχει θετικό συντελεστή, ενώ αντίστοιχα ο συντελεστής της ζήτησης επιβατικών υπηρεσιών του αερολιμένα Αθηνών είναι αρνητικός.

⁽⁸⁾ ΧΡΗΣΤΟΥ Γ. (1993) “Εισαγωγή στην οικονομετρία (τόμος 1)”, ΑΘΗΝΑ σελ.280

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Ετήσια Επιβατική Κίνηση Αερολιμένα Αθηνών, Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Ραφήνας ^a		Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Πειραιά

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,956 ^a	,915	,908	465960,77	1,238

a. Predictors: (Constant), Ετήσια Επιβατική Κίνηση Αερολιμένα Αθηνών, Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Ραφήνας

b. Dependent Variable: Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Πειραιά

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6,279E+13	2	3,13937E+13	144,592	,000 ^a
	Residual	5,862E+12	27	217119442629		
	Total	6,865E+13	29			

a. Predictors: (Constant), Ετήσια Επιβατική Κίνηση Αερολιμένα Αθηνών, Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Ραφήνας

b. Dependent Variable: Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Πειραιά

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	3739240,867	256424,620		14,582	,000		
	Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Ραφήνας	3,612	,252	1,039	14,323	,000	,601	1,663
	Ετήσια Επιβατική Κίνηση Αερολιμένα Αθηνών	-,163	,084	-,140	-1,936	,063	,601	1,663

a. Dependent Variable: Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Πειραιά

Coefficient Correlations^a

Model		Ετήσια Επιβατική Κίνηση Αερολιμένα Αθηνών	Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Ραφήνας
1	Correlations		
		Ετήσια Επιβατική Κίνηση Αερολιμένα Αθηνών	Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Ραφήνας
		1,000	-,631
		-,631	1,000
	Covariances		
		Ετήσια Επιβατική Κίνηση Αερολιμένα Αθηνών	Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Ραφήνας
		7,103E-03	-1,342E-02
		-1,342E-02	6,361E-02

a. Dependent Variable: Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Πειραιά

Collinearity Diagnostics^a

Model	Dimension	Eigenvalue	Condition Index	Variance Proportions		
				(Constant)	Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Ραφήνας	Ετήσια Επιβατική Κίνηση Αερολιμένα Αθηνών
1	1	2,866	1,000	,01	,01	,01
	2	8,801E-02	5,706	,67	,53	,00
	3	4,593E-02	7,900	,31	,46	,99

a. Dependent Variable: Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Πειραιά

Πίνακας 7 «Αποτελέσματα επανεκτίμησης υποδείγματος»

Από τον πίνακα 7, έχουμε επίσης την στατιστική *Durbin – Watson*, η οποία χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ύπαρξης ή μη αυτοσυσχέτισης (παραβίαση της αρχή της ανεξαρτησίας των καταλοίπων). Τιμές της στατιστικής κοντά στο 2 επιβεβαιώνουν την υπόθεση της ανεξαρτησίας. Αντίθετα τιμές από 2 έως 4 δηλώνουν την ύπαρξη αρνητικής αυτοσυσχέτισης η οποία ενισχύεται όσο οι τιμές της πλησιάζουν στο 4, ενώ τιμές από 0 έως 2 σημαίνουν την ύπαρξη θετικής αυτοσυσχέτισης η οποία ενισχύεται όσο οι τιμές της πλησιάζουν στο 0. Στην περίπτωση μας η τιμή D.W.= 1,238, δηλώνει την ύπαρξη θετική αυτοσυσχέτισης.

Ο συντελεστής συσχέτισης (Coefficients Correlations) των ανεξάρτητων μεταβλητών είναι (-0,631), γεγονός που δεικνύει μια σχετική αρνητική γραμμική σχέση. Επιπλέον, στην περίπτωσή μας παρατηρείται μια σχετικά μεγάλη τιμή στο συντελεστή συσχέτισης μεταξύ της μεταβλητής της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας και της μεταβλητής της ζήτησης επιβατικών υπηρεσιών του αερολιμένα Αθηνών γεγονός το οποίο ενδεχομένως να προκαλεί πρόβλημα πολυσυγγραμμικότητας.

Η τιμή $Tolerance = 0,601$ και η τιμή του δείκτη **VIF** (Variance Inflation Factor $= 1,663$), ωστόσο μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι ενδεχομένως δεν υφίσταται τέτοιο πρόβλημα.

Η παραπάνω διαπίστωση ενισχύεται και από τα αποτελέσματα των δεικτών *Eigenvalue* (ιδιοτιμή $= 0,04593$) και *Condition Index* $= 7,9$.

2.3.5 Διαγνωστικός έλεγχος υποδείγματος

Θα χρησιμοποιήσουμε τα κατάλοιπα αλλά και άλλους διαγνωστικούς ελέγχους για να ελέγξουμε τις παραβιάσεις των υποθέσεων παλινδρόμησης αλλά και ενδεχομένως να σημειώσουμε κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά στα δεδομένα μας τα οποία είναι αρκετές φορές, ασυνήθιστα.

2.3.5.1 Έλεγχος κανονικότητας

Χρησιμοποιούμε τα κατάλοιπα για να δούμε εάν παραβιάζονται οι υποθέσεις της παλινδρόμησης διότι είναι εύκολο με τον τρόπο αυτό να εντοπίσουμε ασυνήθιστα στοιχεία στα δεδομένα μας.

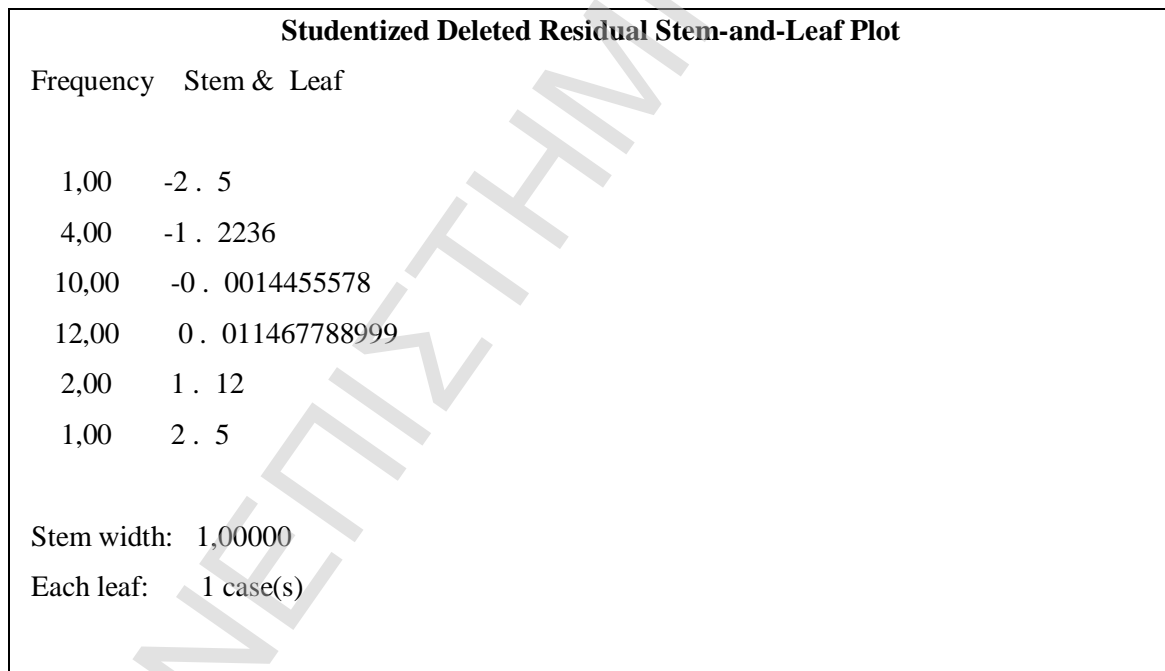
Εφόσον το δείγμα προσεγγίζει ή είναι μεγαλύτερο από τις 30 παρατηρήσεις, η κατανομή των καταλοίπων θα πρέπει να είναι προσεγγιστικά η κανονική κατανομή, ενώ ο έλεγχος πραγματοποιείται με το διάγραμμα Stem-and-Leaf. Όπως φαίνεται και από το γράφημα 7, η κατανομή όπως φαίνεται είναι σχεδόν συμμετρική προσεγγίζοντας την κανονική κατανομή.

Επιπρόσθετα, τα θηκογράμματα (Box plots), είναι διαγραμματικές απεικονίσεις οι οποίες συνοψίζουν υπό μορφή γραφήματος, βασικά περιγραφικά μέτρα μιας

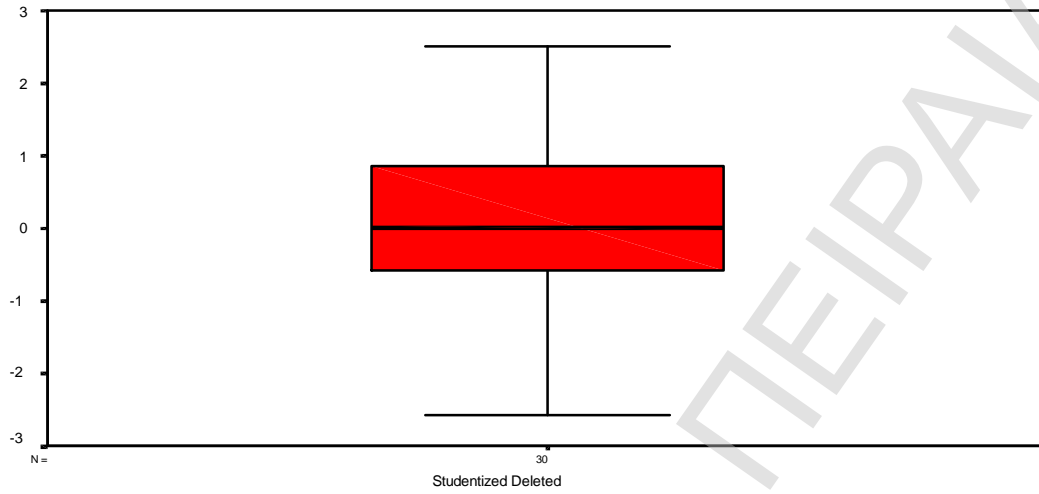
κατανομής, όπως η διάμεσος, τα τεταρτημόρια, το ενδοτεταρτημοριακό εύρος και οι ακραίες τιμές. Επίσης, μπορούν να προϋδεάσουν για τη σχηματική μορφή της κατανομής ως προς την ασυμμετρία που πιθανώς αυτή εμφανίζει.

Στο γράφημα 8, παρατηρούμε ότι η κατανομή είναι περίπου συμμετρική, δεδομένου ότι η διάμεσος είναι περίπου στο μέσο του γραφήματος.

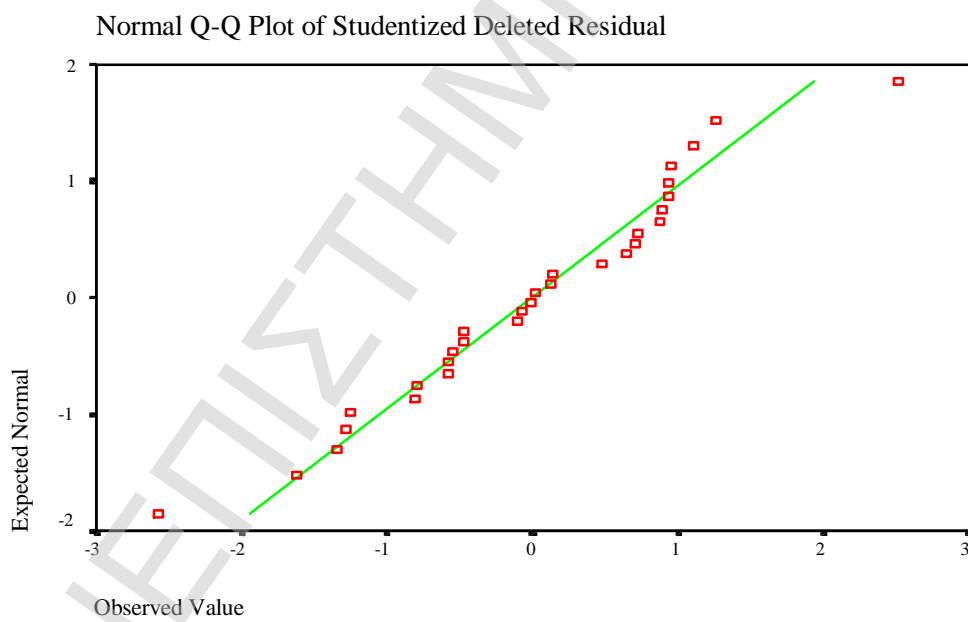
Στο γράφημα 9, έχουμε το Q-Q διάγραμμα καταλοίπων. Τα γραφήματα τύπου Q-Q, παριστάνουν τα εκατοστημόρια (ποσοστιαία σημεία), της παρατηρούμενης ως προς την αναμενόμενη κατανομή. Εφόσον τα κατάλοιπα προέρχονται από κανονικό πληθυσμό τότε προσεγγιστικά βρίσκονται πλησίον της ευθείας γραμμής, κάτι που φαίνεται σε ικανοποιητικό βαθμό στο γράφημα 9.



Γράφημα 7 «Stem –and- Leaf καταλοίπων»



Γράφημα 8 «Θηκόγραμμα καταλοίπων»



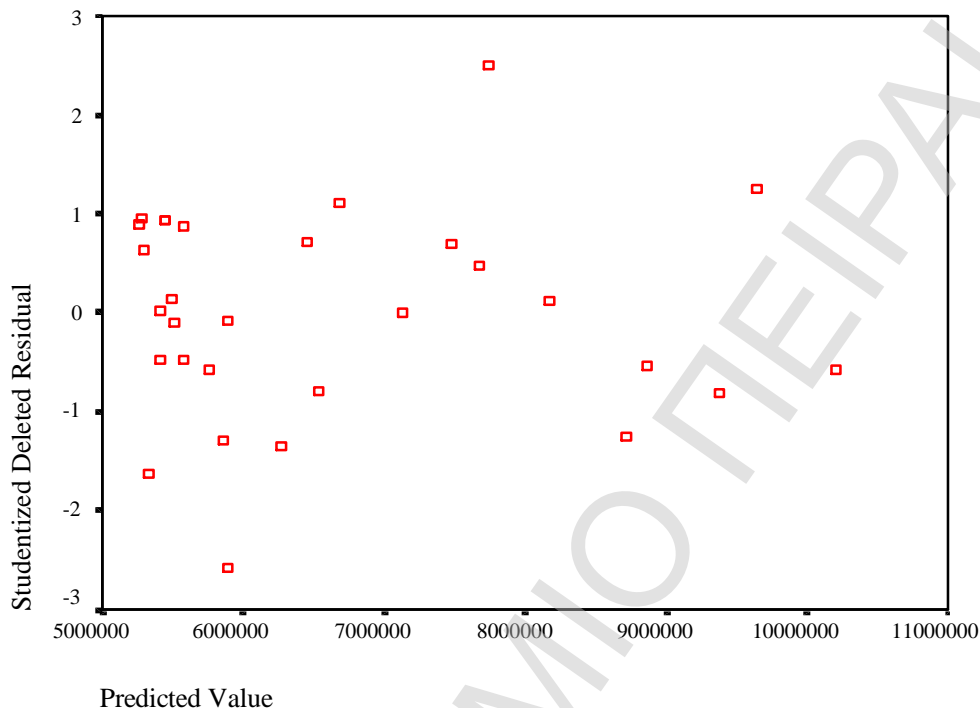
Γράφημα 9 «Q-Q διάγραμμα καταλοίπων»

2.3.5.2 Έλεγχος καταλοίπων

Το γράφημα 10 είναι ένα γράφημα των προβλεπόμενων (ή εκτιμώμενων) τιμών και των καταλοίπων. Εάν θεωρήσουμε μια νοητή γραμμή στο μηδέν (0), παρατηρούμε ότι περισσότερα από τα κατάλοιπα βρίσκονται σε μια οριζόντια περίπου λωρίδα και από τις δύο πλευρές γύρω από το μηδέν. Το συγκεκριμένο διάγραμμα διασποράς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πολλαπλούς σκοπούς. Καταρχήν, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της ομοσκεδαστικότητας, τη ισότητα δηλαδή των διακυμάνσεων των διαφόρων υποπληθυσμών της Y που αντιστοιχούν στις τιμές της X .

Σύμφωνα με το διάγραμμα η διασπορά των καταλοίπων είναι σχετικά σταθερή, ορίζοντας μια «οριζόντια ζώνη» σημείων σταθερού εύρους (όπως αυτή του διαγράμματος), τότε η απαίτηση της ομοσκεδαστικότητας δεν παραβιάζεται και η καταλληλότητα του υποδείγματος της γραμμικής παλινδρόμησης θεωρείται επαρκώς τεκμηριωμένη.

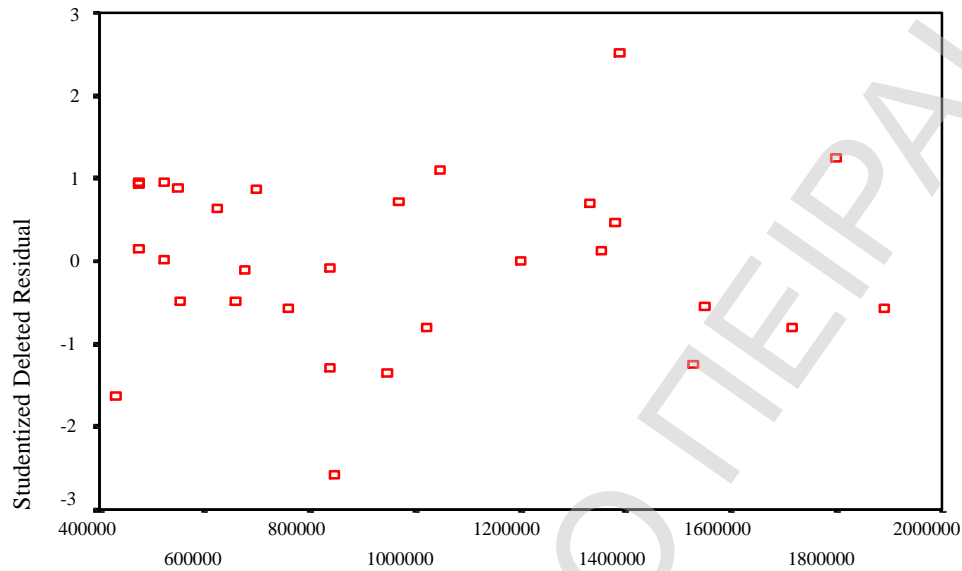
Έτσι, από το γράφημα 10, παρατηρούμε ότι η υπόθεση της ομοσκεδαστικότητας δεν παραβιάζεται.



Γράφημα 10 «Διάγραμμα Καταλοίπων σε σχέση με τις προβλεπόμενες τιμές»

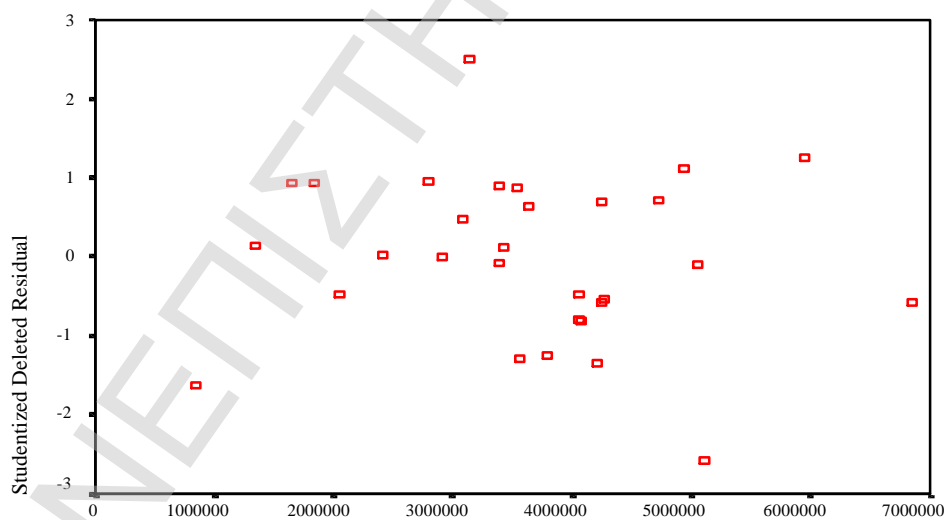
Εάν το υπόδειγμα παλινδρόμησης είναι σωστό, τότε στο γράφημα των καταλοίπων έναντι των τιμών των ανεξάρτητων μεταβλητών του υποδείγματος δεν θα πρέπει να παρατηρηθεί κάποια σχέση. Σε διαφορετική περίπτωση η σχέση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητης μεταβλητής μπορεί ενδεχομένως να μην είναι γραμμική.

Τα κατωτέρω γραφήματα 11 και 12, είναι διαγράμματα των καταλοίπων έναντι της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας και της ζήτησης επιβατικών υπηρεσιών του αερολιμένα Αθηνών. Παρατηρούμε ότι τα κατάλοιπα και στα δύο διαγράμματα είναι τυχαία κατανεμημένα γύρω από το μηδέν, οπότε συμπεραίνουμε ότι η σχέση της εξαρτημένης και των ανεξάρτητων μεταβλητών είναι γραμμική.



