

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΕΡΙΟΧΗ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

**«Μελέτη Ναυλαγοράς Πλοίων Μεταφοράς LPG και Εφαρμογή Μεθοδολογιών
Χρονολογικής Πρόβλεψης Στιγμαίων Ναύλων»**

Διπλωματική Εργασία

Γεώργιος Ασλάνογλου

ΙΟΥΝΙΟΣ 2018

ΑΘΗΝΑ

Περίληψη

Μελέτη Ναυλαγοράς Πλοίων Μεταφοράς LPG και Εφαρμογή Μεθοδολογιών Χρονολογικής Πρόβλεψης Στιγμαίων Ναύλων

Τριμελής Επιτροπή: κ. **Δ Λυρίδης** αναπληρωτής καθηγητής Ε.Μ.Π.

κ. **Κ. Αραβώσης** αναπληρωτής καθηγητής Ε.Μ.Π.

κ. **Γ. Ζαραφωνίτης** καθηγητής Ε.Μ.Π.

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η ανάλυση της ναυλαγοράς πλοίων μεταφοράς υγροποιημένου αερίου πετρελαίου και η έγκυρη πρόβλεψη των στιγμιαίων ναύλων σε 15 διαφορετικές διαδρομές για όλα τα VLGC (Very Large Gas Carrier) για την χρονιά του 2018.

Αρχικά γίνεται αναφορά στις βασικές έννοιες της ναυτιλιακής αγοράς, στις οποίες βασίζεται η μελέτη για την πρόβλεψη των ναύλων. Παρουσιάζεται η ναυλαγορά liner και charter με τις αντίστοιχες διαφορές τους, ενώ ταυτόχρονα αναλύονται τα είδη των ναύλων και των συμβολαίων που υπογράφονται μεταξύ των πλοιοκτητών και των ναυλωτών. Παράλληλα γίνεται εκτενής αναφορά στις έννοιες της προσφοράς και της ζήτησης και προσδιορίζεται το φαινόμενο του ναυτιλιακού κύκλου με τις επιμέρους φάσεις του.

Στο δεύτερο κεφάλαιο ορίζεται το υγροποιημένο αέριο πετρελαίου με τα παράγωγα του και γίνεται η σύνδεση τους με τον τομέα της ναυτιλίας. Αποτελεσματικά, μελετάται το LPG με την μορφή καυσίμου και πραγματοποιείται σύγκριση με άλλα είδη καυσίμων που χρησιμοποιούνται στα πλοία. Στο συγκεκριμένο κομμάτι, η εργασία εστιάζει στις εκπομπές ρύπων καθενός καυσίμου και προτείνει την χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας, με σκοπό την ικανοποίηση των κανονισμών που γίνονται όλο και πιο αυστηροί με το πέρασμα των χρόνων. Επιπλέον, ομαδοποιείται ο στόλος των πλοίων μεταφοράς LPG ανάλογα με συγκεκριμένες παραμέτρους, όπως η χωρητικότητα και το είδος του φορτίου και συνδέονται οι έννοιες της προσφοράς και της ζήτησης που αναλύονται στο πρώτο κεφάλαιο με την ναυλαγορά των LPG.

Στην συνέχεια υπολογίζονται οι αυτοσυσχετίσεις και οι μερικές αυτοσυσχετίσεις των στιγμιαίων ναύλων για όλα τα VLGC στις 15 διαφορετικές διαδρομές από τον Σεπτέμβριο του 2013 έως τον Δεκέμβριο του 2017. Έτσι αποκλείοντας το ενδεχόμενο ύπαρξης δεδομένων που αποτελούν λευκό θόρυβο και σε συνάρτηση με την μελέτη της στασιμότητας καθίσταται εφικτή η έγκυρη εφαρμογή της μεθόδου χρονοπρόβλεψης.

Εν τέλει, εξετάζεται το υπόδειγμα exponential seasonal model, υποσύνολο της ARIMA και παρουσιάζονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα του σε καθεμία από τις 15 διαδρομές.

1. Οι Βασικές Έννοιες της Ναυλαγοράς

1.1 Ναυτιλιακή αγορά.....	4
1.1.1 Ναυλαγορά Charter και Ναυλαγορά Liner.....	4
1.1.2 Είδη Ναύλων και Συμβολαίων.....	6
1.2 Προσφορά (Supply).....	8
1.3 Ζήτηση (Demand).....	12
1.4 Ναυτιλιακός Κύκλος.....	14
1.4.1 Ναυτιλιακός Κύκλος – Ορισμός.....	14
1.4.2 Στάδια Ναυτιλιακού Κύκλου.....	15

2. Το Υγροποιημένο Αέριο Πετρελαίου στην Ναυτιλία

2.1 Γενικά.....	17
2.1.1 Υγροποιημένο αέριο πετρελαίου – Ορισμός.....	17
2.1.2 Κύρια προϊόντα.....	18
2.2 Το LPG ως καύσιμο.....	19
2.3 Ανάλυση Στόλου LPG.....	22
2.4 Ζήτηση και Προσφορά LPG.....	25