Ετήσια Επιβατική Κίνηση Λιμένα Ραφήνας

Γράφημα 11 «Διάγραμμα Καταλοίπων σε σχέση με ανεξάρτητη μεταβλητή»



Ετήσια Επιβατική Κίνηση Αερολιμένα Αθηνών

Γράφημα 12 «Διάγραμμα Καταλοίπων σε σχέση με ανεξάρτητη μεταβλητή»

2.4 Αποτελέσματα

Η έρευνα για τον εντοπισμό των παραγόντων που είναι δυνατό να επηρεάζουν την ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά, η μέτρηση του βαθμού που κάθε διαφορετικός παράγοντας επηρεάζει την σχέση αυτή, καθώς και ο προσδιορισμός του είδους της σχέσης, μας οδήγησε στο παρακάτω υπόδειγμα:

$$(Ppir) = 3.739.240,8 + 3,612 (Praf) - 0,163 (Path)$$

Από την παραπάνω σχέση έχουμε καταρχήν ότι, ο συντελεστής της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας ($\beta_1=3,612$,) είναι θετικός δηλώνοντας ότι η μέση ετήσια μεταβολή της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά αυξάνει περίπου κατά 3,612 επιβάτες για μια αύξηση κατά έναν επιβάτη της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας (ή περίπου 36 επιβάτες για μια αύξηση κατά 10 επιβάτες της επιβατικής κίνησης του λιμένα Ραφήνας), εφόσον η γραμμική σχέση της μεταβλητής του αερολιμένα Αθηνών με τις μεταβλητές των λιμένων Πειραιά και Ραφήνας έχει αφαιρεθεί από το υπόδειγμα.

Παράλληλα, ο συντελεστής της ζήτησης επιβατικών υπηρεσιών του αερολιμένα Αθηνών ($\beta_2= -0,163$) είναι αρνητικός δηλώνοντας ότι η μέση ετήσια μεταβολή της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά μειώνεται κατά περίπου 0,163 επιβάτες για μια αύξηση της ετήσιας ζήτησης επιβατικών υπηρεσιών του αερολιμένα Αθηνών κατά ένα άτομο(ή περίπου 3 επιβάτες για μια αύξηση κατά 20 επιβάτες της ετήσιας επιβατικής κίνησης του αερολιμένα Αθηνών), εφόσον επίσης η γραμμική σχέση της μεταβλητής του λιμένα Ραφήνας με τις μεταβλητές του αερολιμένα Αθηνών και του λιμένα Πειραιά έχει αφαιρεθεί από το υπόδειγμα . **Είναι φανερό ότι η παραπάνω σχέση καθορίζει ανάλογα τις τιμές των προβλέψεων του υποδείγματος.**

3. Εποχικές διακυμάνσεις στη ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά και πρόβλεψη της ζήτησης με την μέθοδο της Εποχικής Αποσύνθεσης

Χρονολογική σειρά ή χρονοσειρά, είναι η σειρά των τιμών τις οποίες λαμβάνει μια μεταβλητή σε διαδοχικές χρονικές στιγμές και περιόδους.

Μια χρονολογική σειρά, που μετριέται περισσότερο από μία φορά το χρόνο (π.χ. σε μηνιαία, τριμηνιαία ή σε ημερήσια διαστήματα), λέγεται ότι περιέχει εποχικά συστατικά όταν υπάρχουν συστηματικά μοντέλα στα υπό μέτρηση σημεία (εποχές) των σειρών, μέσα στο έτος. Η εποχική συνιστώσα έχει περίοδο το έτος, δεδομένου ότι εντός αυτού εξαντλεί όλες τις ανοδικές και ισοδύναμες καθοδικές κινήσεις της. Η κύμανσή της είναι **περιοδική**, δεδομένου ότι επαναλαμβάνεται ρυθμικά σε όλες τις ετήσιες περιόδους στις οποίες η χρονολογική σειρά λαμβάνει τιμές. Ονομάζεται εποχική κύμανση, διότι συνδέεται με τις εποχές αλλά η γενεσιουργός αιτία της δεν είναι πάντοτε το κλίμα. Η εποχική λοιπόν κύμανση των χρονολογικών σειρών οφείλει την ύπαρξή της σε επιδράσεις συστηματικών παραγόντων οι οποίοι διακρίνονται σε κλιματολογικούς και μη κλιματολογικούς. Στους πρώτους περιλαμβάνονται η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, η ηλιοφάνεια, η βροχοπτώσεις κ.λπ, ενώ οι κυριότεροι από τους δεύτερους είναι τα έθιμα και γενικώς οι πάσης φύσεως συνήθειες (π.χ. αποστολή ευχετήριων καρτών κατά την περίοδο των Χριστουγέννων και του Πάσχα)⁽⁹⁾.

Η εποχική κύμανση αποκαλύπτεται μόνο σε χρονολογικές σειρές οι οποίες λαμβάνουν τουλάχιστον δύο τιμές εντός έκαστου έτους (π.χ. εξαμηνιαίες, τετραμηνιαίες, τριμηνιαίες κ.λπ). Η πλέον συνήθης περιοδική βραχυχρόνια κύμανση είναι η δωδεκάμηνη εποχική κίνηση όπου η χρονική περίοδο της κύμανσης εκτείνεται σε ένα έτος. Εντός έκαστης ετήσιας περιόδου η εποχική κύμανση διαμορφώνει ανοδικές και καθοδικές φάσεις, οι οποίες επαναλαμβάνονται σε όλες ανεξαιρέτως της

ετήσιες περιόδους είτε πανομοιότυπα είτε με παραλλαγές. Γενικά, εντός έκαστης ετήσιας περιόδου οι ανοδικές φάσεις της εποχικής κύμανσης είναι ισοδύναμες με τις καθοδικές με την έννοια ότι οι ποσοτικές επιδράσεις τους αλληλοεξουδετερώνονται.

Αυτές οι συστηματικές αλλαγές μπορούν ή δεν μπορούν, να είναι κανονικές λόγω των διαφορετικών περιστάσεων στις οποίες παράγοντες όπως η τεχνολογία, η πολιτική, κ.λπ., μπορούν να είναι ισχυρές. Στη επιβατική κίνηση η εποχικότητα μπορεί να προκύψει λόγω των παραγόντων που επηρεάζουν την ζήτηση για υπηρεσίες, δηλαδή η ζήτηση για μεταφορά επιβατών. Αυτοί είναι πιθανόν πρώτιστα, οι καιρικές συνθήκες και τα ημερολογιακά αποτελέσματα, όπως η αύξηση στην ζήτηση για μεταφορές κατά τη διάρκεια των αδειών του καλοκαιριού και των εορτών των Χριστουγέννων και του Πάσχα.

3.1 Κλασική Εποχική Αποσύνθεση (Seasonal Decomposition–Census Method I)

Η μέθοδος της **εποχικής αποσύνθεσης** χρησιμοποιείται συνήθως ως μέσο πρόβλεψης και σκοπός της είναι η απομόνωση των συνιστωσών της Εποχικής συνιστώσας, της συνιστώσας της Τάσης, της Κυκλικής συνιστώσας και της εναπομείνουσας μεταβλητότητας. Η σύνθεση των χρονολογικών σειρών από τις αναφερόμενες τέσσερις συνιστώσες προτάθηκε από τον W.M.Persons⁽⁹⁾. Η «κλασική» αυτή τεχνική, σχεδιάστηκε για να επιτύχει αυτήν την αποσύνθεση και είναι γνωστή ως μέθοδος Census I⁽¹⁰⁾. Η γενική ιδέα της εποχικής αποσύνθεσης περιγράφεται παρακάτω.

Όπως ήδη αναφέρθηκε μια χρονολογική σειρά μπορεί να θεωρηθεί ότι

⁽⁹⁾ ΤΖΩΡΤΖΟΠΟΥΛΟΣ Π.Θ., (1982) “Ανάλυσις Χρονολογικών Σειρών”, ΑΘΗΝΑ σελ. 33-38

⁽¹⁰⁾ Makridakis S. and S.C.Wheelwright, (1989), “Forecasting Methods for Management”

αποτελείται από τέσσερα διαφορετικά συστατικά:

α) την συνιστώσα της **Τάση**, συμβολίζετε ως T_t , όπου t είναι ένα συγκεκριμένο σημείο του χρόνου,

β) την **Εποχική συνιστώσα** η οποία συμβολίζετε ως S_t ,

γ) την **Κυκλική συνιστώσα**, συμβολίζετε ως C_t , και

δ) τον **Τυχαίο** όρο ή την **Ακανόνιστη συνιστώσα**, η οποία συμβολίζετε ως I_t .

Χωρίς αμφιβολία η *Τάση* (T_t), είναι μια ιδιαίτερας σημασίας συνιστώσα των χρονολογικών σειρών. Λόγω του μακροχρόνιου χαρακτήρα της η Τάση συνδέεται με την χρονική περίοδο που καλύπτουν οι διαθέσιμες παρατηρήσεις. Έτσι σε κάποια άλλη περίοδο δηλαδή μακρότερη και παλαιότερη ή μεταγενέστερη της εξεταζομένης, η όλη μορφή της τάσης ενδέχεται να διαφοροποιείται σημαντικά.

Οι γενεσιουργές αιτίες της τάσης είναι πολλές και διάφορες ανάλογα με την περίπτωση. Έτσι για παράδειγμα για την περίπτωση που μας ενδιαφέρει, αυτή μπορεί να οφείλεται στην αύξηση του εισοδήματος των καταναλωτών, την βελτίωση της προσφερόμενης ποιότητας υπηρεσιών από τις ναυτιλιακές εταιρείες και τα πλοία, την αύξηση του αριθμού των δρομολογημένων πλοίων, της ταχύτητας των πλοίων κ.λπ.

Η *Εποχική συνιστώσα* (S_t), είναι ειδική βραχυχρόνια κύμανση με κύρια χαρακτηριστικά το γεγονός ότι, **i)** η χρονική περίοδο της κύμανσης εκτείνεται σε ένα έτος, **ii)** εντός έκαστης ετήσιας περιόδου, η εποχική κύμανση διαμορφώνει ανοδικές και καθοδικές φάσεις οι οποίες επαναλαμβάνονται σε όλες ανεξαρτήτως της ετήσιας περιόδου, είτε πανομοιότυπα, είτε με παραλλαγές, και **iii)** εντός έκαστης ετήσιας περιόδου, οι ανοδικές φάσεις της εποχικής κυμάνσεως είναι ισοδύναμες με τις καθοδικές, με την έννοια ότι οι ποσοτικές επιδράσεις τους αλληλοεξουδετερώνονται πλήρως.

Η τυπική *Κυκλική συνιστώσα* (C_t), ορίζεται από δύο κάτω σημεία καμψής (trough), και ένα άνω σημείο καμψής (peak), το οποίο παρεμβάλλεται μεταξύ αυτών. Η ανοδική εξέλιξη της κυμάνσεως, μεταξύ του κάτω και άνω σημείου καμψής, ονομάζεται

ανοδική φάση ενώ η επόμενη καθοδική εξέλιξη μεταξύ του άνω σημείου καμπής και του ακολούθου κάτω σημείου καμπής, ονομάζεται καθοδική φάση της κυμάνσεως. Ο χρόνος μεταξύ δύο διαδοχικών κάτω ή άνω σημείων καμπής, αποτελεί την περίοδο ή διάρκεια ή χρονικό μήκος της κυκλικής κυμάνσεως. Η διάρκεια αυτών των κύκλων ποικίλλει. Ορισμένες κυκλικές κυμάνσεις διαρκούν από 2-3 έτη αλλά έχουν παρατηρηθεί και πιο μακροχρόνιες κυμάνσεις 7-12 ετών.⁽¹¹⁾

Σημειώνεται ότι, η διαφορά μεταξύ της κυκλικής και εποχικής συνιστώσας είναι ότι η τελευταία συντελείται σε κανονικά διαστήματα, ενώ η κυκλική συνιστώσα έχει συνήθως μεγαλύτερη διάρκεια η οποία ποικίλει από κύκλο σε κύκλο.

Ο *Τυχαίος όρος ή Ακανόνιστη συνιστώσα* (I_t), λαμβάνει τιμές, οι οποίες σε διαδοχικούς χρόνους διαμορφώνονται ως αποτέλεσμα τυχαίας δειγματοληψίας από ομοιογενή πληθυσμό. Η τυχαία συνιστώσα υπάρχει σε όλες της συνήθεις χρονολογικές σειρές, δεδομένου ότι οι τιμές των σειρών αυτών εκτός των άλλων τυχαίων επιδράσεων οι οποίες ίσως εμπεριέχουν, ενσωματώνουν και σφάλματα μετρήσεως, τα οποία κατά κανόνα διαμορφώνονται τυχαία και είναι αναπόφευκτα στην πράξη.

Η ακριβής συναρτησιακή σχέση με την οποία συνδέονται μεταξύ τους οι συνιστώσες των χρονολογικών σειρών δεν είναι δεδομένη. Ωστόσο, στην πράξη υποθέτουμε ότι οι συνιστώσες αυτές διαμορφώνουν τις τιμές των χρονολογικών σειρών κατά τρόπο προσθετικό, πολλαπλασιαστικό ή μικτό⁽¹²⁾. Πιο αναλυτικά:

Προσθετικό υπόδειγμα: Η τιμή της χρονολογικής σειράς Y κατά το μήνα j του έτους i , συμβολιζόμενη ως Y_{ij} συντίθεται προσθετικά από τις τέσσερις συνιστώσες της, ως εξής:

$$Y_{ij} = T_{ij} + C_{ij} + S_{ij} + I_{ij}$$

⁽¹¹⁾ ΤΖΩΡΤΖΟΠΟΥΛΟΣ Π.Θ., (1982) “Ανάλυσις Χρονολογικών Σειρών”, ΑΘΗΝΑ σελ. σελ. 35-36

⁽¹²⁾ ΤΖΩΡΤΖΟΠΟΥΛΟΣ Π.Θ., (1982) “Ανάλυσις Χρονολογικών Σειρών”, ΑΘΗΝΑ σελ. σελ. 44 -55

Σημειώνεται ότι, ειδικά για την εποχική συνιστώσα πρέπει να τονισθεί ότι οι επιδράσεις της είτε επαναλαμβάνονται σε όλα τα έτη οι ίδιες ακριβώς (σταθερό εποχικό πρότυπο), είτε μεταβάλλονται από έτος σε έτος. Ωστόσο, και στις δύο περιπτώσεις θα πρέπει να ικανοποιείται ο περιορισμός $\sum S_{ij} = 0$, δηλαδή, ότι οι ανοδικές και οι καθοδικές εποχικές κινήσεις αλληλοεξουδετερώνονται άλλοτε κατά προσέγγιση και άλλοτε πλήρως.

Πολλαπλασιαστικό υπόδειγμα: Στο πολλαπλασιαστικό υπόδειγμα οι συνιστώσες της Y συνδέονται πολλαπλασιαστικά, ως εξής:

$$Y_{ij} = T_{ij} * C_{ij} * S_{ij} * I_{ij}$$

Και στην περίπτωση του πολλαπλασιαστικού υποδείγματος οι εποχικές επιδράσεις αλληλοεξουδετερώνονται εντός του έτους. Ο περιορισμός που πρέπει να ικανοποιείται στην περίπτωση αυτή είναι της μορφής $\prod S_{ij} = 1$.

Πρέπει να τονισθεί ότι, στο προσθετικό υπόδειγμα οι επιδράσεις όλων των συνιστωσών είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους. Έτσι, στο υπόδειγμα αυτό η αύξηση ή η μείωση των τιμών έκαστης συνιστώσας, ούτε επηρεάζει τις τιμές των άλλων συνιστωσών, ούτε επηρεάζεται από αυτές. Ωστόσο, η ανεξαρτησία αυτή δεν ανταποκρίνεται πάντοτε στην πραγματικότητα. Στο πολλαπλασιαστικό υπόδειγμα οι συνιστώσες της χρονολογικής σειράς δεν είναι εντελώς ανεξάρτητες μεταξύ τους. Αυτό συμβαίνει διότι, οι απόλυτες επιδράσεις των κύκλων, της εποχής και των τυχαίων παραγόντων είναι ανάλογες προς τις τιμές των λοιπών συνιστωσών της σειράς.

Μικτό υπόδειγμα: Συχνά γίνεται μικτή χρήση του προσθετικού και πολλαπλασιαστικού τρόπου συνδέσεως των συνιστωσών των χρονολογικών σειρών, όπως για παράδειγμα συμβαίνει και στην παρακάτω περίπτωση:

$$Y_{ij} = T_{ij} * C_{ij} * S_{ij} + I_{ij}$$

Σε υποδείγματα αυτής της μορφής γίνεται αποδεκτό ότι η ετήσια τιμή της σειράς λαμβάνεται αθροιστικά από τις μηνιαίες τιμές της ή ότι το μέσο ετήσιο επίπεδο αυτής ισούται με το μέσο ετήσιο επίπεδο αυτής (δηλαδή $\sum Y_{ij}/12 =$ μέση ετήσια τιμή της Y).

Επειδή όμως οι εποχικές επιδράσεις πρέπει να αλληλοεξουδετερώνονται εντός του έτους, στους εποχικούς συντελεστές επιβάλλεται ο ακόλουθος προσθετικός περιορισμός:

$$\sum S_{ij} = 12 \text{ ή } 1200$$

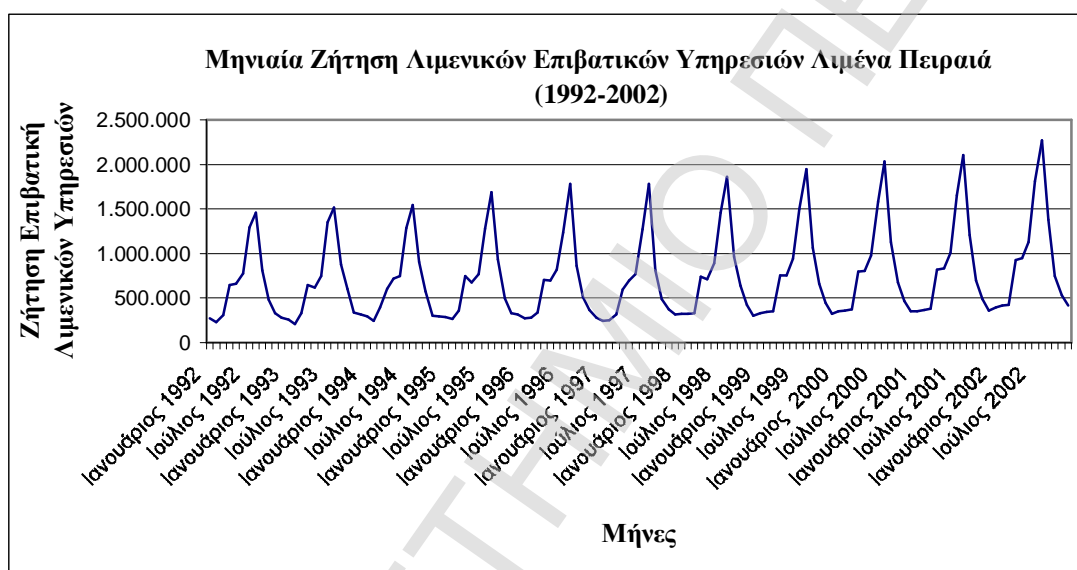
Ο παραπάνω περιορισμός σημαίνει ότι, ο μέσος αριθμητικός όρος των συντελεστών εποχικότητας έκαστου έτους ισούται με 1 ή 100.

Σημειώνεται ότι, εάν οι εποχικοί συντελεστές δεν ικανοποιούν τον πολλαπλασιαστικό περιορισμό $\prod S_{ij} = 1$ αλλά τον προσθετικό $\sum S_{ij} = 12$ ή 1200 (διαμορφώνουν δηλαδή τις μηνιαίες τιμές τους με πολλαπλασιαστική εποχική συνιστώσα και τις ετήσιες ως άθροισμα οπότε και οι συντελεστές S είναι δείκτες με βάση ίση με 1 ή 100), τα εν λόγω υποδείγματα δεν είναι γνήσια πολλαπλασιαστικά.

3.2 Ανάλυση δεδομένων

Για την ανάλυση, χρησιμοποιήθηκαν μηνιαία στοιχεία ενδεκαετίας για την ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά, και συγκεκριμένα για τα έτη από τον Ιανουάριο του 1992 έως το Δεκέμβριο του 2002. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν αφορούν την ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά από και προς τα νησιά των Κυκλάδων, του Βόρειου Αιγαίου, την Κρήτη, τα

Δωδεκάνησα καθώς και τα Κύθηρα και Αντικύθηρα και δεν περιλαμβάνουν ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών εξωτερικού του λιμένα καθώς και την ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του Αργοσαρωνικού και της πορθμειακής γραμμής Σαλαμίνας – Περάματος, οι οποίες καταχωρούνται ξεχωριστά, τόσο από το Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας, όσο και από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδας.



Πηγή: Υ.Ε.Ν.

Γράφημα 13 «Μηνιαία ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών λιμένα Πειραιά (Ιανουάριος 1992- Δεκέμβριος 2002)».

Οι μηνιαίες σειρές της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά παρουσιάζονται στο γράφημα 13, από το οποίο παρατηρείται μια καταρχήν ανοδική τάση στην ζήτηση κυρίως ως προς το ανώτερο όριο αυτής, ενώ παράλληλα παρατηρείται μια σταθερότητα στα κατώτερα επίπεδα της. Ωστόσο, το σημαντικότερο που παρατηρείται είναι η **έντονη περιοδικότητα** της ζήτησης.