3. Στατιστική Επεξεργασία Μεταβλητών Ναυλαγοράς VLGC

3.1 Γενικά.....	27
3.2 Αυτοσυσχέτιση (autocorrelation).....	28
3.2.1 Αυτοσυσχέτιση – Ορισμός.....	28
3.2.2 Αυτοσυσχετίσεις για τις τιμές των στιγμιαίων ναύλων (spot rate).....	29
3.2.3 Συμπεράσματα Αυτοσυσχέτισης.....	45
3.3 Μερική Αυροσυσχέτιση (partial autocorrelation).....	46
3.3.1 Μερική Αυτοσυσχέτιση – Ορισμός.....	46
3.3.2 Μερικές Αυτοσυσχετίσεις για τις τιμές των στιγμιαίων ναύλων (spot freight).....	46
3.3.3 Συμπεράσματα Μερικής Αυτοσυσχέτισης.....	62

4. Εφαρμογή Μοντέλου Χρονολογικής Πρόβλεψης

4.1 Μεθοδολογία.....	63
4.1.1 Υπόδειγμα ARIMA (p,d,q).....	63

4.1.2 Εποχικότητα και Υποδείγματα ARIMA (seasonality and ARIMA models).....	65
4.2 Προβλέψεις (forecasting) – Αποτελέσματα.....	66
5. Συμπεράσματα.....	85
6. Βιβλιογραφία.....	87

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Επιτρεπόμενα όρια εκπομπής SO_x κατά Μαγροί Προσάρτημα VI.

Πίνακας 2: Επιτρεπόμενα όρια εκπομπής NO_x κατά Μαγροί Προσάρτημα VI.

Πίνακας 3: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά τύπο καυσίμου.

Πίνακας 4-18: Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Πίνακας 5-33: Μερικές Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Πίνακας 6-36: Αποτελέσματα μεταβλητών ναυλαγοράς για όλες τις διαδρομές.

Πίνακες 7-38: Αποτελέσματα πρόβλεψης μηνιαίου κινητού μέσου ναύλων σε κάθε διαδρομή.

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1: Ετήσιες διαλύσεις πλοίων LPG.

Σχήμα 2: Παραγγελίες ναυπήγησης νεότευκτων πλοίων LPG.

Σχήμα 3: Η πορεία μεταφοράς εμπορευμάτων από το 1963 έως το 1996.

Σχήμα 4: Σχηματική απεικόνιση ενός Ναυτιλιακού κύκλου και τις 4 φάσεις του.

Σχήμα 5: Στόλος LPG ανάλογα με τον αριθμό των πλοίων το 2016.

Σχήμα 6: Στόλος LPG ανάλογα με την χωρητικότητα των πλοίων σε χιλιάδες κυβικά μέτρα το 2016.

Σχήμα 7: Εξαγωγές LPG ανά χώρα για το 2016

Σχήμα 8: Εισαγωγές LPG ανά χώρα για το 2016

Σχήματα 9-23: Διάγραμμα Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

Σχήματα 10-38: Διάγραμμα Μερικών Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

Σχήματα 11-53: Αποτελέσματα του Exponential seasonal model με τις αντίστοιχες Αυτοσυσχετίσεις και Μερικές Αυτοσυσχετίσεις τους.

1. Οι Βασικές Έννοιες της Ναυλαγοράς

1.1 Ναυτιλιακή αγορά

Η ναυτιλιακή αγορά, δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί ως μία ομοιογενή και μεμονωμένη αγορά. Από την άλλη πλευρά, χαρακτηρίζεται από έντονη πολυπλοκότητα και η διαφοροποίηση της εξαρτάται από συγκεκριμένους παράγοντες. Πιο συγκεκριμένα, το είδος του πλοίου, τα προϊόντα που διακινούνται με την μορφή φορτίου, την προσφορά και τη ζήτησή τους, τις γεωγραφικές αποστάσεις και τη χρονολογική περίοδο πραγματοποίησης των μεταφορών.

Η ναυτιλία και οι θαλάσσιες μεταφορές λαμβάνουν καταλυτικό ρόλο στην οικονομική ανάπτυξη παγκοσμίως. Πάνω από το 90% των αγαθών ανά τον κόσμο μεταφέρονται μέσω της θάλασσας κυρίως λόγω χαμηλού κόστους. Γι' αυτόν και μόνο τον λόγο γίνεται αντιληπτή η σημασία της ναυτιλίας και η επίδραση της στην παγκόσμια οικονομία.

Οι πλοιοκτήτες έχουν ως κύριο στόχο την παροχή των πλοίων τους προς ενοικίαση με σκοπό το κέρδος. Αυτό επιτυγχάνεται με την μεταφορά του φορτίου από τον σημείο φόρτωσης προς τον αντίστοιχο προορισμό με συγκεκριμένη ταχύτητα, ασφάλεια και αξιοπιστία. Όλα τα προηγούμενα καθορίζονται μέσα από την ομαλή συνεργασία μεταξύ πλοιοκτήτη - πελάτη, η οποία προσδιορίζεται κατά κύριο λόγο από το είδος του φορτίου και από το ποσό που είναι διατεθειμένος ο πελάτης να πληρώσει.