Πιο συγκεκριμένα, παρατηρείται μια ετήσια περιοδικότητα στα δεδομένα μας, όπου η καμπύλη βρίσκεται στο κατώτερο σημείο της κατά τους χειμερινούς μήνες και στο υψηλότερο σημείο της κατά τους θερινούς μήνες για να επανέλθει πάλι στα χαμηλά της επίπεδα τον επόμενο χειμώνα. Το φαινόμενο αυτό φυσικά είναι αναμενόμενο, δεδομένου ότι είναι λογικό τα επίπεδα της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών να βρίσκονται σε υψηλά επίπεδα κυρίως κατά τους θερινούς μήνες. Πολλοί και σημαντικοί παράγοντες επηρεάζουν την ζήτηση του λιμένα Πειραιά κατά τους θερινούς μήνες με σημαντικότερους τις άριστες καιρικές συνθήκες που επικρατούν στα νησιά του Αιγαίου, τις καλοκαιρινές διακοπές που χορηγούνται στο σύνολο του πληθυσμού της περιόδου αυτή, το επίδομα καλοκαιρινής αδειας που χορηγείται στον πληθυσμό ως μέσο ενίσχυσης του οικογενειακού εισοδήματος, την αύξηση της ταχύτητας των πλοίων λόγω του υπέρμετρου ανταγωνισμού των ναυτιλιακών εταιρειών, την τάση που έχει δημιουργηθεί τα τελευταία χρόνια για πολλές και ολιγοήμερες διακοπές κ.λπ.

Ανεξάρτητα από την περιοδικότητα, όπως προαναφέρθηκε, παρατηρείται μια ανοδική τάση στην ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών κυρίως κατά τους θερινούς μήνες και χρόνο με το χρόνο (ανώτερο όριο), ενώ παράλληλα παρατηρείται μια σχετική σταθερότητα ως προς το επίπεδο της ζήτησης κατά τους χειμερινούς μήνες. Ειδικότερα, παρατηρείται μια σταθερότητα στην ζήτηση η οποία κυμαίνεται κάτω από τους 500.000 επιβάτες κατά τον μήνα Ιανουάριο όλων των ετών. Αντίθετα παρατηρείται μια αύξηση της τάξης του περίπου του ενός εκατομμυρίου επιβατών κατά τον μήνα Αύγουστο, για την ενδεκαετία που εξετάζουμε.

3.3 Η μεθοδολογία της εποχικής αποσύνθεσης (Census Method I)

Η μέθοδος της εποχικής αποσύνθεσης ξεκινά με την μετακίνηση από την σειρά του μέσου διαιρώντας κάθε ξεχωριστή τιμή της σειράς με τον μέσο της σειράς. Έστω,

$$X_t = Y_t / U, \text{ όπου } \begin{array}{l} X_t = \text{ νέα σειρά, } t \text{ μια συγκεκριμένη χρονική περίοδος} \\ Y_t = \text{ η αρχική σειρά} \\ U = \text{ ο μέσος της σειράς,} \end{array}$$

η διαδικασία αυτή δημιουργεί **μια νέα σειρά (Y_t) με τιμές κοντά στην μονάδα**. Στην συνέχεια υπολογίζεται ο **κινητός μέσος** της σειράς $M_t = \sum X_t$, με εύρος ίσο με το μήκος μιας περιόδου (στην περίπτωση που μας ενδιαφέρει το μήκος είναι ίσο με 12). Επισημαίνεται, ότι η χρήση του κινητού μέσου σε μια χρονολογική σειρά εξαλείφει την εποχική μεταβλητότητα.

Η επόμενη κίνηση είναι να υπολογίσουμε και να μετακινήσουμε την **Τάση** από την σειρά. Ο υπολογισμός πραγματοποιείται στην σειρά του κινητού μέσου με την βοήθεια των ελαχίστων τετραγώνων στο υπόδειγμα,

$$M_t = a + bt + e_t, \text{ όπου } \begin{array}{l} a \text{ είναι η σταθερά της εξίσωσης} \\ b \text{ είναι η κλίση της εξίσωσης, και} \\ e_t \text{ τα κατάλοιπα} \end{array}$$

Η γραμμική μορφή του παραπάνω υποδείγματος χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί η τάση. Έτσι χρησιμοποιούμε εξίσωση της μορφής $T_t = a + bt$, όπου T_t η τάση.

Η **Κυκλική συνιστώσα**, προσδιορίζεται διαιρώντας τον κινητό μέσο από την τάση $C_t = M_t / T_t$ ενώ η **Εποχική συνιστώσα** υπολογίζεται ως ο λόγος των τιμών της νέας σειράς και των εξομαλυσμένων σειρών (δηλαδή, η νέα σειρά διαιρείται από τις τιμές του κινητού μέσου), $K_t = X_t / M_t$. Σημειώνεται ότι, ο όρος K_t περιλαμβάνει τόσο την εποχική συνιστώσα όσο και τον τυχαίο όρο. Για να υπολογίσουμε την εποχική συνιστώσα για κάθε μήνα βρίσκουμε την μέση τιμή όλων των μηνών, δηλαδή τον μέσο όρο όλων των μηνών του Ιανουαρίου, στην συνέχεια τον μέσο όρο όλων των μηνών του Φεβρουαρίου κ.λπ. $S_g = \sum K_t$, όπου το άθροισμα αφορά το t για το συγκεκριμένο μήνα g . Τέλος, η **ακανόνιστη συνιστώσα** υπολογίζεται διαιρώντας τις K σειρές με S_i όπου $i=1,2,\dots,g$, $I_t = K_t / S_i$.

3.3.1 Εκτίμηση υποδείγματος

Από το γράφημα 13, παρατηρήσαμε μια ανοδική τάση στην ζήτηση για τα υπό εξέταση έτη καθώς και μια έντονη περιοδικότητα ή εποχικότητα. Όπως προαναφέρθηκε, αυτό είναι αναμενόμενο δεδομένου ότι η ζήτηση αυξάνεται κατά τους θερινούς μήνες σε αντίθεση με τους χειμερινούς.

Ο πίνακας 8, παρουσιάζει τα αποτελέσματα της Εποχικής Αποσύνθεσης για τη ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών στο λιμένα Πειραιά για την χρονική περίοδο από τον Ιανουάριο του 1992 έως τον Δεκέμβριο του 2002.

-Time Series Decomposition Report							
Variable		Passengers					
-Forecast Summary Section							
Forecast		(Mean) x (Trend) x (Cycle) x (Season)					
Variable		Passengers					
Number of Rows		132					
Mean		736070,6					
Pseudo R-Squared		0,993693					
Forecast Std. Error		37875,36					
Trend Equation		Trend = (0,770179) + (0,003327) * (Time Season					
Number)							
Number of Seasons		12					
First Year		1992					
First Season		1					
-Seasonal Component Ratios							
No.	Ratio	No.	Ratio	No.	Ratio	No.	Ratio
1	0,425783	2	0,408329	3	0,489429	4	0,990424
5	1,004993	6	1,178489	7	1,941888	8	2,458360
9	1,335282	10	0,803335	11	0,530515	12	0,433052

Πίνακας 8 «Αποτελέσματα Εποχικής Αποσύνθεσης»

Ένα από τα πρώτα πράγματα που παρατηρούμε στον πίνακα, είναι η στατιστική Pseudo R-Squared μια τιμή η οποία ουσιαστικά λειτουργεί όπως ο συντελεστής προσδιορισμού (R-Square), της πολλαπλής παλινδρόμησης. Οπότε, μια τιμή της στατιστικής κοντά στο μηδέν δηλώνει μια πολύ φτωχή προσαρμογή του υποδείγματος στα δεδομένα μας, ενώ αντίστοιχα μια τιμή κοντά στη μονάδα υποδηλώνει μια πολύ καλή προσαρμογή. Η στατιστική υπολογίζεται ως εξής: $R^2 = 100 (1 - SSE/SST)$, όπου SSE είναι το άθροισμα των τετραγώνων των λαθών και SST είναι το συνολικό άθροισμα τετραγώνων. Η παρατηρούμενη τιμή 99,36 είναι αρκετά υψηλή, δηλώνοντας ότι το υπόδειγμά μας δίνει αρκετά καλές προβλέψεις.

Η τιμή Mean = 736.070,6 είναι η τιμή του μέσου της μεταβλητής όλων των χρονικών περιόδων της σειράς, απαραίτητη για την διαδικασία της αποσύνθεσης, όπως προαναφέρθηκε. Αντίστοιχα, η εξίσωση που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της τάσης έχει την παρακάτω μορφή,

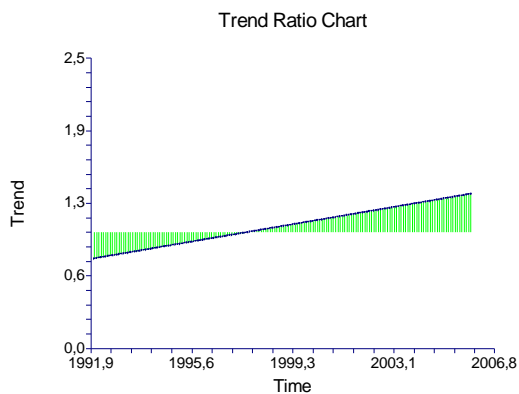
$$Trend = (0,770179) + (0,003327) * (Time Season Number)$$

Έτσι για παράδειγμα, ο Ιανουάριος του 1996 έχει *time season number* = 49, οπότε η τιμή της τάσης για τον Ιανουάριο του 1996 είναι 0,9332.

Τέλος, δεδομένου ότι τα στοιχεία μας είναι μηνιαία η τιμή 12 συμβολίζει τους δώδεκα μήνες του χρόνου

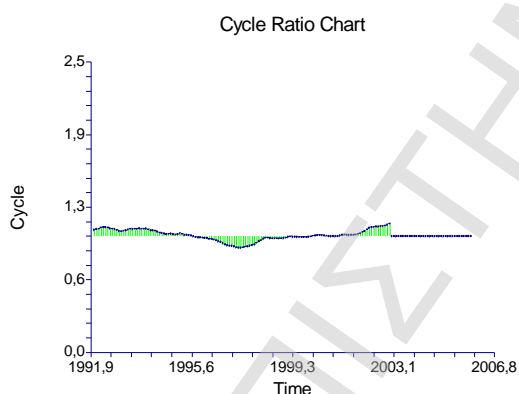
Στα παρακάτω γραφήματα (Γράφημα 14), έχουμε τις συνιστώσες της πρόβλεψης (Τάση, Εποχική συνιστώσα, Κυκλική συνιστώσα και Τυχαίο όρο). Όπως παρατηρούμε κάθε ένα από τα γραφήματα κεντριοποιείται στην μονάδα, δεδομένου ότι η τιμή αυτή αφήνει την πρόβλεψη αμετάβλητη.

Decomposition Ratio Plots



Τάση (T_t): Με βάση την εξίσωση $Trend = (0,770179) + (0,003327) * (Time \text{ Season Number})$ του πίνακα υπολογίζεται η συνιστώσα της Τάσης. Από το γράφημα παρατηρείται μια συνεχώς αυξανόμενη θετική τάση με τιμή 0,7735 για τον Ιανουάριο του 1992 και τιμή 1,2093 τον Δεκέμβριο του 2002.

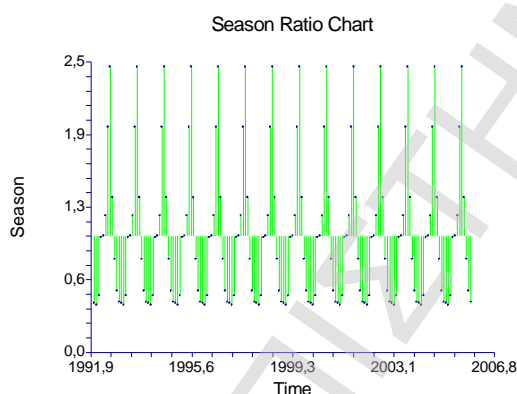
Η τυπική απόκλιση της τάσης είναι 0,127248.



Κυκλική Συνιστώσα (C_t): Υπολογίζεται ως ο λόγος του κινητού μέσου προς την Τάση $C_t = M_t / T_t$.

Από το γράφημα παρατηρούμε μια σχετική περιοδικότητα στις τιμές της συνιστώσας. Η τιμή της για τον Μάιο του 1995 είναι 1,0766 όπου αποτελεί το πρώτο άνω σημείο καμπής της σειράς με καθοδική στην συνέχεια εξέλιξη. Τον Αύγουστο του 1995 η τιμή της συνιστώσας είναι κοντά στην μονάδα (1,0026). Στην συνέχεια οι τιμές της είναι κάτω από την μονάδα με χαμηλότερη τιμή (0,8981) τον Ιούνιο του 1997 όπου αποτελεί κάτω σημείο καμπής της σειράς. Από εκεί και έπειτα έχουμε την ανοδική φάση της με

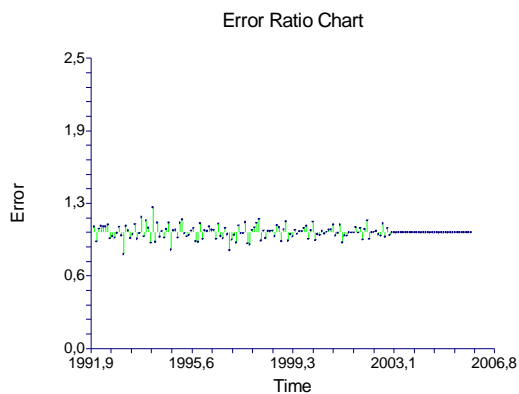
ανώτερο σημείο της σειράς τον Δεκέμβριο του 2002 με τιμή 1,1047, χωρίς ωστόσο να γνωρίζουμε εάν είναι το δεύτερο άνω σημείο καμπής της συνιστώσας. Σημειώνεται ότι τον Φεβρουάριο του 2000 η τιμή της σειράς είναι επίσης κοντά στην μονάδα (1,008). Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι, ο χρόνος μεταξύ των δύο διαδοχικών άνω σημείων καμπής είναι τουλάχιστον μιας δεκαετίας χωρίς να μπορούμε με ακρίβεια να το προσδιορίσουμε από το συγκεκριμένο δείγμα. Η τυπική απόκλιση της κυκλικής συνιστώσας είναι 0,04863.



Εποχική Συνιστώσα (S_t): Υπολογίζεται ως ο λόγος των τιμών της νέας σειράς (που έχει προκύψει από τον λόγο της αρχικής σειράς με τον μέσο της σειράς) και του κινητού μέσου $K_t = X_t/M_t$. Επειδή η K_t περιέχει και την τυχαία συνιστώσα, Η $S_t = \sum K_t$.

Από το γράφημα της εποχικής συνιστώσας παρατηρείται η έντονη εποχικότητα, για την οποία ήδη έχουμε αναφερθεί εκτενέστερα παραπάνω, καθώς και το γεγονός ότι η κύμανση της σειράς είναι σταθερή στο χρόνο (Σταθερό Εποχικό Πρότυπο).

Η τυπική απόκλιση της εποχικής συνιστώσας είναι 0,62684



Ο Τυχαίος όρος ή Ακανόνιστη συνιστώσα (I_t):

Υπολογίζεται ως ο λόγος της K_t σειράς (η οποία περιέχει τόσο τον τυχαίο όρο όσο και τη εποχική συνιστώσα) προς της εποχική συνιστώσα, $I_t = K_t / S_t$.

Η διακύμανση των τιμών της Τυχαίας συνιστώσας κυμαίνεται από 0,8115 η ελάχιστη έως 1,215 η μέγιστη τιμή, ενώ η τυπική απόκλιση της τυχαίας συνιστώσας είναι 0,06057.

Γράφημα 14 «Συνιστώσες Αποσύνθεσης (Τάση-Κυκλική συνιστώσα-Εποχική συνιστώσα-Τυχαίος όρος)»

Από τα διαγράμματα αλλά και τις τυπικές αποκλίσεις των συνιστωσών παρατηρούμε ότι η εποχική συνιστώσα έχει την μεγαλύτερη μεταβλητικότητα (S.D.=0,62684), σε σχέση με τις λοιπές συνιστώσες. Πιο συγκεκριμένα, η τυπική απόκλιση της εποχικής συνιστώσας είναι περίπου 5 φορές μεγαλύτερη από την τυπική απόκλιση της τάσης, περίπου 12 φορές μεγαλύτερη από την τυπική απόκλιση της κυκλικής και περίπου 10 φορές μεγαλύτερη της τυπικής απόκλισης της τυχαίας συνιστώσας.

Η μεγάλη αυτή διαφορά της μεταβλητότητας της εποχικής συνιστώσας σε σχέση με τις λοιπές συνιστώσες, πρακτικά σημαίνει ότι η συνιστώσα αυτή επηρεάζει σε μεγαλύτερο βαθμό την πρόβλεψη της σειράς τα επόμενα έτη.

Παράλληλα, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι τόσο η μεταβλητότητα της κυκλικής συνιστώσας όσο και του τυχαίου όρου ή ακανόνιστης συνιστώσας είναι σχετικά πάρα πολύ μικρή, πράγμα που σημαίνει ότι ουσιαστικά η επιρροή τους στην εκτίμηση των προβλέψεων είναι πολύ μικρή.

3.3.2 Δείκτες εποχικότητας

Οι δείκτες εποχικότητας (seasonal component ratio), φαίνονται επίσης στον πίνακα 8, διαβαθμισμένοι έτσι ώστε ο μέσος μήνας να ισούται με 1. Το εύρος των δεικτών κυμαίνεται από το χαμηλό 0,408329 τον μήνα Φεβρουάριο και φτάνει στο υψηλό 2,458360 τον μήνα Αύγουστο. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι, για τον μήνα Αύγουστο υπάρχει μια αύξηση της τάξης του 145,8360% κατά τη διαδικασία της πρόβλεψης, και μια μείωση της τάξης του -59,167% τον μήνα Φεβρουάριο από τον μέσο μήνα.

Στον πίνακα 9, έχουμε του σχετικούς δείκτες εποχικότητας, ενώ το γράφημα 15 δίνει μια γενική επισκόπηση των δεικτών αυτών. Από την ανάλυση των δεικτών παρατηρούμε έντονη εποχικότητα στην ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών κατά την διάρκεια του έτους. Ειδικότερα, παρατηρείται χαμηλή ζήτηση τους χειμερινούς μήνες και ιδιαίτερα του μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο, Οκτώβριο, Νοέμβριο και Δεκέμβριο, ενώ αντίθετα υψηλή ζήτηση τους καλοκαιρινούς μήνες με αποκορύφωμα τον Αύγουστο όπου η ζήτηση για λιμενικές επιβατικές υπηρεσίες είναι έξι φορές μεγαλύτερη από τον μήνα Φεβρουάριο και πέντε φορές μεγαλύτερη από τον μήνα Μάιο. Πέντε είναι συνολικά οι μήνες που έχουν τιμές πάνω από την μονάδα (μέσος μήνας), και επτά με τιμές κάτω από τον μέσο μήνα.

Η έντονη αυτή ανομοιομορφία γίνεται εύκολα αντιληπτή από την ποσοστιαία μηνιαία κατανομή της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά

(πίνακας 9). Έτσι ο μήνας Αύγουστος είναι ο μήνας με τη μεγαλύτερη ζήτηση υπηρεσιών αφού απορροφά συνολικά το 20,49% της συνολικής ζήτησης, ενώ ο μήνας Φεβρουάριος είναι ο μήνας με την μικρότερη ζήτηση με ποσοστό της τάξεως του 3,40% επί του συνόλου της ζήτησης. Επισημαίνεται ότι, το ποσοστό της ζήτησης μόνον για τους μήνες Ιούλιο έως Σεπτέμβριο είναι της τάξεως του 47,80%, δηλαδή με άλλα λόγια η μισή περίπου ζήτηση για λιμενικές επιβατικές υπηρεσίες στο μεγαλύτερο λιμάνι της χώρας απορροφάται τους μήνες αυτούς και η άλλη μισή κατανέμεται στους υπόλοιπους εννέα. Το γεγονός αυτό φυσικά έχει άμεσες επιπτώσεις τόσο στην λειτουργία του λιμένα όσο και στα επιχειρησιακά και στρατηγικά σχέδια του φορέα διοίκησης και εκμετάλλευσης του λιμένα.