Με γνώμονα την οικονομική πλευρά, οι θαλάσσιες μεταφορές χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: την ναυλαγορά charter και την ναυλαγορά liner. Στην παρακάτω παράγραφο παρουσιάζονται οι διαφορές στην δομή τους, στο είδος των προσφερόμενων υπηρεσιών, καθώς και στα είδη των πλοίων και των εμπορευμάτων καθεμίας (Ψαράυτης, 2005).

1.1.1 Ναυλαγορά Charter και Ναυλαγορά Liner

Όπως προαναφέρθηκε, οι διαφορές μεταξύ των δύο ναυλαγορών παρουσιάζεται σε τέσσερα στάδια:

Στην δομή της αγοράς

Σε αυτό το στάδιο συναντάται η μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ των 2 ναυλαγορών. Η δομή της ναυλαγοράς charter χαρακτηρίζεται επαρκώς μέσα από το γνωστό παράδειγμα του τέλειου ανταγωνισμού. Όταν σε μία αγορά προϊόντων ή υπηρεσιών, οι τιμές στις οποίες προσφέρονται δεν μπορούν να επηρεαστούν και να ελεγχθούν μεμονωμένα από έναν και μόνο αγοραστή ή πωλητή, τότε λέμε ότι υπάρχει τέλειος ανταγωνισμός. Στην ναυλαγορά charter ο πλοιοκτήτης ως πωλητής, προσφέρει το πλοίο του για ναύλωση και ο αγοραστής το ναυλώνει. Λόγω τέλειου ανταγωνισμού, ούτε ο πλοιοκτήτης, αλλά ούτε και ο ναυλωτής μπορούν να επηρεάσουν μονομερώς τους ναύλους. Συμπερασματικά, όπως έχει αποδειχθεί και ιστορικά, καθίσταται ανέφικτη η εμφάνιση μονοπωλιακής πίεσης στην αγορά από τους δύο. Αντιθέτως, οι ναύλοι

ορίζονται καθαρά και μόνο από την αλληλεπίδραση της προσφοράς και της ζήτησης της μεταφορικής ικανότητας.

Από την άλλη πλευρά, στη ναυλαγορά liner φαίνεται πώς δεν εμφανίζεται η έννοια του τέλειου ανταγωνισμού. Στη ναυλαγορά των πλοίων γραμμής οι πλοιοκτήτες οργανώνονται σε καρτέλ, τα οποία είναι γνωστά ως κοινοπραξίες (conferences). Έτσι πραγματοποιούν δρομολόγια σε μία μόνο διαδρομή (route) ανά κοινοπραξία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι κοινοπραξίες να καθορίζουν την τιμή του ναύλου ομαδικά για καθεμία διαδρομή και κάθε εμπόρευμα αντίστοιχα. Παρουσιάζεται, λοιπόν μια μορφή ολιγαρχίας όπου οι πωλητές ελέγχουν σε μεγάλο βαθμό την αγορά, κάτι που όπως γίνεται αντιληπτό δεν συμβαίνει στην ναυλαγορά charter, όπου υπάρχει μεγαλύτερος βαθμός ελευθερίας. Σύμφωνα με τα παραπάνω, η είσοδος στην ναυλαγορά liner είναι αρκετά δύσκολη και εμπεριέχει μεγάλο ποσοστό ρίσκου.

Στο είδος των προσφερόμενων υπηρεσιών

Το είδος των προσφερόμενων υπηρεσιών διαφέρει ανάμεσα στις δύο ναυλαγορές. Στη ναυλαγορά charter, ο ναυλωτής έχει τον πλήρη έλεγχο του πλοίου κάτι που προκύπτει μέσα από αμοιβαία συνεργασία με τον πλοιοκτήτη. Ο ναυλωτής, ανάλογα με την συμφωνία, μπορεί να χρησιμοποιεί το πλοίο ακόμα και για μερικά χρόνια και να εξυπηρετεί τις ανάγκες του με διαφορετικά δρομολόγια ανά τον κόσμο, ακόμα και να νοικιάσει το πλοίο σε κάποιον τρίτο. Ο μόνος περιορισμός που υπάρχει είναι η πώληση του πλοίου. Ουσιαστικά, ο ναυλωτής παίρνει τα ηνία του πλοίου μέχρι να λήξει η διάρκεια του συμβολαίου που έχει πραγματοποιήσει με τον πλοιοκτήτη.

Αντιθέτως, στη ναυλαγορά liner, έχοντας ως δεδομένο πως το πλοίο πραγματοποιεί συγκεκριμένα δρομολόγια ανά τακτά χρονικά διαστήματα, υπάρχει μεγαλύτερη αυστηρότητα στις ημερομηνίες αναχώρησης και άφιξης στα αντίστοιχα προσδιοριζόμενα μέρη. Με αυτόν τον τρόπο, δεν πραγματοποιείται μίσθωση ολόκληρου του πλοίου. Τα συμβόλαια περιορίζονται στην μεταφορά του εκάστοτε φορτίου από το λιμάνι αναχώρησης στο λιμάνι άφιξης.

Στο είδος του εμπορεύματος

Στη ναυλαγορά charter εμφανίζονται μεγάλες και ομοιογενείς ποσότητες εμπορευμάτων, σχετικά χαμηλής ειδικής αξίας σε σχέση με την ναυλαγορά liner. Στις περισσότερες περιπτώσεις, όταν το πλοίο αναχωρεί από το λιμάνι αναχώρησης είναι πλήρως γεμάτο και επιστρέφει πλήρως άδειο. Τα φορτία που μεταφέρονται είναι κυρίως χύδην, με συνηθέστερο το πετρέλαιο, αλλά και διάφορα μεταλλεύματα, κάρβουνο, σιτηρά κτλ.

Όσον αφορά τη ναυλαγορά liner, δεν απαιτείται αναγκαστικά ομοιογενές φορτίο. Σε αντίθεση με την ναυλαγορά charter, στην liner περιλαμβάνονται φορτία με σχετικά μεγαλύτερη ειδική αξία και τα πλοία είναι μισογεμάτα στις δύο διαφορετικές κατευθύνσεις. Τα εμπορεύματα είναι συνήθως βιομηχανικά, γεωργικά, διάφορα είδη κρεάτων σε μορφή συσκευασμένων πακέτων.

Σε αυτήν την κατηγορία συγκαταλέγονται και τα μοναδοποιημένα φορτία που μεταφέρονται μέσα σε εμπορευματοκιβώτια (containers) και τα αυτοκίνητα σε πλοία Ro/Ro.

Ανάλογα με τον τύπο του πλοίου

Σε αυτό το στάδιο παρατηρούνται οι λιγότερες διαφορές, αφού πολλές φορές χρησιμοποιούνται πλοία όμοια και στις δύο ναυλαγορές. Βέβαια, η ναυλαγορά charter απαρτίζεται από πιο εξειδικευμένα πλοία, όπως τα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου (bulk carriers), πλοία μεταλλευμάτων, δεξαμενόπλοια, OBO (ore/bulk/oil) κτλ. Πρόκειται για πλοία χαμηλών ταχυτήτων που συνήθως δεν ξεπερνούν τους δεκαπέντε κόμβους.

Στην ναυλαγορά liner, βασικό χαρακτηριστικό των πλοίων είναι πως μπορούν να μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες διαφορετικών εμπορευμάτων σε κάθε ταξίδι. Τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (containerships) και τα RO/RO που μεταφέρουν αυτοκίνητα αποτελούν τους πιο αντιπροσωπευτικούς τύπους πλοίων αυτής της κατηγορίας, τα οποία σε αντίθεση με τα προηγούμενα, αναπτύσσουν υψηλότερες ταχύτητες της τάξης των είκοσι με εικοσιπέντε κόμβων.

1.1.2 Είδη Ναύλων και Συμβολαίων

Τα βασικότερα είδη ναύλων στην ναυλαγορά είναι: η ναύλωση μονού ταξιδιού, η χρονοναύλωση και ο ναύλος εργολαβικής μεταφοράς (Ψαραύτης, 2005).

Ναύλωση μονού ταξιδιού (voyage charter)

Ο πλοιοκτήτης κανονίζει με τον ναυλωτή να μεταφέρει συγκεκριμένη ποσότητα εμπορεύματος από το λιμάνι αναχώρησης στο λιμάνι άφιξης. Πιο συγκεκριμένα, σε δεδομένο χρονικό διάστημα, η συμφωνία περιορίζεται μόνο στο συγκεκριμένο δρομολόγιο σε προκαθορισμένη τιμή δολαρίου ανά τόνο. Ο πλοιοκτήτης, ανεξάρτητα από το ποσό συμφωνίας με τον ναυλωτή αναλαμβάνει όλα τα έξοδα λειτουργίας του πλοίου, δηλαδή τα καύσιμα και το πλήρωμα. Σε ορισμένες περιπτώσεις μόνο τα έξοδα φορτοεκφόρτωσης καλύπτονται από τον ναυλωτή. Υπάρχουν τρία είδη ναύλωσης μονού ταξιδιού.

- Άμεση ναύλωση: σε αυτήν την περίπτωση, μερικές εβδομάδες μετά την υπογραφή του συμβολαίου πραγματοποιείται το ταξίδι και ο ναύλος ονομάζεται στιγμιαίος (spot rate)
- Μελλοντική ναύλωση (forward charter): όπου συμφωνείται η πραγματοποίηση του ταξιδιού κάποια στιγμή στο μέλλον, για παράδειγμα σε τρεις μήνες από την επίτευξη της συμφωνίας.