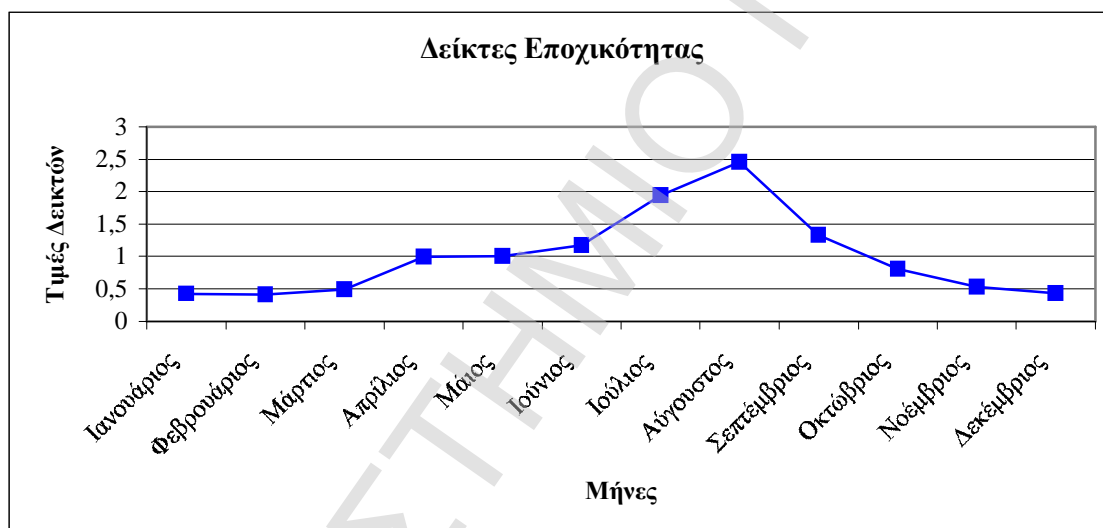
Μήνας	Δείκτης	% επί του συνόλου	% Μεταβολή
Ιανουάριος	0,425783	3,55	-----
Φεβρουάριος	0,408329	3,40	- 4,09
Μάρτιος	0,489429	4,08	19,86
Απρίλιος	0,990424	8,25	102,3
Μάιος	1,004993	8,37	1,470
Ιούνιος	1,178489	9,82	17,26
Ιούλιος	1,941888	16,18	64,77
Αύγουστος	2,458360	20,49	26,59
Σεπτέμβριος	1,335282	11,13	-45,61
Οκτώβριος	0,803335	6,69	-39,83
Νοέμβριος	0,530515	4,42	-33,97
Δεκέμβριος	0,433052	3,61	18,36
Σύνολο	11.99888~ 12	100,00	

Πίνακας 9 «Δείκτες Εποχικότητας και μηνιαία ποσοστιαία μεταβολή»

Επιπρόσθετα, από την ανάλυση της ποσοστιαίας, από μήνα σε μήνα, μεταβολής των δεικτών παρατηρείται μια μεταβολή της τάξης του 102,3% τον μήνα Απρίλιο σε σχέση με τον μήνα Μάρτιο, δηλαδή έχουμε ουσιαστικά έναν διπλασιασμό της ζήτησης με ότι επιπτώσεις μπορεί να συνεπάγεται ο διπλασιασμός αυτός, στην λειτουργία του

λιμένα, τους χρήστες του (πλοιοκτήτες-ακτοπλόους κ.λπ.) αλλά και τον τελικό αποδέκτη το επιβατικό κοινό. Παράλληλα, σημαντική αύξηση στην ζήτηση παρουσιάζεται μεταξύ των μηνών Ιουνίου και Ιουλίου με μεταβολή της τάξης του 64,77%. Αντίθετα, η μεγαλύτερη μείωση της ζήτησης παρατηρείται μεταξύ των μηνών Αυγούστου και Σεπτεμβρίου, της τάξης του 45,6%, δηλαδή έχουμε μια μείωση της ζήτησης στο ήμισυ περίπου της ζήτησης του μήνα Αύγουστου.

Αξιοσημείωτο είναι επίσης το γεγονός ότι από τον Φεβρουάριο μέχρι τον Αύγουστο έχουμε συνεχείς αυξήσεις στην ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του



λιμένα Πειραιά της τάξης του 502,05%. Αντίθετα από τον μήνα Σεπτέμβριο και μέχρι τον μήνα Δεκέμβριο παρατηρείται μια μείωση της τάξης του 67,55%.

Γράφημα 15 «Δείκτες Εποχικότητας»

3.4 Αποτελέσματα

Εφόσον η απομόνωση των συνιστωσών της σειράς ολοκληρωθεί, η διαδικασία της πρόβλεψης της ζήτησης ακτοπλοϊκών επιβατικών υπηρεσιών πραγματοποιείται

σχετικά εύκολα. Όπως προαναφέρθηκε, η συνιστώσα της τάσης υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την εξίσωση $T_t = a + bt$, ενώ η Εποχική συνιστώσα δίνεται από την σχέση $S_g = \sum K_t$. Ωστόσο, βασική προϋπόθεση στο σημείο αυτό προκειμένου να συνεχιστεί η διαδικασία είναι να θεωρήσουμε ότι τόσο η κυκλική συνιστώσα όσο και ο Τυχαίος όρος είναι ίσες με την μονάδα, δηλαδή ότι δεν επηρεάζουν την προβλεπτική ικανότητα και τις εκτιμήσεις του υποδείγματος, γεγονός που ενισχύεται και από την χαμηλή μεταβλητικότητα των συνιστωσών αυτών κατά την διαδικασία της αποσύνθεσης και παρουσιάστηκε στο γράφημα 14. Σύμφωνα με τα παραπάνω η εξίσωση της πρόβλεψης δίνεται από την σχέση:

$$\text{Forecast} = (\text{Mean}) \times (\text{Trend}) \times (\text{Cycle}) \times (\text{Season})$$

όπου $\text{mean} = 736.070,6$ και $\text{Trend} = (0,770179) + (0,003327) * (\text{Time Season Number})$. Ο πίνακας 10, δίνει αναλυτικά τις τιμές των προβλέψεων για τα έτη 2003, 2004 και 2005 καθώς και τις τιμές της Τάσης και της Εποχικής συνιστώσας.

Forecasts Section

Year Season	Forecast Passengers	Residual	Trend Factor	Cycle Factor	Season Factor	Error Factor
2003 1	380.049,4		1,2126	1,0000	0,4258	1,0000
2003 2	365.470,4		1,216	1,0000	0,4083	1,0000
2003 3	439.256		1,2193	1,0000	0,4894	1,0000
2003 4	891.318		1,2226	1,0000	0,9904	1,0000
2003 5	906.890,4		1,2259	1,0000	1,005	1,0000
2003 6	1.066.337		1,2293	1,0000	1,1785	1,0000
2003 7	1.761.841		1,2326	1,0000	1,9419	1,0000
2003 8	2.236.447		1,2359	1,0000	2,4584	1,0000
2003 9	1.218.018		1,2393	1,0000	1,3353	1,0000
2003 10	734.753,2		1,2426	1,0000	0,8033	1,0000
2003 11	486.523,7		1,2459	1,0000	0,5305	1,0000

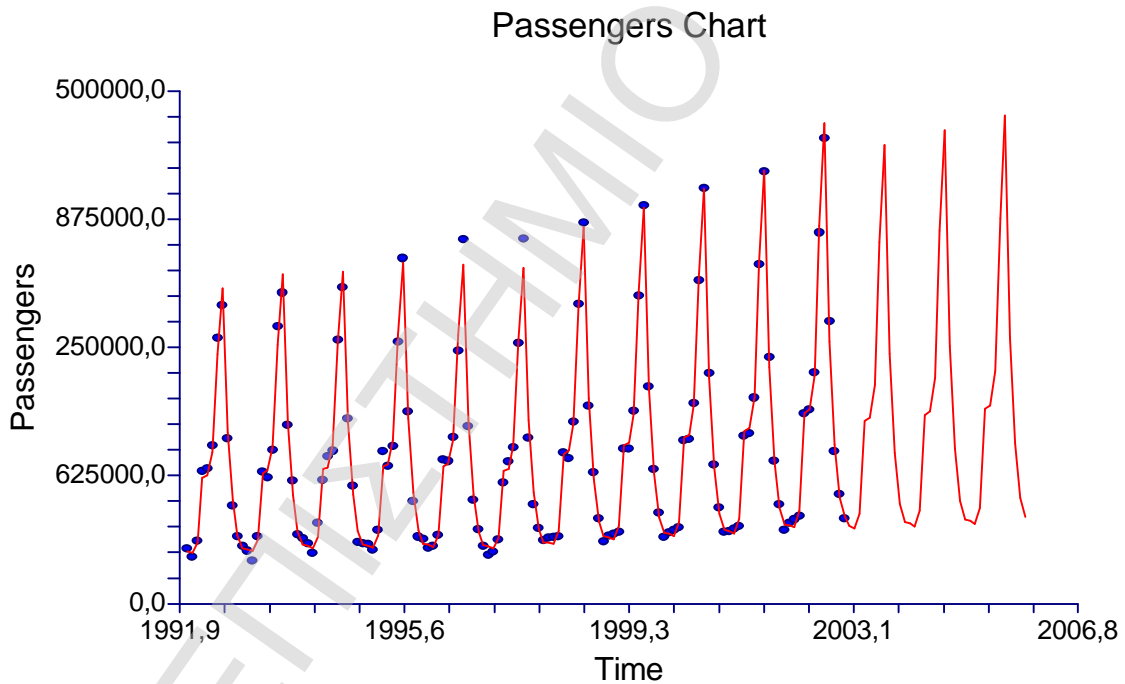
2003 12	398.203		1,2492	1,0000	0,4331	1,0000
2004 1	392.561,1		1,2526	1,0000	0,4258	1,0000
2004 2	377.469,2		1,2559	1,0000	0,4083	1,0000
2004 3	453.637,9		1,2592	1,0000	0,4894	1,0000
2004 4	920.421,6		1,2625	1,0000	0,9904	1,0000
2004 5	936.422,1		1,2659	1,0000	1,005	1,0000
2004 6	1.100.967		1,2692	1,0000	1,1785	1,0000
2004 7	1.818.904		1,2725	1,0000	1,9419	1,0000
2004 8	2.308.686		1,2759	1,0000	2,4584	1,0000
2004 9	1.257.255		1,2792	1,0000	1,3353	1,0000
2004 10	758.359,2		1,2825	1,0000	0,8033	1,0000
2004 11	502.112,8		1,2858	1,0000	0,5305	1,0000
2004 12	410.928,3		1,2892	1,0000	0,4331	1,0000
2005 1	405.072,7		1,2925	1,0000	0,4258	1,0000
2005 2	389.467,9		1,2958	1,0000	0,4083	1,0000
2005 3	468.019,7		1,2991	1,0000	0,4894	1,0000
2005 4	949.525,2		1,3025	1,0000	0,9904	1,0000
2005 5	965.953,9		1,3058	1,0000	1,005	1,0000
2005 6	1.135.596		1,3091	1,0000	1,1785	1,0000
2005 7	1.875.966		1,3124	1,0000	1,9419	1,0000
2005 8	2.380.925		1,3158	1,0000	2,4584	1,0000
2005 9	1.296.492		1,3191	1,0000	1,3353	1,0000
2005 10	781.965,2		1,3224	1,0000	0,8033	1,0000
2005 11	517.702		1,3258	1,0000	0,5305	1,0000
2005 12	423.653,5		1,3291	1,0000	0,4331	1,0000

Πίνακας 10 «Πρόβλεψη ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά για τα έτη από το 2έτος 003 έως το έτος 2005 με την μεθοδολογία της Εποχικής Αποσύνθεσης»

Η εκτιμώμενη τυπική απόκλιση των λαθών της πρόβλεψης (δηλαδή η διαφορά μεταξύ πραγματικών και των προβλεπόμενων τιμών), έχει τιμή Forecast Std. Error = 37875,36.

Από τον πίνακα 10 και το γράφημα 16, παρατηρούμε καταρχήν μια ανοδική τάση στις τιμές των προβλέψεων της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά, από έτος σε έτος. Η άνοδος αυτή οφείλεται στις εκτιμήσεις της εξίσωσης της τάσης η οποία επηρεάζει ουσιαστικά και σε μεγάλο βαθμό την εξίσωση της πρόβλεψης. Παράλληλα, παρατηρείται σταθερότητα στην κύμανση της μεταβλητότητας της εποχικής συνιστώσας (σταθερό εποχικό πρότυπο).

Forecast and Data Plot



Γράφημα 16 «Πρόβλεψη της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά για τα έτη από το 2003 έως το έτος 2005»

Με βάση τα παραπάνω καταλήγουμε σε δύο βασικές διαπιστώσεις για την περίπτωση μας, όσον αφορά την διαδικασία της πρόβλεψης. Πιο συγκεκριμένα διαπιστώνονται τα εξής: **α)** ότι οι από έτος σε έτος εκτιμήσεις του υποδείγματος επηρεάζονται σε σημαντικό βαθμό από την συνιστώσα της τάσης και ειδικότερα από τις εκτιμήσεις της εξίσωσης της τάσης, δεδομένου ότι η εποχική συνιστώσα είναι σταθερή από έτος σε έτος (σταθερό εποχικό πρότυπο), και **β)** ότι οι από μήνα σε μήνα εκτιμήσεις του εξεταζόμενου έτους επηρεάζονται σε πολύ μεγάλο βαθμό πλέον από την εποχική συνιστώσα η οποία έχει μεγαλύτερη μεταβλητότητα σε σχέση με την συνιστώσα της τάσης.

Ωστόσο, περαιτέρω αξιολόγηση των αποτελεσμάτων πρόβλεψης της παρούσα μεθόδου θα γίνει σε άλλη ενότητα της εργασίας.

4. Πρόβλεψη της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών με την χρήση των υποδειγμάτων Χρονολογικών σειρών – ARIMA

Ένας τρόπος για να εξηγήσουμε την δυναμική συμπεριφορά μιας και μόνον μεταβλητής είναι η χρήση δυναμικών υποδειγμάτων χρονολογικών σειρών όπου η μεταβλητή που μας ενδιαφέρει εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο από τις τιμές που η ίδια παίρνει στην διάρκεια του χρόνου.

Ειδικότερα, στην συνέχεια της ανάλυσής μας θα χρησιμοποιήσουμε τα στοιχεία της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά για τον Ιανουάριο του 1992 έως το Δεκέμβριο του 2002, (η οποία ουσιαστικά αποτελεί μια μονοδιάστατη χρονολογική σειρά με παρατηρήσεις που λαμβάνονται σε ισαπέχοντα χρονικά διαστήματα), προκειμένου να εκτιμήσουμε με την μέθοδο **Box – Jenkins** το υπόδειγμα εκείνο που επιτυγχάνει να εξηγήσει επαρκώς τα δεδομένα μας και παρέχει ικανοποιητικές και αξιόπιστες προβλέψεις.

4.1 Υποδείγματα ARIMA (Box-Jenkins)

Η διαδικασία δημιουργίας υποδειγμάτων και πρόβλεψης της μεθοδολογίας ARIMA αναπτύχθηκε από τους Box-Jenkins (1976), και κέρδισε μεγάλη δημοσιότητα σε πλήθος περιοχών και ερευνών. Ωστόσο, λόγω της δύναμης και της ευελιξίας τους, τα υποδείγματα ARIMA είναι μια πολύπλοκη τεχνική η οποία απαιτεί μεγάλη εμπειρία και δεδομένου ότι συχνά παράγει ικανοποιητικά αποτελέσματα, αυτά εξαρτώνται από την εμπειρία του ερευνητή.

Παρακάτω θα εισάγουμε κάποιες βασικές έννοιες της μεθοδολογίας ARIMA⁽¹³⁾ και πιο συγκεκριμένα:

Αυτοπαλίνδρομη Διαδικασία (AR): Οι περισσότερες χρονολογικές σειρές αποτελούνται από στοιχεία τα οποία είναι σειριακά εξαρτημένα, με την έννοια ότι κάποιος μπορεί να εκτιμήσει έναν συντελεστή ή ένα σύνολο συντελεστών τα οποία περιγράφουν διαδοχικά στοιχεία των χρονολογικών σειρών από ένα συγκεκριμένο, προηγούμενο στοιχείο, δηλαδή μια μεταβλητή έστω Z στην περίοδο t εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο από τις τιμές που παίρνει η μεταβλητή στις περιόδους από $t-1, \dots, t-p$. Η έννοια αυτή μπορεί να συμπεριληφθεί στην εξίσωση:

$$Z_t = \Phi_1 Z_{(t-1)} + \Phi_2 Z_{(t-2)} + \dots + \Phi_p Z_{(t-p)} + \alpha_t \quad \text{ή}$$

$$(1 - \Phi_1 B - \Phi_2 B^2 - \dots - \Phi_p B^p) Z_t = \alpha_t \quad \text{ή} \quad \Phi(B) Z_t = \alpha_t$$

όπου $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_p$ είναι ένα διάνυσμα παραμέτρων της αυτοπαλίνδρομης διαδικασίας και α_t τυχαίο σφάλμα με μέσο μηδέν και διακύμανση σ_α^2 , και $\Phi(B) = 1 - \sum \Phi_j B^j$ και B ο τελεστής προς τα πίσω μετατόπισης $B^j Z_t = Z_{t-j}$

Σημειώνεται, ότι η αυτοπαλίνδρομη διαδικασία είναι στάσιμη εάν οι ρίζες της εξίσωσης $\phi(\omega) = 0$, βρίσκονται έξω από τον μοναδιαίο κύκλο.

Διαδικασία Κινητού Μέσου (MA): Ανεξάρτητα από την αυτοπαλίνδρομη διαδικασία κάθε στοιχείο της σειράς μπορεί επίσης να εξαρτάται από τα σφάλματα στις περιόδους $t-1, \dots, t-q$, τα οποία δεν μπορούν να εξηγηθούν από την αυτοπαλίνδρομη συνιστώσα, δηλαδή

⁽¹³⁾ George E.P. BOX and Gwilym M. JENKINS, (1976) "Time Series Analysis, forecasting and control", Revised Edition, San Francisco σελ 8-12

$$Z_t = \alpha_t - \theta_1 \alpha_{(t-1)} - \theta_2 \alpha_{(t-2)} - \dots - \theta_q \alpha_{(t-q)} \text{ ή}$$

$$Z_t = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) \alpha_t \text{ ή } Z_t = \theta(B) \alpha_t$$

όπου $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ είναι ένα διάνυσμα παραμέτρων της διαδικασίας κινητών μέσων και α_t τυχαίο σφάλμα με μέσο μηδέν και διακύμανση σ_α^2 , και $\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q$.

Μικτά υποδείγματα (Αυτοπαλίνδρομη και Κινητού Μέσου Διαδικασία (ARMA)): Ωστόσο, πλέον των ανωτέρω απλών υποδειγμάτων κάποιες φορές είναι απαραίτητο το υπόδειγμα να περιλαμβάνει ένα συνδυασμό από αυτοπαλίνδρομους και όρους κινητού μέσου, δηλαδή μπορεί η μεταβλητή X_t να εξαρτάται τόσο από τις τιμές που παίρνει στις περιόδους $t-1, \dots, t-p$ όσο και από τις τιμές των τυχαίων σφαλμάτων στις περιόδους $t-1, \dots, t-q$. Στην περίπτωση αυτή το υπόδειγμα θα μπορούσε να έχει την μορφή:

$$Z_t = \Phi_1 Z_{(t-1)} + \Phi_2 Z_{(t-2)} + \dots + \Phi_p Z_{(t-p)} + \alpha_t + \theta_1 \alpha_{(t-1)} + \theta_2 \alpha_{(t-2)} + \dots + \theta_q \alpha_{(t-q)}^{(*)}$$

$$\text{ή } \Phi(B)Z_t = \theta(B)\alpha_t$$

όπου $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_p, \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ είναι ένα διάνυσμα παραμέτρων (ARMA), και α_t τυχαίο σφάλμα με μέσο μηδέν και διακύμανση σ_α^2 .

4.2 Ανάλυση δεδομένων

Για την ανάλυση, χρησιμοποιήθηκαν μηνιαία στοιχεία αναφορικά με την ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά για την περίοδο από τον

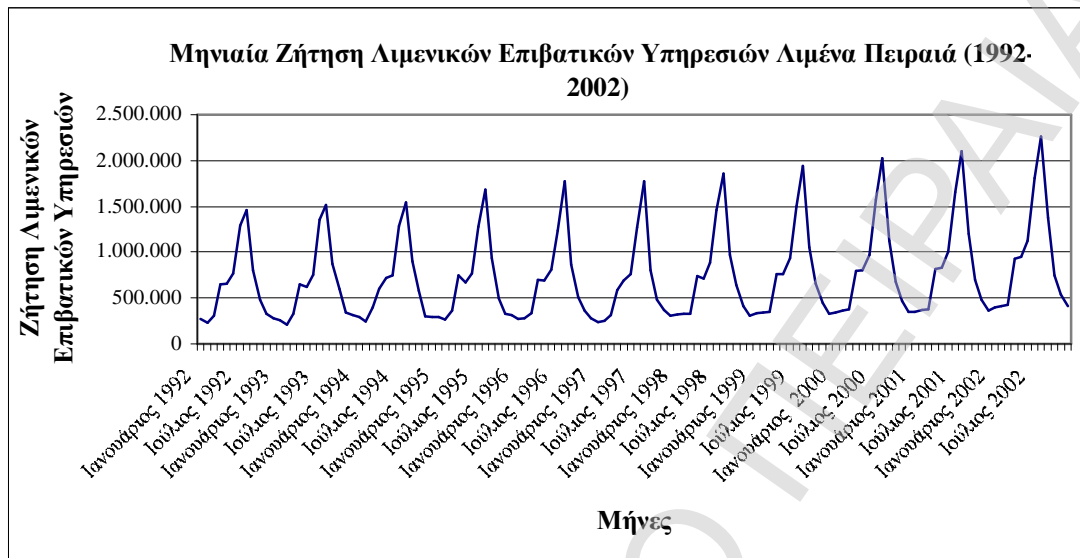
Ιανουάριο του 1992 έως το Δεκέμβριο του 2002. Τα στοιχεία, είναι διαθέσιμα από την Στατιστική Υπηρεσία του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας και δεν περιλαμβάνουν την ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών εξωτερικού του λιμένα καθώς και την ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών Αργοσαρωνικού και πορθμειακής γραμμής Σαλαμίνας – Περάματος.