- Επαναληπτική ναύλωση (consecutive): όπως γίνεται αντιληπτό από την ονομασία, το συμβόλαιο περιλαμβάνει την πραγματοποίηση πολλών και όμοιων ταξιδιών.

Χρονοναύλωση (term charter) ή Ναύλωση Προθεσμίας

Το πλοίο διατίθεται προς ενοικίαση για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα, ανεξάρτητο από τον αριθμό των ταξιδιών που πρόκειται να πραγματοποιήσει. Ο ναυλωτής μπορεί ακόμα και να νοικιάσει το πλοίο σε κάποιον τρίτο, αλλά παράλληλα αναλαμβάνει όλα τα έξοδα λειτουργίας του πλοίου, όπως καύσιμα, λιμενικά τέλη και έξοδα φορτοεκφόρτωσης. Όμοια με πριν, η ναύλωση μπορεί να είναι είτε άμεση είτε μελλοντική. Επιπροσθέτως, σε αυτήν την κατηγορία περιλαμβάνεται και ο ναύλος γυμνού πλοίου (bareboat). Ο ναυλωτής έχει την δυνατότητα να προσλάβει ο ίδιος πλήρωμα για το πλοίο, κάτι που σημαίνει πως νοικιάζει από τον πλοιοκτήτη το πλοίο κενό. Το παραπάνω είδος ναύλωσης, πραγματοποιείται συνήθως από επενδυτές και ιδρύματα που δεν ανήκουν εξ ολοκλήρου στον χώρο της ναυτιλίας.

Ναύλος εργολαβικής μεταφοράς (contract of affreightment)

Τέλος, καθίσταται αναγκαία η αναφορά στην έννοια του συμβολαίου φόρτωσης (contract of affreightment). Σχετίζεται με την επαναληπτική ναύλωση, με την μόνη διαφορά πως ο πλοιοκτήτης δεν νοικιάζει συγκεκριμένο πλοίο, αλλά μπορεί να εκπληρώσει την συμφωνία με όποιο τύπο πλοίου θελήσει αυτός, αρκεί να καλύπτονται οι ανάγκες του ναυλωτή. Αυτό το είδος ναύλωσης συναντάται συνήθως σε πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου από εταιρείες που σχετίζονται με την χαλυβουργία, κυρίως στην Ευρώπη και την Ασία.

1.2 Προσφορά (Supply)

Ένας από τους βασικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την ναυλαγορά είναι η έννοια της προσφοράς. Η προσφορά συνδέεται άμεσα με την δυναμικότητα του στόλου για τη μεταφορά φορτίου και ορίζεται ως η προσφερόμενη ή διαθέσιμη ποσότητα ενός οικονομικού αγαθού είτε για συγκεκριμένη χρονική περίοδο, είτε για συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Επιπλέον, η προσφορά στη ναυτιλιακή αγορά, ελέγχεται και επηρεάζεται άμεσα και έμμεσα από τέσσερις βασικούς παράγοντες (Storford, 2009).

- Από τους πλοιοκτήτες, οι οποίοι αποφασίζουν από την παραγγελία ενός πλοίου, μέχρι και την διάλυση κάποιου άλλου έναντι συγκεκριμένης τιμής (scrap).
- Από τους ναυλωτές, που μπορούν να λάβουν τον ρόλο των πλοιοκτητών νοικιάζοντας ένα οποιοδήποτε πλοίο με τους τρόπους που προαναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 2.1.2.
- Από τις τράπεζες, μέσα από τα δάνεια που παρέχουν, ασκώντας οικονομικές πιέσεις είτε στους πλοιοκτήτες είτε στους ναυλωτές.
- Από τους κανονισμούς που θα πρέπει να ακολουθούνται πιστά, ώστε τα πλοία να ικανοποιούν όλες τις προϋποθέσεις που επιβάλλονται για την ομαλή και νόμιμη πλεύση τους.

Οι βασικές μεταβλητές που επηρεάζουν την προσφορά στην ναυτιλιακή αγορά είναι συγκεκριμένες και καθίσταται αναγκαία η ανάλυση τους.