Όπως ήδη αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα, εκτός από την περιοδικότητα-εποχικότητα στην ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών (γράφημα 17), παρατηρείται και μια ανοδική τάση της ζήτησης αυτής κυρίως κατά τους θερινούς μήνες και χρόνο με το χρόνο (ανώτερο όριο), ενώ παράλληλα παρατηρείται μια σχετική σταθερότητα ως προς τα επίπεδα της ζήτησης κατά τους χειμερινούς μήνες.

Από τα αποτελέσματα της περιγραφικής ανάλυσης (πίνακας 11), παρατηρούμε ότι η μικρότερη τιμή της σειράς είναι τον Φεβρουάριο του 1993 και η μεγαλύτερη τον Αυγούστου του 2002. Ουσιαστικά μιλάμε για ένα εύρος της τάξης των 2.060.137 επιβατών. Η έντονη διασπορά των τιμών των παρατηρήσεων είναι εμφανείς και από την τυπική απόκλιση με τιμή 478.736 περίπου επιβάτες.

Από το συντελεστή μεταβλητότητας (λόγος της τυπικής απόκλισης προς την αντίστοιχη μέση τιμή), φαίνεται ότι η μεταβλητότητα των παρατηρήσεων της ζήτησης είναι αρκετά μεγάλη $CV=65,03\%$.

Επιπλέον, στον πίνακα 12 έχουμε την ασυμμετρία και την κύρτωση της σειράς. Η ασυμμετρία αναφέρεται στην εκτροπή των δεδομένων του δείγματός μας από την κανονικότητα, ενώ η κύρτωση αναφέρεται στο βαθμό συγκέντρωσης των τιμών των δεδομένων μας, περί το μέσο.



Πηγή: YEN

Γράφημα 17 «Ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών λιμένα Πειραιά (1992:1- 2002:12)»

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Επιβατική Κίνηση	132	208003	2268140	736070,95	478736,28
Valid N (listwise)	132				

Πίνακας 11 «Περιγραφικά στοιχεία της σειράς»

Descriptive Statistics

	N	Mean	Skewness		Kurtosis	
	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
Επιβατική Κίνηση	132	736070,95	1,209	,211	,789	,419
Valid N (listwise)	132					

Πίνακας 12 «Περιγραφικά στοιχεία –Κύρτωση -Ασυμμετρία»

Γενικά, μια τιμή ασυμμετρίας μεγαλύτερη της μονάδας φανερώνει κατανομή η οποία διαφέρει σημαντικά από την κανονική κατανομή, κάτι που παρατηρείται στην μεταβλητή μας, όπου ουσιαστικά έχουμε κατανομή θετικά ασύμμετρη (ουρά προς τη δεξιά πλευρά).

Αναφορικά με την κύρτωση παρατηρούμε ότι η μεταβλητή μας είναι λεπτόκυρτη.

4.3 Η Μεθοδολογία Box-Jenkins

Η μεθοδολογία Box-Jenkins είναι μια δυναμική και αποτελεσματική μέθοδος στην ανάλυση χρονολογικών σειρών. Το γενικό υπόδειγμα που παρουσιάστηκε από τους Box και Jenkins (1976) περιλαμβάνει παραμέτρους τόσο από το αυτοπαλίνδρομο όσο και από το υπόδειγμα του κινητού μέσου καθώς και τις “διαφορές” στην διαμόρφωση του υποδείγματος. Ειδικότερα οι τρεις τύποι παραμέτρων του μοντέλου είναι: **α**) αυτοπαλίνδρομοι παράμετροι (p), **β**) ο αριθμός των διαφορών (d) και γ) οι παράμετροι κινητού μέσου (q). Στην βιβλιογραφία τα υποδείγματα ARIMA, παρουσιάζονται στην ακόλουθη μορφή ARIMA (p,d,q), έτσι για παράδειγμα ένα υπόδειγμα της μορφής (0,1,2) δηλώνει ότι δεν περιλαμβάνει αυτοπαλίνδρομη παράμετρο (0), περιλαμβάνει δύο (2) παραμέτρους κινητών μέσων ενώ έχουμε πάρει και τις πρώτες διαφορές της σειράς.

Σημειώνεται ότι, η μεθοδολογία των Box και Jenkins, απαιτεί οι σειρές να είναι στάσιμες (στοιχεία μη στασιμότητας είναι η ύπαρξη τάσης ή εποχικότητας, η αλλαγή της μεταβλητότητας σε συνάρτηση με τον χρόνο κ.λ.π.), δηλαδή θα πρέπει να έχουν σταθερό μέσο, διακύμανση και αυτοσυσχέτιση στη διάρκεια του χρόνου. Οι Box – Jenkins, προτείνουν τη χρήση διαφορών πρώτης ή δεύτερης και γενικά d τάξης για την επίτευξη στασιμότητας με μια μη στάσιμη χρονική σειρά. Στη νέα σειρά y_t

προσαρμόζουμε ένα μοντέλο ARMA(p,q). Οπότε η ARIMA(p,d,q) διαδικασία, είναι λοιπόν μια διαδικασία η οποία «διαφορίζομενη» d φορές, παράγει ARMA(p,q) διαδικασία.

Η έκφρασή της με τη βοήθεια πολυωνύμων είναι της παρακάτω μορφής:

$$\Phi(B) \nabla^d Z_t = \theta(B) \eta_t \quad \text{ή} \quad \Phi(B) Y_t = \theta(B) \alpha_t \quad \text{όπου} \quad Y_t = \nabla^d Z_t$$

Το πολώνυμο $\Phi(B) (I-B)^d$ έχει μία ρίζα ίση με την μονάδα τάξης d και όλες τις άλλες έξω από τον μοναδιαίο κύκλο.

Στο βιβλίο τους οι Box-Jenkins παρουσιάζουν διάφορα υποδείγματα για αναλυτικούς και προβλεπτικούς σκοπούς προτείνοντας τρία πρωταρχικά στάδια για την κατασκευή των υποδειγμάτων αυτών. Στο **στάδιο της ταυτοποίησης** όπου σκοπός του ερευνητή είναι να εξειδικεύσει τη δομή του υποδείγματος αφού πρώτα καθοριστεί εάν η χρονολογική σειρά είναι **στάσιμη**, εάν δηλαδή είναι αμετάβλητη αναφορικά με το χρόνο καθώς και εάν υπάρχει σημαντική εποχικότητα η οποία πρέπει να απεικονιστεί. Σε περίπτωση αστάθειας η μεθοδολογία αυτή αποτυγχάνει να δώσει ακριβείς προβλέψεις λόγω συνεχών αλλαγών στους διαρθρωτικούς συντελεστές της εξίσωσης. Στο **δεύτερο στάδιο** γίνεται η **εκτίμηση** των συντελεστών του υποδείγματος που προκρίθηκε στο στάδιο της ταυτοποίησης, και στο **τρίτο στάδιο** γίνεται ο **διαγνωστικός έλεγχος** του υποδείγματος όπου ο ερευνητής πρέπει να επιλέξει τους στατιστικά σημαντικούς εκτιμητές απορρίπτοντας τους μη σημαντικούς, να αποδεχθεί τη μορφή του υποδείγματος και να εξετάσει την προβλεπτική ικανότητά του. Σε περίπτωση που το υπόδειγμα αποτυγχάνει να εξηγήσει επαρκώς τη σειρά η διαδικασία επαναλαμβάνεται από το πρώτο στάδιο.⁽¹⁴⁾

⁽¹⁴⁾ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΣ Ι. Λ. (1991), “Ανάλυση Χρονολογικών Σειρών”, ΑΘΗΝΑ σελ.17

4.3.1 Στάδιο Ταυτοποίησης

Η ταυτοποίηση όπως προαναφέρθηκε είναι μια διαδικασία με βάση την οποία προσδιορίζουμε τη μορφή του υποδείγματος που ταιριάζει καλύτερα στα δεδομένα μας. Η ταυτοποίηση σε πολλά σημεία επικαλύπτει την εκτίμηση δεν παύει όμως να είναι μια προσεγγιστική τεχνική σε αντίθεση με την εκτίμηση. Η προσεγγιστικότητα αυτή οφείλεται σε δύο τουλάχιστον λόγους:

Πρώτον, γιατί η ταυτοποίηση χρησιμοποιεί ανασφαλείς στατιστικές μεθόδους όπως είναι οι γραφικές παραστάσεις και δεύτερον γιατί στο στάδιο της ταυτοποίησης δεν είναι δυνατό να προσδιορισθεί το είδος των υποδειγμάτων που εφαρμόζονται με οποιαδήποτε μαθηματική συνάρτηση. Με αυτό τον τρόπο γίνεται φανερό ότι η ταυτοποίηση οδηγεί προς μια ομάδα υποδειγμάτων που στη συνέχεια αναλύονται λεπτομερώς μέχρι να πάρουμε την άριστη εκτίμηση.

Όπως προαναφέρθηκε η χρονολογική σειρά θα πρέπει να είναι στάσιμη δηλαδή να έχει σταθερό μέσο, διακύμανση και αυτοσυσχέτιση στη διάρκεια του χρόνου. Οπότε, συνήθως λαμβάνουμε τις διαφορές της σειράς μέχρις ότου να γίνει στάσιμη.

Έτσι πριν ξεκινήσει η εκτίμηση των παραμέτρων θα πρέπει να αποφασίσουμε τον συγκεκριμένο αριθμό και τύπο παραμέτρων ARIMA. Τα κυριότερα εργαλεία που χρησιμοποιούμε σε αυτό το στάδιο της ανάλυσης είναι τα διαγράμματα της αυτοσυσχέτισης (ACF) και της μερικής Αυτοσυσχέτισης (PACF). Ωστόσο, η πλειοψηφία των υποδειγμάτων μπορούν επαρκώς να προσεγγιστούν χρησιμοποιώντας ένα από τα παρακάτω πέντε βασικά υποδείγματα τα οποία μπορούν να ταυτοποιηθούν με βάση την μορφή των διαγραμμάτων της αυτοσυσχέτισης (ACF) και της μερικής Αυτοσυσχέτισης (PACF).

1.Μια αυτοπαλίνδρομη (p) παράμετρος: ACF: εκθετική μείωση και PACF: Αιχμή στην υστέρηση (lag) 1, χωρίς συσχέτιση στις υπόλοιπες υστερήσεις.

2. Δύο αυτοπαλίνδρομοι (p) παράμετροι: ACF: σύνολο ημιτονοειδών καμπυλών ή εκθετικών μειώσεων και PACF: Αιχμές στην υστέρηση 1 και 2, χωρίς συσχέτιση στις υπόλοιπες υστερήσεις.

3. Ένας παράμετρος (q) κινητού μέσου: ACF: Αιχμή στην υστέρηση 1, χωρίς συσχέτιση στις υπόλοιπες υστερήσεις και PACF: σχεδόν εκθετική μείωση.

4. Δύο παράμετροι (q) κινητού μέσου: ACF: Αιχμή στην υστέρηση 1 και 2, χωρίς συσχέτιση στις υπόλοιπες υστερήσεις και PACF: σύνολο ημιτονοειδών καμπυλών ή εκθετικών μειώσεων.

5. Μια αυτοπαλίνδρομη (p) παράμετρος και ένας παράμετρος (q) κινητού μέσου: ACF: εκθετική μείωση η οποία ξεκινά από τη υστέρηση 1 και PACF: εκθετική μείωση η οποία ξεκινά από την υστέρηση 1.

Ωστόσο, στην πράξη υπάρχουν και χρονολογικές σειρές που παρουσιάζουν εποχικότητα, δηλαδή διαστήματα με την ίδια συμπεριφορά. Το πλήθος των παρατηρήσεων που αντιστοιχούν σε ένα τέτοιο διάστημα, ονομάζεται περίοδος και συμβολίζεται με S . Εάν η εποχική συνιστώσα του μοντέλου είναι καθορισμένη και ανεξάρτητη από άλλους μη εποχικούς παράγοντες, μπορεί να απαλειφθεί εφαρμόζοντας μια μέθοδο παλινδρόμησης π.χ. ένα πολυώνυμο ημίτονων- συνημίτονων. Συνήθως όμως τα πράγματα στις χρονολογικές σειρές δεν είναι τόσο ξεκάθαρα, οπότε οι Box-Jenkins προτείνουν την απαλοιφή της περιοδικότητας παίρνοντας “διαφορές” υστέρησης S . Με αυτόν τον τρόπο τα υποδείγματα Box-Jenkins μπορούν να επεκταθούν και να περιλάβουν εποχιακούς όρους αυτοπαλίνδρομους και κινητού μέσου. Παρόλο που αυτό περιπλέκει την ανάλυση οι γενικές υποδείξεις που προαναφέρθηκαν παραπάνω για την επιλογή ενός υποδείγματος μη-εποχιακού (βασίζόμενοι δηλαδή στα διαγράμματα ACF και PACF), εφαρμόζονται επίσης και στα εποχιακά υποδείγματα. Η έκφρασή της με τη βοήθεια πολυωνύμων είναι της μορφής:

$$\Phi(B) \Phi(B^s) Z_t = \theta(B) \Theta(B^s) a_t,$$

όπου $\Phi(B^s)$ είναι βαθμού P_s και το πολυώνυμο $\Theta(B^s)$ βαθμού Q_s .

Συμπερασματικά έχουμε λοιπόν ότι, πρωταρχικός σκοπός μας είναι **α)** να διαφοροποιήσουμε τη χρονολογική σειρά y_t ώστε να εξασφαλίσουμε τη στασιμότητά της και **β)** να ταυτοποιήσουμε τη ανωτέρω στάσιμη σειρά με την ανάλυση της συνάρτησης αυτοσυσχέτισης και τη συνάρτηση μερικής αυτοσυσχέτισης. Οι συναρτήσεις αυτές χρησιμοποιούνται όχι μόνο για τον προσδιορισμό της μορφής του υποδείγματος αλλά και για τον εντοπισμό των αρχικών τιμών των παραμέτρων.

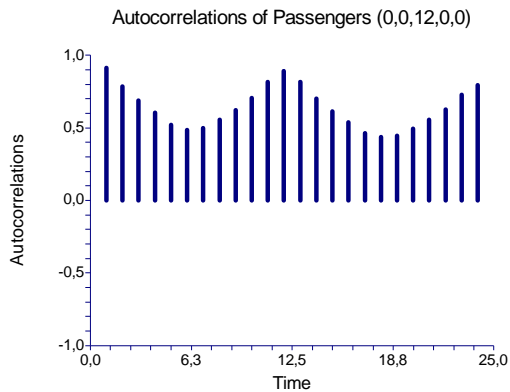
Από τα γραφήματα 18α και 18β των δεδομένων μας παρατηρούμε ότι η σειρά δεν είναι στάσιμη για δύο βασικούς λόγους, το γεγονός ότι παρατηρείται μια σχετική τάση αλλά και μια εποχικότητα (ετήσια περιοδικότητα).

Όπως προαναφέρθηκε, το κύριο εργαλείο ενός ερευνητή κατά τη φάση της ταυτοποίησης είναι η συνάρτηση και το διάγραμμα αυτοσυσχέτισης καθώς και η συνάρτηση και το διάγραμμα μερικής αυτοσυσχέτισης.

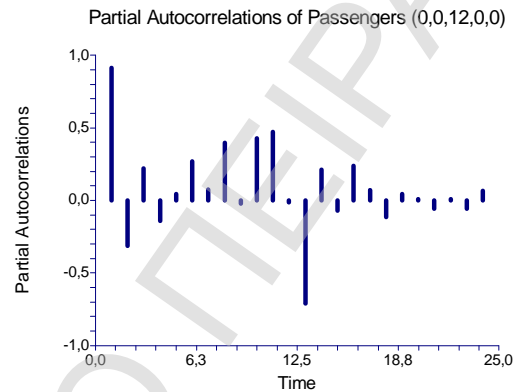
Από το γράφημα 18α της αυτοσυσχέτισης παρατηρούμε ότι η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά (1992:1-2002:12), δεν φθίνει αλλά αντίθετα παρατηρείται μια περιοδικότητα.

Σε αυτό το στάδιο δεν ασχολούμαστε περισσότερο με το διάγραμμα μερικής αυτοσυσχέτισης λόγω της εμφανούς μη-στασιμότητας των δεδομένων μας. Σημειώνεται ότι, επειδή τα δεδομένα μας είναι μηνιαία χρησιμοποιείται το 12 ως τον αριθμό των μηνών του έτους

Autocorrelation Plot Section



Γράφημα 18α «Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης»



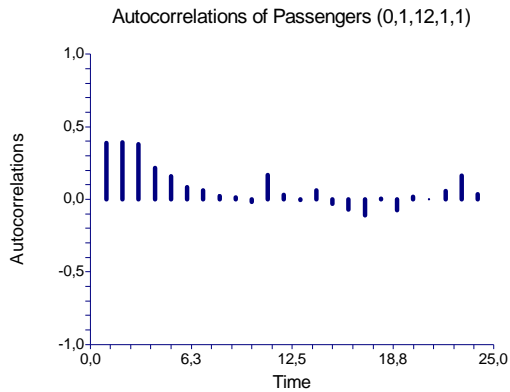
Γράφημα 18β «Διάγραμμα μερικής αυτ/σης»

Οι Box και Jenkins ωστόσο, για την εφαρμογή της μεθόδου τους θεωρούν απαραίτητη προϋπόθεση το γεγονός ότι η σειρά είναι στάσιμη και προτείνουν την διαφοροποίησή της μια ή περισσότερες φορές ώστε αυτή να καταστεί στάσιμη.

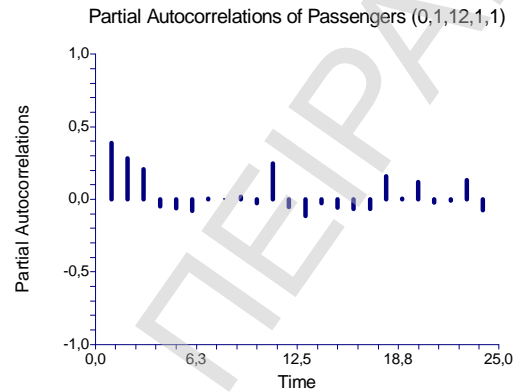
Οπότε ελέγχουμε την συνάρτηση και το διάγραμμα αυτοσυσχέτισης στις πρώτες, δεύτερες κ.ο.κ διαφορές έως ότου επιτευχθεί στασιμότητα απομακρύνοντας παράλληλα τόσο την τάση όσο και τον μέσο από τα δεδομένα μας.

Μετά την διαδικασία της διαφοροποίησεως έχουμε στους πίνακες 13α και 13β καθώς και τα γραφήματα 19α και 19β ,τα παρακάτω αποτελέσματα:

Autocorrelation Plot Section



Γράφημα 19α «Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης»



Γράφημα 19β «Διάγραμμα μερικής αυτ/σης»

Autocorrelations of Passengers (0,1,12,1,1)

Lag	Correlation	Lag	Correlation	Lag	Correlation	Lag	Correlation
1	0,388962	7	0,061815	13	-0,004368	19	-0,076783
2	0,391099	8	0,022894	14	0,060523	20	0,019257
3	0,380221	9	0,013057	15	-0,033239	21	-0,002345
4	0,216168	10	-0,018166	16	-0,069365	22	0,055125
5	0,159286	11	0,167708	17	-0,110009	23	0,160458
6	0,082485	12	0,029553	18	0,004388	24	0,033408

Significant if |Correlation| > 0,182574

Πίνακας 13α «Συνάρτηση αυτοσυσχέτισης»

Partial Autocorrelations of Passengers (0,1,12,1,1)

Lag	Correlation	Lag	Correlation	Lag	Correlation	Lag	Correlation
1	0,388962	7	0,004635	13	-0,115872	19	0,005435
2	0,282556	8	-0,001564	14	-0,029006	20	0,11764
3	0,206387	9	0,017662	15	-0,055834	21	-0,020526
4	-0,048178	10	-0,028184	16	-0,067608	22	-0,009987
5	-0,062169	11	0,244569	17	-0,06842	23	0,132697
6	-0,078522	12	-0,054549	18	0,15758	24	-0,07432

Significant if $|\text{Correlation}| > 0,182574$

Πίνακας 13β «Συνάρτηση μερικής αυτοσυσχέτισης»

Στο γράφημα 19α της αυτοσυσχέτισης παρατηρούμε μια εκθετική μείωση η οποία πραγματοποιείται από την υστέρηση 1, ενώ παράλληλα στη συνάρτηση μερικής αυτοσυσχέτισης (γράφημα 19β), παρατηρείται επίσης εκθετική μείωση που ξεκινά και πάλι από την υστέρηση 1. Ουσιαστικά, η παρατήρηση αυτή σύμφωνα και με τα προαναφερόμενα μας **οδηγεί σε ένα υπόδειγμα ARMA (1,1)**.

Από τους πίνακες 13α και 13β, παρατηρούμε επίσης τις τιμές της αυτοσυσχέτισης και της μερικής αυτοσυσχέτισης για ένα συγκεκριμένο αριθμό υστερήσεων. Παράλληλα, οι αριθμοί στην παρένθεση (0,1,12,1,1), (d,D,s,M,T), ορίζονται ως ακολούθως:

d : ο αριθμός των διαφοροποιήσεων

D : ο αριθμός των εποχικών διαφοροποιήσεων

s : το είδος των δεδομένων μας (για παράδειγμα μηνιαία, τριμηνιαία .. κ.λπ.)

M: ο μέσος ο οποίος εάν είναι ίσος με την μονάδα (01) έχει αφαιρεθεί διαφορετικά είναι μηδέν (0)

T : η Τάση η οποία εάν είναι ίση με την μονάδα (01) έχει αφαιρεθεί διαφορετικά είναι μηδέν (0)

Οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης και μερικής αυτοσυσχέτισης για τα δεδομένα μας συνάχθηκαν κατόπιν μιας εποχικής διαφοροποίησης ($d=1$), την αφαίρεση τόσο της Τάσης ($T=1$) όσο και του μέσου ($M=1$) καθώς και την δήλωση ότι τα δεδομένα μας είναι μηνιαία ($s=12$).

Επιπλέον, παρατηρούμε ότι από τους είκοσι τέσσερις (24) συντελεστές αυτοσυσχέτισης (και συγκεκριμένα από τις απόλυτες τιμές τους), οι τέσσερις εξ' αυτών είναι στατιστικά σημαντικοί κάτι που σημαίνει ότι ενδεχομένως η σειρά μας να μην είναι απολύτως τυχαία.

Ωστόσο, στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί ότι μια αυτοσυσχέτιση που είναι στατιστικά σημαντική, μπορεί να μην είναι αρκετά μεγάλη ώστε να επηρεάσει την τυχαιότητα της σειράς.

4.3.2 Στάδιο Εκτίμησης

Στο στάδιο της ταυτοποίησης προσδιορίσαμε με τη χρησιμοποίηση των συναρτήσεων αυτοσυσχέτισης και μερικής αυτοσυσχέτισης, τη δομή του υποδείγματος ARIMA (p,d,q), το κατάλληλο φίλτρο για τη μετατροπή της σειράς σε στάσιμη (σε περίπτωση μη στάσιμης σειράς), καθώς επίσης και τις αρχικές εκτιμήσεις των συντελεστών. Στο στάδιο της εκτίμησης οριστικοποιούμε τους εκτιμητές και στη συνέχεια ελέγχουμε το τελικό υπόδειγμα στο επόμενο στάδιο του διαγνωστικού

ελέγχου⁽¹⁵⁾.

Με βάση τις εκτιμήσεις του προηγούμενου σταδίου της ταυτοποίησης οδηγηθήκαμε σε ένα υπόδειγμα **ARMA (1,1)**, με σκοπό στο στάδιο της εκτίμησης να αναλυθεί λεπτομερώς το υπόδειγμα αυτό και να τροποποιηθεί εφόσον αυτό απαιτηθεί έως ότου πάρουμε την άριστη εκτίμηση.

Ο πίνακας 14, παρουσιάζει τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας Box και Jenkins για το στάδιο της εκτίμησης σε τρία τμήματα: **α)** το τμήμα του αλγορίθμου για την εκτίμηση των τιμών των παραμέτρων του υποδείγματος **β)** το τμήμα της περιγραφής του υποδείγματος και **γ)** το τμήμα του ελέγχου των παραμέτρων. Ειδικότερα:

Minimization Phase Section

Itn	Error Sum		
No.	of Squares	AR(1)	MA(1)
0	4,896911E+11	0,1	0,1
1	3,774157E+11	0,3344432	-0,1546561
2	3,142409E+11	0,7998708	0,3830055
3	3,068429E+11	0,9712101	0,6946607
4	3,039917E+11	0,9301864	0,6192554
5	3,039327E+11	0,9220129	0,6018986
6	3,039313E+11	0,9229017	0,603956

Maximum iterations exceeded.

⁽¹⁵⁾ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΣ Ι. Λ. (1991), "Ανάλυση Χρονολογικών Σειρών", ΑΘΗΝΑ σελ. 137

Model Description Section

Series	Επιβατική Κίνηση-TREND
Model	Regular(1,0,1) Seasonal(0,1,0) Seasons=12
Trend Equation	(561054.3)+(2631.826)x(date)
Observations	132
Iterations	6
Pseudo R-Squared	98,987692
Residual Sum of Squares	3,039313E+11
Mean Square Error	2,575689E+09
Root Mean Square	50751,24

Model Estimation Section

Parameter Name	Parameter Estimate	Standard Error	T-Value	Prob Level
AR(1)	0,9229017	5,771044E-02	15,9919	0,000000
MA(1)	0,603956	0,1117554	5,4043	0,000000

Πίνακας 14 «Αποτελέσματα μεθοδολογίας Box-Jenkins»

Στην φάση της ελαχιστοποίησης (minimization Phase Section), έχουμε την εξέλιξη του αλγορίθμου για την εκτίμηση των τιμών των παραμέτρων AR(p) και MA(q), την τιμή του αθροίσματος των τετραγώνων των λαθών που ελαχιστοποιείται από τον αλγόριθμο (Error Sum of Squares-ESS), καθώς και τον αριθμό των επαναλήψεων, πριν ο αλγόριθμος δώσει τις τελικές εκτιμήσεις. Έτσι, η εκτίμηση των τιμών των παραμέτρων του υποδείγματος πραγματοποιήθηκε κατόπιν 06 επαναλήψεων του αλγορίθμου με ταυτόχρονη μείωση της τιμής του ESS από 4,896911E+11 σε 3,039313E+11.

Τα αποτελέσματα της παραπάνω φάσης μας οδηγούν σε ένα υπόδειγμα το οποίο αποτελείται από τις εξής παραμέτρους: **ARIMA (1,0,1) (0,1,0)**. Ειδικότερα, αποτελείται από μια (01) αυτοπαλίνδρομη παράμετρο, μια (01) παράμετρο κινητού μέσου καθώς και πρώτης τάξεως (01) εποχική διαφορά της σειράς.

Όπως και στην προηγούμενη ενότητα έχουμε την στατιστική Pseudo R-Squared, η οποία λειτουργεί όπως προαναφέρθηκε σαν τον συντελεστή R-Square της πολλαπλής παλινδρόμησης. Η παρατηρούμενη τιμή 98,987 είναι μια αρκετά υψηλή τιμή η οποία φανερώνει ότι το υπόδειγμα δίνει αρκετά καλές προβλέψεις.

Σημειώνεται ότι, από την σειρά έχει απομακρυνθεί η τάση. Η απομάκρυνση της τάσης πραγματοποιείται προκειμένου να έχουμε ικανοποιητικότερες εκτιμήσεις στις τιμές των προβλέψεων, παρόλο που πολλές φορές με την διαφοροποίηση της σειράς επιτυγχάνεται και η απομάκρυνση της τάσης. Η εκτίμηση των τιμών της τάσης δίνεται από την σχέση:

$$\text{Trend} = (561.054,3) + (2631,826) \times (\text{date})$$

Η τιμή του Αθροίσματος των Τετραγώνων των Καταλοίπων (Residual Sum of Squares), είναι η τιμή της στατιστικής η οποία ουσιαστικά ελαχιστοποιείται από τον αλγόριθμο και μας δίνει τις τελικές εκτιμήσεις των τιμών των παραμέτρων. Η τιμή του Μέσου Τετραγώνου των Λαθών (Mean Square Error =2,575689E+09), είναι ένα μέτρο του κατά πόσο οι εκτιμήσεις των προβλέψεων είναι κοντά με τις πραγματικές τιμές το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως στους πίνακες ανάλυσης διακύμανσης.

Οι τιμές των εκτιμώμενων παραμέτρων φαίνονται επίσης στον πίνακα 14. Ειδικότερα, η τιμή του αυτοπαλίνδρομου παραμέτρου AR(1) είναι 0,9229017 και η τιμή της παραμέτρου του κινητού μέσου MA(1) είναι 0,603956.

Η στατιστική T-Value ελέγχει εάν οι παράμετροι είναι στατιστικά σημαντικοί (διάφοροι του μηδενός). Η τιμή του επιπέδου πιθανότητας (probability level), του

παραπάνω ελέγχου της T-Value (για καθορισμένο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$), πρέπει να είναι μικρότερη από 0.05, έτσι ώστε η παράμετρος να είναι στατιστικά διαφορετική του μηδενός. Από την ανάλυση παρατηρούμε ότι οι παράμετροι AR(1) και MA(1) είναι στατιστικά σημαντικοί, οπότε και διάφοροι του μηδενός.

4.3.3 Στάδιο Διαγνωστικού Ελέγχου

Στο στάδιο του διαγνωστικού ελέγχου προσπαθούμε να ελέγξουμε αν το υπόδειγμα που εκτιμήσαμε παραπάνω είναι το άριστο. Αν δηλαδή δεν υπάρχει άλλο υπόδειγμα διαφορετικής μορφής βαθμού ή παραμέτρων που να υπερτερεί του αρχικά εκτιμηθέντος υποδείγματος, σε ότι αφορά την συμπεριφορά των σφαλμάτων ή την προβλεπτική του ικανότητα.⁽¹⁶⁾ Σε ένα αποτελεσματικό υπόδειγμα τα κατάλοιπα χαρακτηρίζονται καθαρά (white noise), δηλαδή κατανέμονται ομοιόμορφα με μέσο μηδέν και διακύμανση σ_u^2 .

4.3.3.1 Έλεγχος συνάρτησης αυτοσυσχέτισης

Μια αποτελεσματική μέθοδος είναι αυτή που βασίζεται στην ανάλυση των καταλοίπων. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοσθεί στη συνάρτηση αυτοσυσχέτισης (ρ_k) των καταλοίπων (της σειράς που προκύπτει από το υπόδειγμα που εκτιμήσαμε). Εάν όλες οι αυτοσυσχετίσεις και οι μερικές αυτοσυσχετίσεις είναι μικρές, το υπόδειγμα μας θεωρείται επαρκές και οι προβλέψεις του ικανοποιητικές. Εάν κάποιες

⁽¹⁶⁾ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΣ Ι. Α. (1991), “Ανάλυση Χρονολογικών Σειρών”, ΑΘΗΝΑ σελ.149

από τις αυτοσυσχετίσεις είναι μεγάλες τότε κάποιες από τις τιμές των παραμέτρων ρ ή/και q διορθώνονται και το υπόδειγμα πρέπει να τροποποιηθεί.

Ο πίνακας 15 και το γράφημα 20, δείχνουν τις τιμές των συντελεστών αυτοσυσχέτισης των καταλοίπων για τις υστερήσεις $k=1$ έως $k=48$

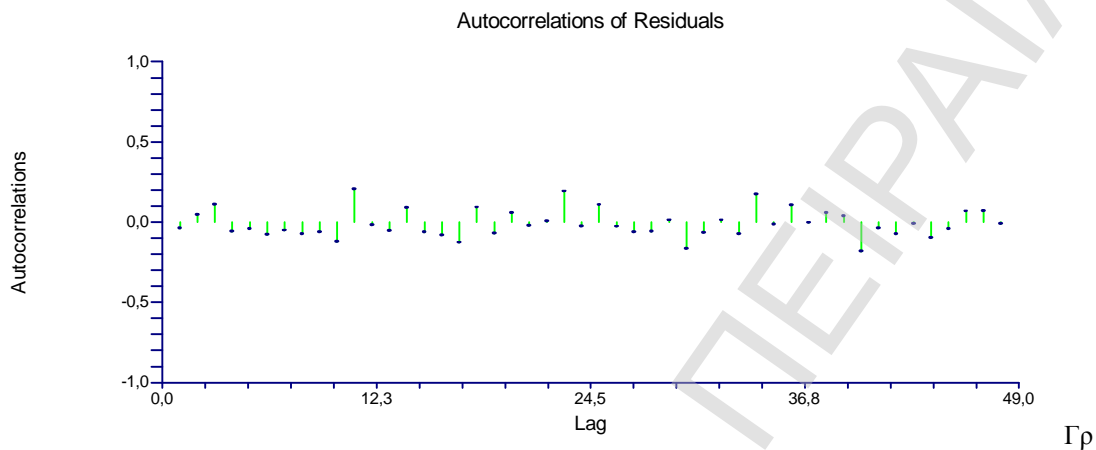
Autocorrelations of Residuals of Passengers-TREND

Lag	Correlation	Lag	Correlation	Lag	Correlation	Lag	Correlation
1	-0,0386	13	-0,05262	25	0,107309	37	-0,0043
2	0,04689	14	0,090301	26	-0,02793	38	0,05687
3	0,10997	15	-0,06299	27	-0,06097	39	0,03711
4	-0,0592	16	-0,08169	28	-0,05918	40	-0,1818
5	-0,0421	17	-0,12802	29	0,011702	41	-0,0367
6	-0,0787	18	0,092116	30	-0,16531	42	-0,0752
7	-0,0516	19	-0,07035	31	-0,0652	43	-0,0095
8	-0,073	20	0,058049	32	0,01152	44	-0,0979
9	-0,0611	21	-0,02296	33	-0,07458	45	-0,0415
10	-0,1233	22	0,007042	34	0,173131	46	0,06733
11	0,20553	23	0,191401	35	-0,01358	47	0,06913
12	-0,0179	24	-0,02466	36	0,104622	48	-0,0102

Significant if $|\text{Correlation}| > 0,174078$

Πίνακας 15 «Συνάρτηση αυτοσυσχέτισης των καταλοίπων»

Autocorrelation Plot Section



άφημα 20 «Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης των καταλοίπων »

Εάν τα κατάλοιπα είναι λευκού θορύβου (White Noise), δηλαδή τελείως τυχαία τότε όλοι οι συντελεστές της αυτοσυσχέτισης πρέπει να είναι μη-σημαντικοί. Εάν κάποιος βρεθούν σημαντικοί τότε το υπόδειγμα πρέπει να τροποποιηθεί διότι ενδεχομένως τα κατάλοιπα να μην είναι τελείως τυχαία.

Παρατηρούμε ωστόσο ότι σε δύο (02) από τις σαράντα οκτώ (48) υστερήσεις οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης των καταλοίπων είναι στατιστικά σημαντικοί και συγκεκριμένα στις υστερήσεις 11 και 23.

Ωστόσο, όπως ήδη προαναφέρθηκε μια αυτοσυσχέτιση που είναι στατιστικά σημαντική, μπορεί να μην είναι αρκετά μεγάλη ώστε να επηρεάσει την τυχαιότητα της σειράς.

4.3.3.2 Έλεγχος Portmanteau

Ο έλεγχος με την βοήθεια της συνάρτησης αυτοσυσχέτισης γίνεται για κάθε μια αυτοσυσχέτιση ξεχωριστά. Ωστόσο υπάρχει ο έλεγχος Portmanteau (πίνακας 16), με τον οποίο ελέγχονται k συσχετίσεις συγχρόνως.

Portmanteau Test Section Passengers-TREND

Lag	DF	Portmanteau Test Value	Prob Level	Decision (0.05)
3	1	2,16	0,14176	Adequate Model
4	2	2,64	0,2667	Adequate Model
5	3	2,89	0,40898	Adequate Model
6	4	3,76	0,43965	Adequate Model
7	5	4,14	0,53006	Adequate Model
8	6	4,9	0,55732	Adequate Model
9	7	5,43	0,60741	Adequate Model
10	8	7,64	0,46983	Adequate Model
11	9	13,81	0,12921	Adequate Model
12	10	13,86	0,17955	Adequate Model
13	11	14,27	0,21842	Adequate Model
14	12	15,49	0,21562	Adequate Model
15	13	16,09	0,2442	Adequate Model
16	14	17,11	0,25039	Adequate Model
17	15	19,63	0,18658	Adequate Model
18	16	20,95	0,18056	Adequate Model
19	17	21,72	0,19567	Adequate Model
20	18	22,25	0,22092	Adequate Model
21	19	22,34	0,26777	Adequate Model
22	20	22,35	0,32205	Adequate Model
23	21	28,29	0,1321	Adequate Model

24	22	28,39	0,16311	Adequate Model
25	23	30,29	0,14116	Adequate Model
26	24	30,42	0,1711	Adequate Model
27	25	31,05	0,18737	Adequate Model
28	26	31,65	0,2051	Adequate Model
29	27	31,67	0,24456	Adequate Model
30	28	36,41	0,1325	Adequate Model
31	29	37,15	0,14236	Adequate Model
32	30	37,18	0,17207	Adequate Model
33	31	38,17	0,17572	Adequate Model
34	32	43,58	0,08324	Adequate Model
35	33	43,61	0,10238	Adequate Model
36	34	45,63	0,0878	Adequate Model
37	35	45,63	0,10766	Adequate Model
38	36	46,24	0,11792	Adequate Model
39	37	46,5	0,13603	Adequate Model
40	38	52,86	0,05515	Adequate Model
41	39	53,12	0,06523	Adequate Model
42	40	54,23	0,06593	Adequate Model
43	41	54,25	0,08046	Adequate Model
44	42	56,18	0,07054	Adequate Model
45	43	56,53	0,08086	Adequate Model
46	44	57,46	0,08382	Adequate Model
47	45	58,46	0,08592	Adequate Model
48	46	58,48	0,10255	Adequate Model

Πίνακας 16 «Έλεγχος Portmanteau»

Ειδικότερα, ο έλεγχος χρησιμοποιείται για να καθορίσουμε εάν υπάρχει κάποια σχηματική μορφή στα εναπομείναντα κατάλοιπα και πραγματοποιείται με βάση την σημαντικότητα της αυτοσυσχέτισης σε κάποια συγκεκριμένη υστέρηση. Η μηδενική

υπόθεση που χρησιμοποιείται είναι της μορφής $H_0: \rho_1, \rho_2, \dots, \rho_k$ είναι στατιστικά ασήμαντες. Η στατιστική Portmanteau έχει την παρακάτω μορφή:

$Q(k) = N(N+2) \sum r_j^2 / N-j$, όπου η $Q(k)$ κατανέμεται σαν την X_k^2 με $(K-p-q-P-Q)$ βαθμούς ελευθερίας, με περιοχή απόρριψης $R = \{Q > X_{k-1-\alpha}^2\}$

Από τον ανωτέρω πίνακα φαίνεται ότι ο έλεγχος δεν δείχνει κάποια επιπρόσθετη πληροφορία στα κατάλοιπα της αυτοσυσχέτισης. Οπότε μπορούμε να ισχυριστούμε ότι το υπόδειγμά μας είναι *επαρκές* και να προχωρήσουμε στην δημιουργία προβλέψεων

4.4 Αποτελέσματα

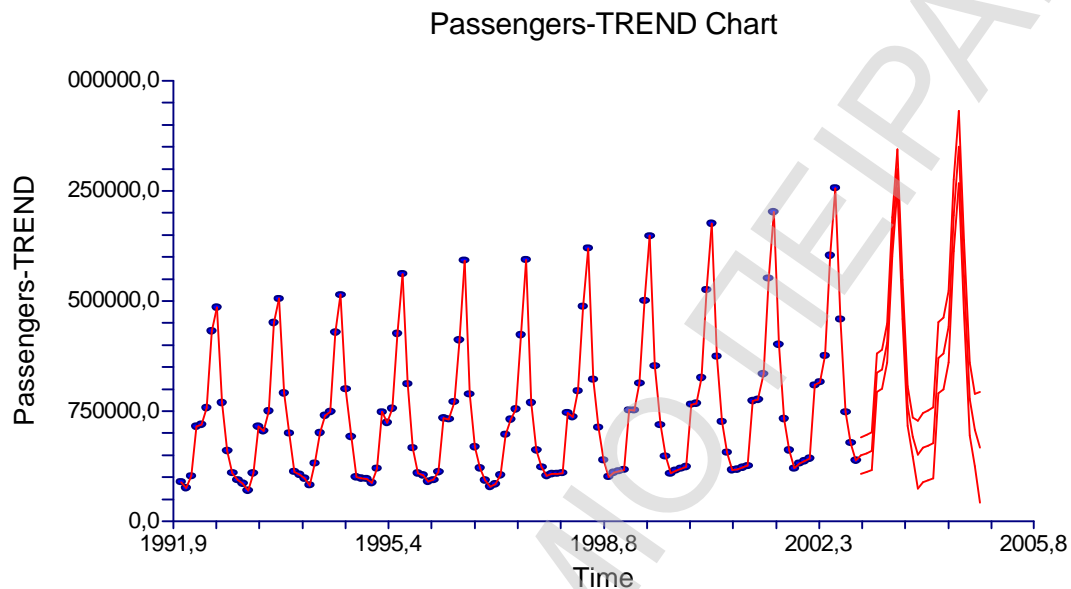
Στον πίνακα 17, φαίνονται οι προβλεπόμενες τιμές του υποδείγματος για τους μήνες 2003:1 έως 2005:12, καθώς και τα 95% όρια πρόβλεψης. Τα όρια δεικνύουν που περίπου η πραγματική τιμή είναι πιθανό να κυμανθεί σε μια επιλεγόμενη μελλοντική περίοδο, με 95% βεβαιότητα, με την προϋπόθεση πάντα ότι το υπό εξέταση υπόδειγμα είναι το κατάλληλο για τα δεδομένα μας.