Η παραγωγικότητα του παγκόσμιου στόλου εμπορικών πλοίων

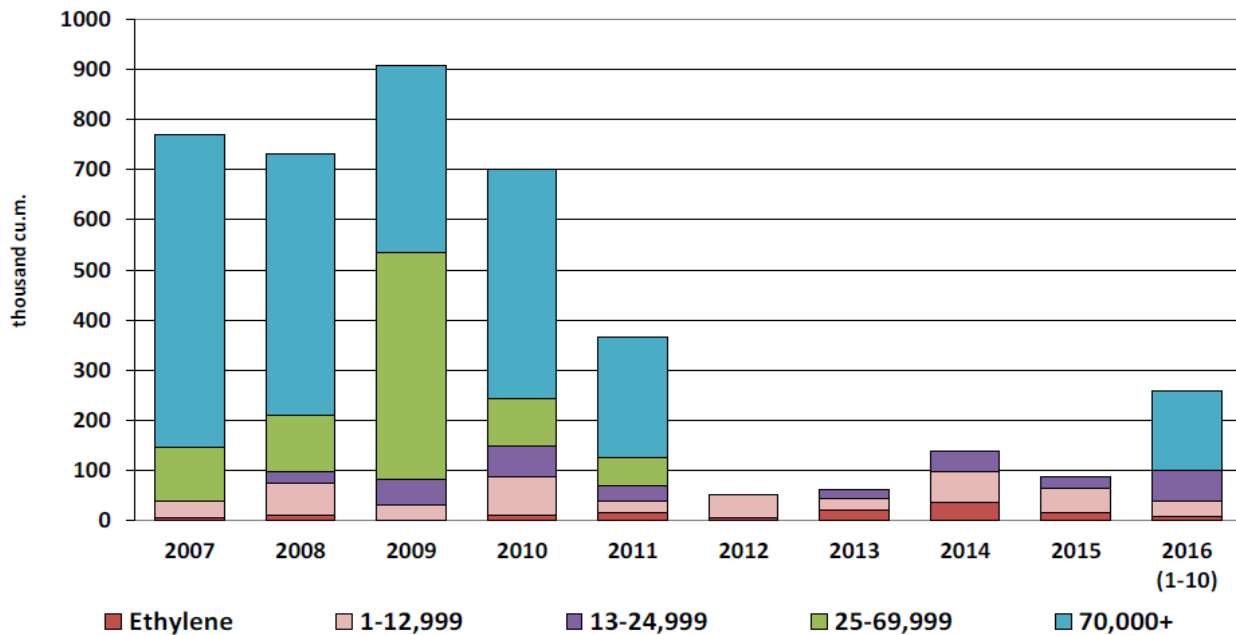
Ο ρυθμός παραγωγής μεταφορικού έργου ανά τόνο διαθέσιμης χωρητικότητας εκφράζεται από τον όρο της παραγωγικότητας. Βέβαια, για τα πλοία μεταφοράς LPG, η συνηθέστερη μονάδα μέτρησης φορτίου είναι το κυβικό μέτρο. Η παραγωγικότητα αποτελεί την πιο ευαίσθητη παράμετρο της προσφοράς στις βραχυπρόθεσμες αλλαγές των ναύλων. Αυτό συμβαίνει, λόγω της εξάρτησης που υπάρχει ανάμεσα στην παραγωγικότητα και την ταχύτητα των πλοίων, η οποία καθορίζεται κατά κύριο λόγο από τις τιμές των ναύλων την δεδομένη περίοδο, αλλά και τις τιμές των καυσίμων.

Επιπρόσθετα, η αναμονή των πλοίων στα λιμάνια κατά την φορτοεκφόρτωση ειδικότερα σε περιόδους υψηλής κίνησης, λαμβάνει αρκετά σημαντικό ρόλο. Με αυτόν τον τρόπο, οι εγκαταστάσεις κάθε λιμανιού επηρεάζουν άμεσα την παραγωγικότητα, αφού υπάρχουν περιπτώσεις, όπου ο χρόνος αναμονής των πλοίων στα λιμάνια είναι υπερβολικά μεγάλος.

Σε μακροπρόθεσμη βάση, οι τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα της ναυπήγησης των πλοίων επηρεάζουν ιδιαίτερα την παραγωγικότητα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί αυτό της δεκαετίας του ενενήντα, όπου η ανανέωση του στόλου των δεξαμενόπλοιων οδήγησε σε αύξηση της παραγωγικότητας. Τέλος, υπάρχει και ο απρόβλεπτος παράγοντας του καιρού. Αρκετές φορές ακραία καιρικά φαινόμενα έχουν ως αποτέλεσμα την προσωρινή διακοπή λειτουργίας λιμανιών, που αναπόφευκτα επιφέρει δραστική μείωση της παραγωγικότητας.

Οι διαλύσεις και οι απώλειες πλοίων

Δύο είναι οι βασικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την διάλυση ενός πλοίου. Η τιμή διάλυσης του πλοίου και το πόσο επικερδής θα είναι η λειτουργία του στο μέλλον. Όταν αποφασιστεί η διάλυση ενός πλοίου, το πλοίο παραδίδεται σε ειδικές βιομηχανίες μετάλλου, συνήθως της Μέσης Ανατολής, που πωλούν το χάλυβα σε τιμή που καθορίζεται ανάλογα με την προσφορά και τη ζήτηση της συγκεκριμένης περιόδου. Ο πλοιοκτήτης αποφασίζει την διάλυση ενός πλοίου όταν θεωρήσει πως το πλοίο δεν θα είναι επικερδές. Στις περισσότερες περιπτώσεις, πλοία με πολλές ζημίες που χρήζουν δαπανηρών επισκευών, αποφασίζεται να διαλυθούν, αφού το κόστος για την επαναφορά τους σε πλήρη λειτουργία καθίσταται απαγορευτικό.