Forecast Section of Passengers

Row	Date	Forecast	Lower 95% Limit	Upper 95% Limit
133	2003 1	454080,5	349673	558488
134	2003 2	466093,1	357657,7	574528,4
135	2003 3	479045,2	367293,5	590796,8
136	2003 4	974464,4	859963,8	1088965
137	2003 5	991447,5	874656,6	1108239

138	2003 6	1167746	1049039	1286453
139	2003 7	1847062	1726748	1967377
140	2003 8	2303530	2181863	2425198
141	2003 9	1408618	1285810	1531426
142	2003 10	774140,1	650369	897911,2
143	2003 11	561953,6	437368,1	686539,1
144	2003 12	440995,9	273068,9	608922,9
145	2004 1	478648,9	305093,8	652204
146	2004 2	488970,2	310761,5	667178,9
147	2004 3	500361,4	318282,8	682440
148	2004 4	994340,1	809029	1179651
149	2004 5	1009994	821973,2	1198014
150	2004 6	1185065	994767,5	1375363
151	2004 7	1863249	1671033	2055466
152	2004 8	2318672	2124837	2512508
153	2004 9	1422796	1227592	1618000
154	2004 10	787427,3	591065,4	983789,1
155	2004 11	574419,2	377076,4	771762,1
156	2004 12	452703,4	222973,5	682433,3
157	2005 1	489656,7	254870,2	724443,1
158	2005 2	499332,2	260323,2	738341,1
159	2005 3	510127,4	267579,9	752674,9
160	2005 4	1003556	758034,8	1249077
161	2005 5	1018702	770676,1	1266728
162	2005 6	1193305	943165,5	1443445
163	2005 7	1871057	1619131	2122983
164	2005 8	2326081	2072643	2579518
165	2005 9	1429836	1175118	1684554
166	2005 10	794127,6	538324,1	1049931
167	2005 11	580805,9	324081,5	837530,3
168	2005 12	458800,6	175617,2	741984

Πίνακας 17 «Πρόβλεψη της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά με την μεθοδολογία Box-Jenkins »

Forecast and Data Plot

Γράφημα 21 «Πρόβλεψη της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά για τα έτη από το 2003 έως το έτος 2005»

Με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 17 αλλά και το γράφημα 21, παρατηρούμε καταρχήν μια ανοδική τάση στις τιμές των προβλέψεων της ζήτησης ακτοποϊκών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά για τα έτη 2003 έως 2005.

Όμως, όπως και στην περίπτωση της μεθόδου της εποχικής αποσύνθεσης περαιτέρω αξιολόγηση των αποτελεσμάτων πρόβλεψης με την παρούσα μέθοδο θα γίνει σε άλλη ενότητα της εργασίας.

5. Συμπεράσματα

Όπως έχει ήδη αναφερθεί σκοπός αυτής της εργασίας είναι η πρόβλεψη της ζήτησης των λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά με την χρήση Οικονομικών υποδειγμάτων και υποδειγμάτων Χρονολογικών σειρών, καθώς και η εξέταση του φαινομένου της εποχικότητας.

5.1 Αξιολόγηση των προβλέψεων της μεθοδολογίας Αποκλεισμού των Μεταβλητών (Backward Elimination Procedure)

Για την εξεύρεση των παραγόντων που είναι δυνατό να επηρεάζουν τη ζήτηση των λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά, της σχέσης που ενδεχομένως να υπάρχει μεταξύ των παραγόντων, του βαθμού που κάθε παράγοντας επηρεάζει την σχέση αυτή καθώς και για τον προσδιορισμό του είδους της σχέσης, χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία αποκλεισμού των μεταβλητών (Backward Elimination Procedure).

Συνοπτικά, τα αποτελέσματα της ανάλυσης οδήγησαν στην κατασκευή του παρακάτω υποδείγματος:

$$(P_{pir}) = 3.739.240,8 + 3,612 (P_{raf}) - 0,163 (P_{ath})$$

όπου, P_{pir} : είναι η ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά, P_{raf} : η ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας και P_{ath} : η ζήτηση επιβατικών υπηρεσιών του αερολιμένα Αθηνών.

Αναλυτικότερα, ο συντελεστής της ζήτησης των λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας είναι θετικός ($\beta_1=3,612$), γεγονός που δηλώνει ότι η

προβλεπόμενη τιμή της ζήτησης των λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά αυξάνει, όταν η τιμή της μεταβλητής της ζήτησης των λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας, αυξάνει.

Παράλληλα, η τιμή $\beta_1=3,612$ δηλώνει ότι η μέση ετήσια μεταβολή της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά, αυξάνει περίπου κατά τέσσερις (04) επιβάτες για μια αύξηση κατά έναν (01) επιβάτη της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας, εφόσον η γραμμική σχέση της μεταβλητής της ζήτησης επιβατικών υπηρεσιών του αερολιμένα Αθηνών με τις μεταβλητές των λιμένων Πειραιά και Ραφήνας, έχει αφαιρεθεί από το υπόδειγμα.

Επιπρόσθετα, ο συντελεστής της ζήτησης επιβατικών υπηρεσιών του αερολιμένα Αθηνών ($\beta_2= -0,163$), είναι αρνητικός και δηλώνει ότι η μέση ετήσια μεταβολή της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά, μειώνεται περίπου κατά τρεις (03) επιβάτες για μια αύξηση κατά είκοσι (20) επιβάτες της ζήτησης επιβατικών υπηρεσιών του αερολιμένα Αθηνών.

Με βάση τα προαναφερόμενα αλλά και τα αποτελέσματα του υποδείγματος (πίνακας 5), συμπεράναμε ότι η ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά αυξάνει, όταν η ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας αυξάνει. Με άλλα λόγια, εάν θεωρήσουμε ότι η επιβατική κίνηση του αερολιμένα Αθηνών για το αμέσως επόμενο έτος παραμένει σταθερή, ενώ η ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας παρουσιάσει αύξηση κατά περίπου 150.000 επιβάτες, τότε η ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά αναμένεται να αυξηθεί περίπου κατά 541.800 επιβάτες, ενώ με βάση την μαθηματική σχέση του υποδείγματος η συνολική ζήτηση θα κυμανθεί στα παρακάτω επίπεδα:

$$(P_{pir}) = 3.739.240,8 + 3,612 (150.000) - 0,163 (0) = 4.281.040,8$$

Επιπλέον, σύμφωνα με το υπό εκτίμηση υπόδειγμα μια αύξηση της ζήτησης των λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας κατά έναν (01) επιβάτη, αναμένεται να οδηγήσει σε μια μέση αύξηση της ζήτησης των λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά, περίπου κατά τέσσερις (04) επιβάτες. Με άλλα λόγια, σε μια επικείμενη αύξηση της **συνολικής** ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών (για παράδειγμα λόγω των διακοπών του Πάσχα ή του τριημέρου του Αγίου Πνεύματος), τα 4/5 της αύξησης αυτής θα τα απορροφήσει το λιμάνι του Πειραιά, που αποτελεί και το μεγαλύτερο λιμάνι της χώρας, και το 1/5 θα το απορροφήσει το λιμάνι της Ραφήνας. Σύμφωνα λοιπόν με τα ανωτέρω, σε μια επικείμενη αύξηση της συνολικής ζήτησης για λιμενικές επιβατικές υπηρεσίες (για παράδειγμα καλοκαιρινές διακοπές κ.λπ.), ο λιμένας Ραφήνας απορροφά ένα μικρό μόνον ποσοστό ζήτησης αυτής σε σχέση με το ποσοστό της ζήτησης που απορροφά ο λιμένας Πειραιά.

Το γεγονός αυτό, παρότι δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσας εργασίας, μπορεί εύκολα να εξηγηθεί, δεδομένου ότι οφείλεται σε πολλούς παράγοντες, οι οποίοι με τον ένα ή τον άλλο τρόπο επηρεάζουν την συμπεριφορά του επιβατικού κοινού.

Συνοπτικά θα μπορούσαμε να αναφέρουμε ως σημαντικό παράγοντα το γεγονός ότι, ο λιμένας Πειραιά διαθέτει ολοκληρωμένη σύνδεση με τα μέσα μαζικής μεταφοράς και ως εκ τούτου διαθέτει καλύτερο δίκτυο προσβασιμότητας στις υπηρεσίες που προσφέρει σε σχέση με τον λιμένα της Ραφήνας καθώς και το γεγονός ότι ο λιμένας του Πειραιά διαθέτει σύνδεση με το σύνολο των νησιών του Αιγαίου (Κυκλάδες, Δωδεκάνησα, Κρήτη κ.λπ.), ενώ αντίθετα ο λιμένας Ραφήνας συνδέεται μόνον με τις Κυκλάδες και την Εύβοια, παράγοντας ο οποίος επηρεάζει σημαντικά στην συμπεριφορά τόσο του επιβατικού κοινού όσο και για τους πλοιοκτήτες-ακτοπλόους οι οποίοι λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, δρομολογούν πολλές φορές δεύτερης κατηγορίας πλοία στον λιμένα της Ραφήνας, δεδομένου ότι τα πρώτης κατηγορίας (ταχύπλοα, νέας κατασκευής) πλοία δρομολογούνται στον λιμένα Πειραιά όπου η

κίνηση είναι εντονότερη, τα μερίδια της αγοράς μεγαλύτερα και ο ανταγωνισμός αυξημένος.

Επιπρόσθετα, με βάση τα αποτελέσματα του υποδείγματος συμπεράναμε επίσης ότι η ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά μειώνεται όταν η ζήτηση επιβατικών υπηρεσιών του αερολιμένα Αθηνών αυξάνεται. Αναμενόμενος στην περίπτωση αυτή είναι ο αρνητικός συντελεστής της ζήτησης επιβατικών υπηρεσιών του αερολιμένα Αθηνών ($\beta_2 = -0,163$), δεδομένου ότι πλοίο και αεροπλάνο είναι δύο εναλλακτικά μεταφορικά μέσα ως προς την προσφορά επιβατικών μεταφορικών υπηρεσιών και ως εκ τούτου αναμένεται η αύξηση της ζήτησης επιβατικών υπηρεσιών του αερολιμένα Αθηνών να οδηγήσει σε μείωση της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά.

Είναι προφανές ότι, πλοίο και αεροπλάνο προσφέρουν δύο διαφορετικού είδους υπηρεσίες ή οποίες ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στην αγορά προσπαθούν να προσελκύσουν το ενδιαφέρον του επιβατικού κοινού. Η επιλογή του ενός ή του άλλου μεταφορικού μέσου καθορίζεται με βάση ένα σύνολο υποκειμενικών πολλών φορές παραγόντων όπως η ταχύτητα του μεταφορικού μέσου, το επίπεδο ασφάλειας που παρέχεται και από τα δύο μεταφορικά μέσα, το κόστος της προσφερόμενης υπηρεσίας, η μεταφορική ικανότητα του μέσου αλλά και η συχνότητα των δρομολογίων του μέσου.

5.2 Αξιολόγηση των προβλέψεων της μεθοδολογίας της Εποχικής Αποσύνθεσης (Seasonal Decomposition Method) και της μεθοδολογίας Box-Jenkins

Όπως προαναφέρθηκε ήδη, σκοπός της εφαρμογής της μεθοδολογίας των Box-Jenkins είναι η κατασκευή υποδειγμάτων για αναλυτικούς και προβλεπτικούς σκοπούς,

ενώ παράλληλα η μέθοδος της εποχικής αποσύνθεσης χρησιμοποιείται επίσης και ως μέσο πρόβλεψης.

Σκοπός της παρούσας ενότητας είναι να αναλύσουμε τα αποτελέσματα των προβλέψεων των δύο μεθοδολογιών καταλήγοντας παράλληλα και σε κάποιες γενικότερες διαπιστώσεις όσον αφορά τον μηχανισμό πρόβλεψης των δύο μεθοδολογιών.

Στους πίνακες 18 και 19, παρουσιάζονται αναλυτικά οι μηνιαίες προβλέψεις και των δύο μεθοδολογιών για τα έτη 2003 έως 2005, από όπου μπορούμε να διακρίνουμε τα ακόλουθα:

α) Και οι δύο μεθοδολογίες ακολουθούν την τάση που είχε διαγραφεί στις προηγούμενες ενότητες της εργασίας σχετικά με τα επίπεδα ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών και αφορούν στην από έτος σε έτος αύξηση της ζήτησης.

Έτσι, οι προβλέψεις της μεθοδολογίας Box-Jenkins για την ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά για τα έτη 2003 έως 2005, κυμαίνεται αντίστοιχα στα 11.869.176, 12.076.646 και 12.175.387 επιβάτες ετησίως, ενώ οι προβλέψεις της μεθοδολογίας της εποχικής αποσύνθεσης (Census method I), στα 10.885.104, 11.237.724 και 11.590.339 επιβάτες για τα αντίστοιχα έτη.

β) Αναφορικά με το καθαρά ποσοτικό μέρος των προβλέψεων παρατηρείται μια αρκετά μεγάλη διαφορά στις εκτιμήσεις των μεθοδολογιών στις από έτος σε έτος προβλέψεις τους, με την μεθοδολογία των Box-Jenkins να δίνει υψηλότερες προβλέψεις σε σχέση με την μεθοδολογία της εποχικής αποσύνθεσης, και συγκεκριμένα, της τάξης των 984.069 επιβατών για το 2003, των 838.922 επιβατών για το 2004 και 585.048 επιβατών για έτος 2005, αντίστοιχα. Παρατηρείται ωστόσο μια τάση σύγκλισης στις από έτος σε έτος προβλέψεις των δύο μεθοδολογιών.

γ) Από τα αποτελέσματα της μηνιαίας ποσοστιαίας (%) κατανομής των προβλέψεων της ζήτησης των δύο μεθοδολογιών, παρατηρείται καταρχήν μια ομοιομορφία στην κατανομή των τιμών των προβλέψεων της μεθοδολογίας της

εποχικής αποσύνθεσης και για τα τρία έτη (2003-2005), σε αντίθεση με την ποσοστιαία (%) μηνιαία κατανομή των τιμών των προβλέψεων της μεθοδολογίας Box-Jenkins όπου αυτή διαφέρει από έτος σε έτος.

Year Season	Forecast Box-Jenkins	Forecast Census I	Ετήσιο % Box-Jenkins	Ετήσιο % Census I
2003 1	454.080,50	380.049,40	3,8	3,5
2003 2	466.093,10	365.470,40	3,9	3,4
2003 3	479.045,20	439.256	4,0	4,0
2003 4	974.464,40	891.318	8,2	8,2
2003 5	991.447,50	906.890,40	8,4	8,3
2003 6	1.167.746,00	1.066.337	9,8	9,8
2003 7	1.847.062,00	1.761.841	15,6	16,2
2003 8	2.303.530,00	2.236.447	19,4	20,5
2003 9	1.408.618,00	1.218.018	11,9	11,2
2003 10	774.140,10	734.753,20	6,5	6,8
2003 11	561.953,60	486.523,70	4,7	4,5
2003 12	440.995,90	398.203	3,7	3,7
	11.869.176,30	10.885.107	100,0	100,0
2004 1	478.648,90	392.561,10	4,0	3,5
2004 2	488.970,20	377.469,20	4,0	3,4
2004 3	500.361,40	453.637,90	4,1	4,0
2004 4	994.340,10	920.421,60	8,2	8,2
2004 5	1.009.994,00	936.422,10	8,4	8,3
2004 6	1.185.065,00	1.100.967	9,8	9,8
2004 7	1.863.249,00	1.818.904	15,4	16,2
2004 8	2.318.672,00	2.308.686	19,2	20,5
2004 9	1.422.796,00	1.257.255	11,8	11,2
2004 10	787.427,30	758.359,20	6,5	6,7
2004 11	574.419,20	502.112,80	4,8	4,5
2004 12	452.703,40	410.928,30	3,7	3,7
	12.076.646,50	11.237.724,20	100,0	100,0
2005 1	489.656,70	405.072,70	4,0	3,5
2005 2	499.332,20	389.467,90	4,1	3,4

2005 3	510.127,40	468.019,70	4,2	4,0
2005 4	1.003.556,00	949.525,20	8,2	8,2
2005 5	1.018.702,00	965.953,90	8,4	8,3
2005 6	1.193.305,00	1.135.596	9,8	9,8
2005 7	1.871.057,00	1.875.966	15,4	16,2
2005 8	2.326.081,00	2.380.925	19,1	20,5
2005 9	1.429.836,00	1.296.492	11,7	11,2
2005 10	794.127,60	781.965,20	6,5	6,7
2005 11	580.805,90	517.702	4,8	4,5
2005 12	458.800,60	423.653,50	3,8	3,7
	12.175.387,40	11.590.339,10	100,0	100,0

Πίνακας 18 «Ετήσιες προβλέψεις υποδειγμάτων και κατανομή της ζήτησης»

Year/ Season	Forecast (1) Box-Jenkins	Forecast (2) Census I	Διαφορά (1) – (2)
2003 1	454.080,50	380.049,40	74.031,10
2003 2	466.093,10	365.470,40	100.622,70
2003 3	479.045,20	439.256	39.789,20
2003 4	974.464,40	891.318	83.146,40
2003 5	991.447,50	906.890,40	84.557,10
2003 6	1.167.746,00	1.066.337	101.409,00
2003 7	1.847.062,00	1.761.841	85.221,00
2003 8	2.303.530,00	2.236.447	67.083,00
2003 9	1.408.618,00	1.218.018	190.600,00
2003 10	774.140,10	734.753,20	39.386,90
2003 11	561.953,60	486.523,70	75.429,90
2003 12	440.995,90	398.203	42.792,90
2004 1	478.648,90	392.561,10	86.087,80

2004 2	488.970,20	377.469,20	111.501,00
2004 3	500.361,40	453.637,90	46.723,50
2004 4	994.340,10	920.421,60	73.918,50
2004 5	1.009.994,00	936.422,10	73.571,90
2004 6	1.185.065,00	1.100.967	84.098,00
2004 7	1.863.249,00	1.818.904	44.345,00
2004 8	2.318.672,00	2.308.686	9.986,00
2004 9	1.422.796,00	1.257.255	165.541,00
2004 10	787.427,30	758.359,20	29.068,10
2004 11	574.419,20	502.112,80	72.306,40
2004 12	452.703,40	410.928,30	41.775,10
2005 1	489.656,70	405.072,70	84.584,00
2005 2	499.332,20	389.467,90	109.864,30
2005 3	510.127,40	468.019,70	42.107,70
2005 4	1.003.556,00	949.525,20	54.030,80
2005 5	1.018.702,00	965.953,90	52.748,10
2005 6	1.193.305,00	1.135.596	57.709,00
2005 7	1.871.057,00	1.875.966	-4.909,00
2005 8	2.326.081,00	2.380.925	-54.844,00
2005 9	1.429.836,00	1.296.492	133.344,00
2005 10	794.127,60	781.965,20	12.162,40
2005 11	580.805,90	517.702	63.103,90
2005 12	458.800,60	423.653,50	35.147,10

Πίνακας 19 «Σύγκριση πρόβλεψης υποδείγματος Εποχικής αποσύνθεσης και Box-Jenkins»

Με μια προσεκτικότερη ματιά παρατηρείται επίσης μια τάση ομοιομορφίας στην κατανομή των τιμών των μηνιαίων προβλέψεων της μεθοδολογίας Box-Jenkins από έτος σε έτος, δηλαδή παρατηρείται μια μείωση της ποσοστιαίας τιμής του μήνα Αύγουστου για τα έτη 2003 έως 2005 με τιμές 19,4% , 19,2% και 19,1% αντίστοιχα, με μια παράλληλη αύξηση της τιμής του μήνα Φεβρουαρίου με τιμές 3,9% , 4,0% και 4,1% αντίστοιχα για τα προαναφερόμενα έτη.

δ) Και οι δυο (02) μεθοδολογίες λαμβάνουν υπόψη την εποχικότητα της ζήτησης στις εκτιμήσεις – προβλέψεις τους. Ειδικότερα, από την ποσοστιαία (%) κατανομή και των δύο μεθοδολογιών παρατηρείται ότι, σύμφωνα με την μεθοδολογία Box-Jenkins το τρίμηνο (Ιούλιος - Σεπτέμβριος) των ετών 2003, 2004 και 2005 θα απορροφήσει περίπου το 46% της συνολικής ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών και περίπου το 54% της ζήτησης αναμένεται να απορροφηθεί από τους λοιπούς μήνες του χρόνου, ενώ αντίστοιχα για την μεθοδολογία της εποχικής αποσύνθεσης το τρίμηνο (Ιούλιος - Σεπτέμβριος) των ετών 2003, 2004 και 2005 θα απορροφήσει περίπου το 48% της συνολικής ζήτησης και περίπου το 52% θα το απορροφήσουν οι λοιποί μήνες.

ε) Στην ανάλυση των ποσοτικών διαφορών των εκτιμήσεων της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών για τα έτη 2003-2005 παρατηρείται, όπως ήδη ειπώθηκε προγενέστερα, ότι η μεθοδολογία Box-Jenkins δίνει υψηλότερες εκτιμήσεις στις τιμές της ζήτησης από την μεθοδολογία της εποχικής αποσύνθεσης (Γράφημα 22), και ιδιαίτερα τους μήνες Φεβρουάριο και Σεπτέμβριο όπου η διαφορά και στις δύο περιπτώσεις ξεπερνά τους εκατό χιλιάδες (100.000) επιβάτες.

Ωστόσο, σημειώνεται ότι μόνον τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο του έτους 2005, οι τιμές της εποχικής αποσύνθεσης είναι μεγαλύτερες από τις τιμές της μεθοδολογίας Box-Jenkins, ενδεχομένως ως αποτέλεσμα της εποχικότητας που εκφράζει η πρώτη μεθοδολογία.

στ) Αξιοσημείωτο είναι επίσης το γεγονός ότι, οι εκτιμήσεις της μεθοδολογίας Box-Jenkins για το έτος 2005, δείχνουν αύξηση της ζήτησης άνω του ενός εκατομμυρίου επιβατών στους μισούς μήνες του χρόνου (Απρίλιος έως Σεπτέμβριος). Αντίστοιχα, στην μεθοδολογία της εποχικής αποσύνθεσης μόνον τέσσερις μήνες του χρόνου (Ιούνιος-Σεπτέμβριος) δείχνουν αύξηση άνω του ενός εκατομμυρίου επιβατών, ενώ δύο μήνες (Απρίλιος-Μάιος), προσεγγίζουν το ένα εκατομμύριο επιβάτες.



Γράφημα 22 «Προβλέψεις υποδειγμάτων Εποχικής Αποσύνθεσης και Box-Jenkins»

Συνοπτικά, με βάση την παραπάνω ανάλυση, συμπεραίνουμε ότι, η ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά για τα έτη 2003 έως 2005, παρουσιάζει αυξητικές, από έτος σε έτος, τάσεις. Η διαπίστωση αυτή είναι αρκετά σημαντική και έχει δύο διαφορετικές όψεις.

Η πρώτη όψη αφορά τα αποτελέσματα της αύξησης αυτής σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση του λιμένα. Μια συνεχής αύξηση της ζήτησης για λιμενικές επιβατικές υπηρεσίες από το λιμένα του Πειραιά **είναι δυνατό να προκαλέσει κορεσμό** στον λιμένα με αποτέλεσμα την αδυναμία εξυπηρέτησης του επιβατικού κοινού, την παροχή χαμηλού επιπέδου παρεχόμενων υπηρεσιών, ικανών να δυσφημήσουν το λιμάνι, κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες όπου η ζήτηση φτάνει στις μεγαλύτερες τιμές της.

Η δεύτερη όψη αφορά στην **προοπτική μιας ιδανικής, εν μέρει, ισοκατανομής της ζήτησης** λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών σε όλους τους μήνες του χρόνου. Στην περίπτωση αυτή και δεδομένου ότι από το μήνα Αύγουστο του έτους 2000 και για κάθε Αύγουστο έχουμε μια ζήτηση της τάξης των δύο εκατομμυρίων επιβατών περίπου, με

συνεχώς αυξανόμενη τάση, σημαίνει ότι ο λιμένας έχει ακόμη μια αρκετά μεγάλη δυναμική ικανή να καλύψει χωρητικότητα της τάξεως του ενάμιση εκατομμυρίου επιβατών μηνιαίως, χωρίς παράλληλα να δημιουργούνται ιδιαίτερα προβλήματα στην λειτουργία του λιμανιού, της πόλης και του περιβάλλοντα αστικού ιστού. Μια τέτοια προοπτική θα ανέβαζε την ετήσια ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά στους είκοσι (20) με είκοσι δύο (22) εκατομμύρια επιβάτες περίπου.

5.3 Αξιολόγηση των Αποτελεσμάτων της Εποχικότητας της ζήτησης με τη μεθοδολογία της Εποχικής Αποσύνθεσης

Για την εξέταση της ύπαρξης ή μη εποχικών διακυμάνσεων στην ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της εποχικής αποσύνθεσης. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης έδειξαν χαμηλή ζήτηση τους χειμερινούς μήνες και υψηλή ζήτηση τους καλοκαιρινούς μήνες, με αποκορύφωμα τον μήνα Αύγουστο όπου η ζήτηση για λιμενικές επιβατικές υπηρεσίες είναι έξι φορές μεγαλύτερη από τον μήνα Φεβρουάριο και πέντε φορές μεγαλύτερη από τον μήνα Μάιο.

Συνοπτικά τα αποτελέσματα της ανάλυσης έδειξαν ότι το εύρος των δεικτών κυμαίνεται από το χαμηλό 0,408329 τον μήνα Φεβρουάριο και φτάνει στο υψηλό 2,458360 τον μήνα Αύγουστο, γεγονός που χαρακτηρίζει την έντονη εποχικότητα της ζήτησης στο λιμένα Πειραιά. Παράλληλα, τον μήνα Απρίλιο σε σχέση με τον μήνα Μάρτιο, έχουμε διπλασιασμό της ζήτησης, ενώ αντίστοιχα τον μήνα Σεπτέμβριο έχουμε μια μείωση περίπου στο ήμισυ της ζήτησης του μήνα Αυγούστου.

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα συμπεραίνουμε ότι ουσιαστικά η ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά χαρακτηρίζεται από δύο σημαντικές χρονικές περιόδους που επηρεάζουν άμεσα την λειτουργία του λιμένα και

τους χρήστες αυτού, τους πλοιοκτήτες-ακτοπλόους οι οποίοι ουσιαστικά προσφέρουν τις υπηρεσίες, το επιβατικό κοινό το οποίο με την εκάστοτε συμπεριφορά του επηρεάζει την ζήτηση αλλά και το κράτος το οποίο θα πρέπει να προσαρμόσει την λιμενική του πολιτική στην υφιστάμενη κάθε φορά κατάσταση.

Αναλυτικότερα, η πρώτη χρονική περίοδο αφορά το διάστημα μεταξύ των μηνών Μαρτίου και Απριλίου, όπου παρατηρείται έντονη αύξηση της ζήτησης και η δεύτερη χρονική περίοδο μεταξύ των μηνών Αυγούστου και Σεπτεμβρίου, όπου ουσιαστικά παρατηρείται η πρώτη αλλά και συγχρόνως η μεγαλύτερη μείωση στην ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών.

Η έντονη καταρχήν αύξηση της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών μεταξύ των μηνών Μαρτίου και Απριλίου που ουσιαστικά οδηγεί στον διπλασιασμό της οφείλεται σε πολλούς και διαφορετικούς παράγοντες. Έναν σημαντικό παράγοντα αποτελεί το γεγονός ότι στην χώρα μας ο εορτασμός του Πάσχα γιορτάζεται ως επί το πλείστον τον μήνα Απρίλιο, με συνέπεια την αύξηση της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών. Είναι δε τόσο σημαντική η αύξηση της ζήτησης τις ημέρες του Πάσχα όπου ουσιαστικά θεωρείται από το σύνολο των εμπλεκόμενων με τη λιμενική βιομηχανία φορέων (χρήστες, πλοιοκτήτες, φορείς διοίκησης και εκμετάλλευσης λιμένων κ.λπ.), ως η περίοδος έναρξης του κύκλου εργασιών του λιμένα.

Ένας δεύτερος σημαντικός παράγοντας ο οποίος σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό και με τον προηγούμενο, αποτελεί η οικονομική ενίσχυση του καταναλωτικού-επιβατικού κοινού την περίοδο αυτή με το Πασχαλινό επίδομα, γεγονός που ενισχύει την καταναλωτική δύναμη του επιβατικού κοινού δίνοντας παράλληλα ώθηση σε μεταφορές και τουρισμό, αυξάνοντας με αυτό τον τρόπο την ζήτηση για λιμενικές επιβατικές υπηρεσίες.

Επίσης, σημαντικό ρόλο στη ζήτηση παίζει και ο ψυχολογικός παράγοντας δεδομένου ότι ο Απρίλιος είναι ο πρώτος μήνας, αμέσως μετά την χειμερινή περίοδο, με σχετικά καλές καιρικές συνθήκες στη χώρα που ευνοούν σε μεγάλο βαθμό

και χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία (όπως τους χειμερινούς μήνες) τα ταξίδια προς τα νησιά της χώρας.

Τέλος, σημαντικό παράγοντα αποτελεί και το γεγονός ότι κατά τον μήνα Απρίλιο ξεκινά και από το κράτος η διαφημιστική προβολή, τόσο στο εσωτερικό της χώρας όσο και στο εξωτερικό, σημαντικών νησιωτικών προορισμών προς ενίσχυση της βιομηχανίας του Τουρισμού.

Επιπρόσθετα, το ίδιο σημαντικοί είναι και οι παράγοντες μείωσης της ζήτησης για λιμενικές επιβατικές υπηρεσίες μεταξύ των μηνών Αυγούστου και Σεπτεμβρίου όπου ουσιαστικά έχουμε και την πρώτη μείωση της ζήτησης μετά την συνεχή αύξηση αυτής από τον μήνα Φεβρουάριο έως τον μήνα Αύγουστο.

Η λήξη των καλοκαιρινών διακοπών για το σύνολο του πληθυσμού (Ελλήνων και αλλοδαπών), αποτελεί ουσιαστικά το σημαντικότερο παράγοντα της μείωσης αυτής. Όπως είναι φυσικό, με την λήξη των διακοπών μειώνονται κατά πολύ οι μετακινήσεις του επιβατικού κοινού οπότε μειώνεται και η ζήτηση για μεταφορικές υπηρεσίες και ως εκ τούτου και η ζήτηση για λιμενικές επιβατικές υπηρεσίες, ως παράγωγος ζήτηση.

Βασικό παράγοντα της μείωσης αποτελεί παράλληλα και η έναρξη της σχολικής χρονιάς τον μήνα Σεπτέμβριο έκαστου έτους, γεγονός που επηρεάζει άμεσα τον οικονομικό προγραμματισμό των νοικοκυριών και κατ' επέκταση την εν γένει συμπεριφορά τους για μετακινήσεις.

Σημαντικό ρόλο παίζει επίσης και το γεγονός ότι τόσο για τα νοικοκυριά όσο και για τις επιχειρήσεις ο Σεπτέμβριος είναι μήνας ανασύνταξης και αναπροσαρμογής των οικογενειακών - επιχειρηματικών τους σχεδίων κάτι που σημαίνει ότι ένα μεγάλο μέρος του οικονομικού προϋπολογισμού καταναλώνεται στις νέες απαιτήσεις που τίθενται.

Τέλος και ο ψυχολογικός παράγοντας επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την μείωση αυτή δεδομένου ότι η αλλαγή των καιρικών συνθηκών επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την διάθεση του επιβατικού κοινού για διακοπές και ψυχαγωγία.

Όπως είναι φυσικό η έντονη αυτή διακύμανση στη ζήτηση των λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά σε διάστημα μόλις τεσσάρων μηνών (Απρίλιος-Μάιος και Αύγουστος-Σεπτέμβριος), επηρεάζει έντονα την λειτουργία του λιμένα, του χρήστες αλλά και το επίπεδο των προσφερόμενων υπηρεσιών.

6. Επίλογος

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας είναι η πρόβλεψη της ζήτησης των λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά, για την επίτευξη του οποίου χρησιμοποιήθηκαν **α)** η μέθοδος αποκλεισμού των μεταβλητών (Backward Elimination Procedure), η οποία συγκαταλέγεται στις τεχνικές των Οικονομετρικών υποδειγμάτων, καθώς και **β)** η μέθοδος Box-Jenkins και **γ)** η μέθοδος της Εποχικής Αποσύνθεσης (Seasonal Decomposition - η οποία μας δίνει και την δυνατότητα εξέτασης του φαινομένου της εποχικότητας), οι οποίες συγκαταλέγονται στις τεχνικές των Χρονολογικών σειρών.

Τα στοιχεία-δεδομένα της εργασίας προέρχονται από την Στατιστική Υπηρεσία του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας (Υ.Ε.Ν.) καθώς και τις στατιστικές επετηρίδες της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας της Ελλάδας (Ε.Σ.Υ.Ε.).

Η εργασία διακρίνεται σε τρεις διαφορετικές ενότητες που αφορούν: **α)** στον εντοπισμό της σχέσης που υπάρχει μεταξύ της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά για τα έτη 1971 έως 2000, της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας, της ζήτησης επιβατικών υπηρεσιών του αερολιμένα Αθηνών, της μέσης ετήσιας αύξηση του πληθυσμού της χώρας και τέλος του διαθέσιμου εισοδήματος, επίσης για τα έτη 1971 - 2000, καθώς και στην δημιουργία κατάλληλου οικονομετρικού υποδείγματος που θα μας βοηθήσει να εξηγήσουμε επακριβώς την σχέση αυτή, **β)** στην πρόβλεψη της ζήτησης με την χρήση της μεθόδου Box-Jenkins (τεχνική χρονολογικών σειρών), με την βοήθεια στοιχείων – δεδομένων από τον Ιανουάριο του έτους 1992 έως το Δεκέμβριο του έτους 2002 που αφορούν την **μηνιαία** ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά. Η τεχνική αυτή αφορά την κατασκευή, ταυτοποίηση, εφαρμογή και έλεγχο του κατάλληλου υποδείγματος χρονολογικών σειρών το οποίο εξηγεί ικανοποιητικά τα δεδομένα μας και μας παρέχει αξιόπιστες προβλέψεις, και **γ)** στην πρόβλεψη της

ζήτησης με την χρήση της μεθόδου της Εποχικής Αποσύνθεσης (Seasonal Decomposition), καθώς και την έρευνα της ύπαρξης ή μη εποχικότητας στην ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα με την βοήθεια επίσης στοιχείων – δεδομένων από τον Ιανουάριο του έτους 1992 έως το Δεκέμβριο του έτους 2002 που αφορούν την **μηνιαία** ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά.

Αναλυτικότερα, με την χρήση της πολλαπλής παλινδρόμησης και συγκεκριμένα της μεθόδου αποκλεισμού μεταβλητών (Backward Elimination Procedure), κατασκευάστηκε οικονομετρικό υπόδειγμα για την εξεύρεση της σχέσης που υπάρχει μεταξύ της μεταβλητής της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά και των μεταβλητών της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα του λιμένα Ραφήνας, τη ζήτησης επιβατικών υπηρεσιών του Αερολιμένα Αθηνών, της μέσης ετήσιας αύξηση του πληθυσμού και του διαθέσιμου εισοδήματος, για τα έτη 1971 - 2000, της παρακάτω μορφής:

$$\mathbf{Ppir} = 3.739.240,8 + 3,612 (\mathbf{Praf}) - 0,163 (\mathbf{Path})$$

όπου

(Ppir) : Η ετήσια επιβατική κίνηση του λιμένα Πειραιά

(Praf) : Η ετήσια επιβατική κίνηση του λιμένα Ραφήνας

(Path) : η ετήσια επιβατική κίνηση του αερολιμένα Αθηνών

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η μέση μεταβολή της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά αυξάνει περίπου κατά τέσσερις (04) επιβάτες σε μια επικείμενη αύξηση κατά έναν (01) επιβάτη της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Ραφήνας, καθώς και ότι η μέση ετήσια μεταβολή της ζήτησης λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά μειώνεται περίπου κατά τρεις (03) επιβάτες για μια αύξηση κατά είκοσι (20) επιβάτες της ετήσιας ζήτησης επιβατικών υπηρεσιών του αερολιμένα Αθηνών.

Αντίστοιχα, με την χρήση της μεθόδου Box-Jenkins, της τεχνικής των χρονολογικών σειρών, κατασκευάστηκε υπόδειγμα **ARIMA (1,0,1)(0,1,0)**, το οποίο εξηγεί τα δεδομένα μας και παρέχει ικανοποιητικές προβλέψεις.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά για τα έτη 2003 έως 2005, παρουσιάζει αυξητικές, από έτος σε έτος, τάσεις, ενώ με βάση την μεθοδολογία η ζήτηση προβλέπεται να κυμανθεί για τα έτη 2003, 2004 και 2005, στα επίπεδα των 11.869.176, 12.076.646 και 12.175.387 επιβατών, αντίστοιχα.

Παράλληλα, η μεθοδολογία της Εποχικής Αποσύνθεσης χρησιμοποιήθηκε για την πρόβλεψη της ζήτησης των λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά καθώς και για την εξέταση της εποχικότητας.

Τα αποτελέσματα της μας οδηγούν, όπως και στην περίπτωση της μεθόδου Box-Jenkins, στο συμπέρασμα ότι η ζήτηση λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά για τα έτη 2003 έως 2005, παρουσιάζει αυξητικές τάσεις η οποία με βάση την ανάλυση προβλέπεται να κυμανθεί στα επίπεδα των 10.885.104 επιβατών το έτος 2003, στα επίπεδα των 11.237.724 επιβατών το έτος 2004 και στα επίπεδα των 11.590.339 επιβατών για το έτος 2005.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα της μεθόδου σχετικά με την εποχικότητα στην ζήτηση των λιμενικών επιβατικών υπηρεσιών του λιμένα Πειραιά, αυτά έδειξαν χαμηλή ζήτηση τους χειμερινούς μήνες και υψηλή ζήτηση τους καλοκαιρινούς, με αποκορύφωμα τον μήνα Αύγουστο όπου η ζήτηση για λιμενικές επιβατικές υπηρεσίες είναι έξι φορές μεγαλύτερη από τον μήνα Φεβρουάριο και πέντε φορές μεγαλύτερη από τον μήνα Μάιο.

Τα παραπάνω συμπεράσματα, μπορούν να αποτελέσουν σημαντικό εργαλείο για το σύνολο των εμπλεκόμενων με την λιμενική βιομηχανία φορέων, επηρεάζοντας σε μεγάλο βαθμό τα στρατηγικά-επιχειρησιακά σχέδια τόσο του φορέα διοίκησης και εκμετάλλευσης του λιμένα όσο και των πλοιοκτητών-ακτοπλόων που προσφέρουν τις

ανάλογες μεταφορικές υπηρεσίες, αλλά και του κράτους, δεδομένου ότι η αυξανόμενη από έτος σε έτος τάση στην ζήτηση για λιμενικές επιβατικές υπηρεσίες καθώς και η έντονη διακύμανση της ζήτησης σε διάστημα μόλις τεσσάρων μηνών (Απρίλιος-Μάιος και Αύγουστος-Σεπτέμβριος), επηρεάζουν έντονα την λειτουργία του λιμένα, τους χρήστες αλλά και το επίπεδο των προσφερόμενων υπηρεσιών.

Ως εκ τούτου, τα αποτελέσματα της εργασίας μπορεί να αποτελέσουν έναυσμα για την ανάλυση των επιπτώσεων της ζήτησης καθώς και της έντονης εποχικότητας αυτής, στο σύνολο των εμπλεκόμενων με την λιμενική βιομηχανία φορέων.

7. Βιβλιογραφία

1. GEORGE E.P. BOX and GWILYM M. JENKINS, “Time Series Analysis, forecasting and control, Revised Edition,” Holden-Day Inc, 1976, pg. 575
2. MAKRIDAKIS S. and S.C.WHEELWRIGHT 1989, Forecasting Methods for Management 5th edn. Wiley, New York.
3. ΓΝΑΡΔΕΛΛΗΣ Χαράλαμπος, “Εφαρμοσμένη Στατιστική”, Εκδόσεις Παπαζήση, 2003, σελ. 637
4. ΓΟΥΛΙΕΛΜΟΣ Αλέξανδρος και ΣΑΜΠΡΑΚΟΣ Ευάγγελος, “Ακτοπλοία και Ναυτιλία μικρών αποστάσεων”, Εκδόσεις Α. Σταμούλης, 2002, σελ. 428
5. ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΣ Ι. Λευτέρης, “Ανάλυση Χρονολογικών Σειρών”, Εκδόσεις Σταμούλης, 1991, σελ.180
6. ΚΙΝΤΗΣ Α. Ανδρέας “Οικονομετρία”, Εκδόσεις Gutenberg, 1982, σελ.320
7. ΚΙΝΤΗΣ Α. Ανδρέας “Εφαρμοσμένη Οικονομετρία: Μεθοδολογικά και άλλα σημαντικά θέματα (τόμος 1)”, Εκδόσεις Gutenberg, 1992, σελ.262
8. ΚΙΝΤΗΣ Α. Ανδρέας “Στατιστικές και Οικονομετρικές μέθοδοι”, Εκδόσεις Gutenberg, 2000, σελ.607
9. ΜΕΤΑΞΑΣ Ν. Βασίλειος, “Η Οικονομική των Μεταφορών”, Εκδόσεις Παπαζήση, 1986, σελ. 157.

- 10.ΠΑΝΑΡΕΤΟΣ** Ιωάννης, “Γραμμικά μοντέλα με έμφαση στις εφαρμογές”
Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, 1993, σελ. 227
- 11.ΠΑΡΔΑΛΗ Ι. ΑΓΓΕΛΙΚΗ**, “Οικονομική και Πολιτική των Λιμένων”, Εκδόσεις
INTERBOOKS, 1997, σελ. 460
- 12.ΠΑΡΔΑΛΗ Ι. ΑΓΓΕΛΙΚΗ**, “Η λιμενική βιομηχανία στις προκλήσεις της
παγκοσμιοποιημένης οικονομίας και των ολοκληρωμένων μεταφορικών συστημάτων”,
Εκδόσεις Σταμούλη, 2001, σελ.441
- 13.ΣΑΜΠΡΑΚΟΣ** Ευάγγελος, “Ο τομέας των μεταφορών και οι συνδυασμένες
εμπορευματικές μεταφορές”, Ειδική Εκδοτική Α.Ε., 2002, σελ. 218
- 14.ΣΑΜΠΡΑΚΟΣ** Ευάγγελος, “Εισαγωγή στην οικονομική των μεταφορών”, Εκδόσεις
Σταμούλης, 1997, σελ. 297
- 15.ΤΖΩΡΤΖΟΠΟΥΛΟΣ Θ.** Παναγιώτης, “Ανάλυσις Χρονολογικών Σειρών”,
Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, 1982, σελ. 215
- 16.ΧΡΗΣΤΟΥ Κ.** Γεώργιος, “Εισαγωγή στην Οικονομετρία (τόμος 1 και 2)”, Εκδόσεις
Gutenberg, 1993, σελ. 480