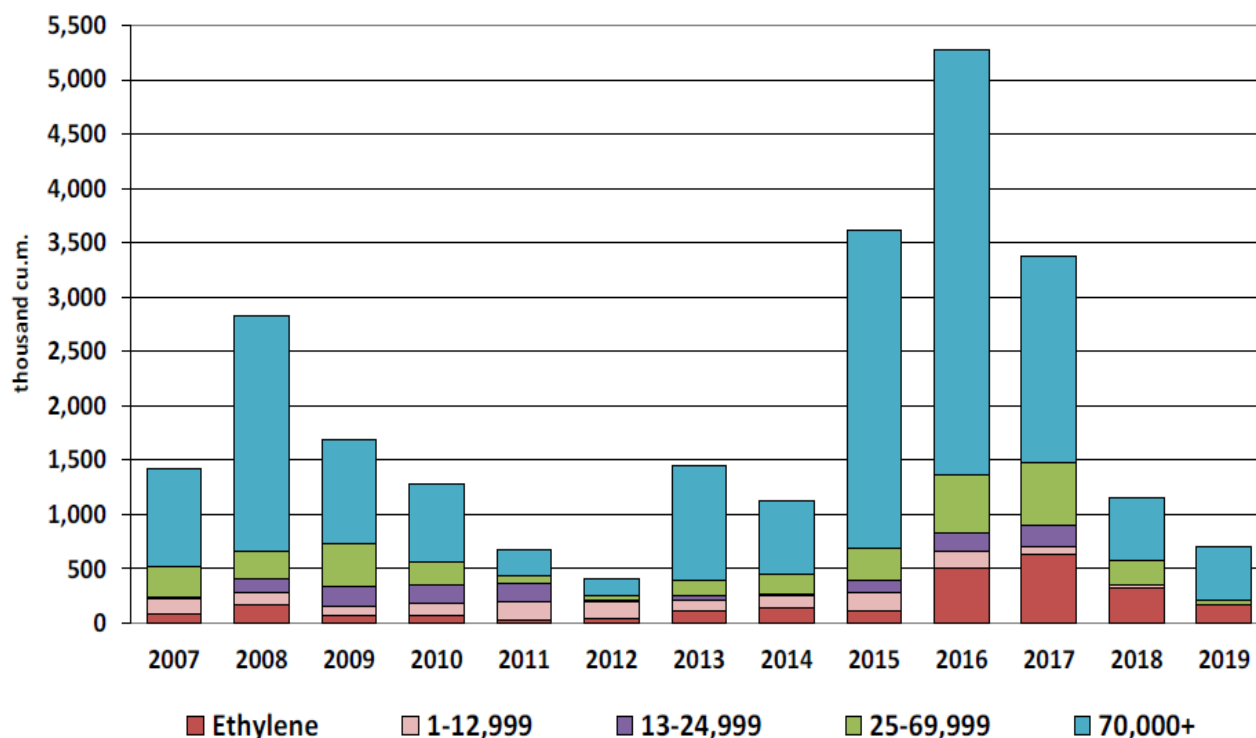
Σχήμα 12: Ετήσιες διαλύσεις πλοίων LPG.

Πηγή: *LPG shipping outlook, Banchero Costa (November 2016).*

Οι ναυπηγήσεις και παραδόσεις νεότευκτων πλοίων

Για την ναυπήγηση ενός πλοίου χρειάζονται περίπου δεκαοκτώ μήνες. Βέβαια, σε περιόδους μεγάλης ναυπηγικής δραστηριότητας, η ναυπήγηση μπορεί να διαρκέσει μέχρι και τέσσερα χρόνια. Όταν οι τιμές των ναύλων αυξάνονται σημαντικά, παρατηρείται αύξηση παραγγελιών για νέα πλοία, λόγω της υπερβολικής αισιοδοξίας από τους πλοιοκτήτες. Ιστορικά όμως, έχει αποδειχθεί ότι κανείς δεν μπορεί να έχει σαφή εικόνα και γνώση του φαινομένου, αφού μέχρι να ξεκινήσουν οι παραδόσεις των νεότευκτων πλοίων, τα ναύλα έχουν επιστρέψει σε μέτρια επίπεδα και η αύξηση της προσφοράς χωρητικότητας πιέζει ακόμα περισσότερο. Συμπερασματικά, θα πρέπει να εξετάζεται πρώτα η αγορά ενός μεταχειρισμένου πλοίου από τον πλοιοκτήτη, αφού η παράδοση είναι άμεση και το ρίσκο είναι πιο χαμηλό.

Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν οι αλλαγές στους κανονισμούς και οι τεχνολογικές εξελίξεις που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι νέες ναυπηγήσεις καθίστανται αναγκαίες αφού τα παλαιότερα πλοία δεν είναι σε θέση να ανταπεξέλθουν σε αυτούς τους κανονισμούς. Ειδικότερα, από το 2020 και μετά, οι κανονισμοί θα προβλέπουν μειωμένες εκπομπές οξειδίων του θείου (SOx) και του αζώτου (NOx), τόσο αυστηρές που οι παραγγελίες νεότευκτων πλοίων από τους πλοιοκτήτες θα είναι μονόδρομος.



Σχήμα 13: Παραγγελίες ναυπήγησης νεότευκτων πλοίων LPG.

Πηγή: LPG shipping outlook, Banchero Costa (November 2016).

Τα παροπλισμένα πλοία και πλοία τύπου OBO

Στην περίπτωση όπου οι μεταβολές στις τιμές των ναύλων δεν μπορούν να απορροφηθούν από τις αντίστοιχες μεταβολές της παραγωγικότητας, η διαθέσιμη χωρητικότητα μπορεί να επηρεαστεί σε δεύτερο χρόνο από δύο δεξαμενές προσφοράς ή απορρόφησης χωρητικότητας. Τέτοιες δεξαμενές αποτελούν τα πλοία που παραμένουν σε ακινησία λόγω εργασιών συντήρησης και τα πλοία τύπου OBO. Πρόκειται για δεξαμενόπλοια που φέρουν επιπλέον δυνατότητες και μέσα μεταφοράς χύδην ή ξηρών φορτίων και μεταλλευμάτων. Ουσιαστικά, τα συγκεκριμένα πλοία αποτελούν τον συνδετικό κρίκο μεταξύ των αγορών πετρελαίου και ξηρού φορτίου.

Η αποδοτικότητα του στόλου

Η αποδοτικότητα ενός στόλου ορίζεται ως η ικανότητα του να μεταφέρει φορτίο και εξαρτάται από τρεις κυρίως παράγοντες.

- Την μέση υπηρεσιακή ταχύτητα που σχετίζεται άμεσα με τον χρόνο που κάνει ένα πλοίο για να καλύψει κάποια απόσταση. Ένα πλοίο λειτουργεί βέλτιστα στην ταχύτητα σχεδίασης του. Υπάρχουν, όμως περιπτώσεις που οι πλοιοκτήτες χρησιμοποιούν μικρότερες ταχύτητες από αυτήν της σχεδίασης λόγω υψηλού κόστους καυσίμου.
- Την πλήρη αξιοποίηση και χρήση του deadweight. Πολλές φορές έχουμε απώλειες του deadweight αφού οι πλοιοκτήτες για διάφορους λόγους μεταφέρουν μεικτά φορτία.
- Τα πλοία εν πλω. Ο χρόνος ενός πλοίου μοιράζεται σε ημέρες που αυτό βρίσκεται εν πλω και σε ημέρες που είναι ακινητοποιημένο, δηλαδή μη αποδοτικό. Η ακινητοποίηση ενός πλοίου προκύπτει, είτε από την καθυστέρηση σε κάποιο λιμάνι, είτε επειδή δεν είναι ναυλωμένο. Η ελαχιστοποίηση των μη αποδοτικών ημερών ενός πλοίου αποτελεί βασικό στόχο των πλοιοκτητών και οδηγεί στην μεγιστοποίηση των κερδών τους.

1.3 Ζήτηση (Demand)

Η ζήτηση στις μεταφορικές υπηρεσίες εκφράζεται ως η θέληση για την απόκτηση ενός αγαθού μαζί με την δυνατότητα αγοράς του μέσα από την πληρωμή του αντιτίμου (Storford, 2009). Μελετώντας την ως μέγεθος, η μεταβολή της ζήτησης μπορεί να φθάσει από 10-20% ετησίως.

Οι βασικότερες μεταβλητές για την ζήτηση στις θαλάσσιες μεταφορές είναι οι εξής:

Η πορεία της παγκόσμιας οικονομίας

Η παγκόσμια οικονομία αποτελεί τον βασικότερο παράγοντα που επηρεάζει την ζήτηση. Η αύξηση της οικονομίας έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των αναγκών για τη θαλάσσια μεταφορά υλικών. Αυτό δεν σημαίνει όμως πως η σχέση της παγκόσμιας βιομηχανίας και των θαλάσσιων μεταφορών είναι απλή και άμεση. Η σημαντικότερη παράμετρος της οικονομίας που επιφέρει μεταβολές στην ζήτηση είναι η ύπαρξη εργασιακών κύκλων (business cycles). Λέμε πως η παγκόσμια οικονομία εμφανίζει κύκλους εργασιών διάρκειας τεσσάρων με πέντε ετών, όπου ο καθένας έχει είτε θετικό είτε αρνητικό αντίκτυπο.

Το κόστος μεταφοράς

Για να είναι επικερδής η μεταφορά ενός αγαθού από το μέρος παραγωγής του στον τόπο προορισμού θα πρέπει το κόστος να ελαχιστοποιηθεί όσο περισσότερο γίνεται. Με την ύπαρξη πλοίων με μεγάλη μεταφορική ικανότητα, όπως τα VLCC και τα VLGC, το κόστος μεταφοράς έχει περιοριστεί επαρκώς, ώστε να επέλθουν επικερδής μεταφορές.

Η μέση απόσταση που διανύει το προς μεταφορά φορτίο

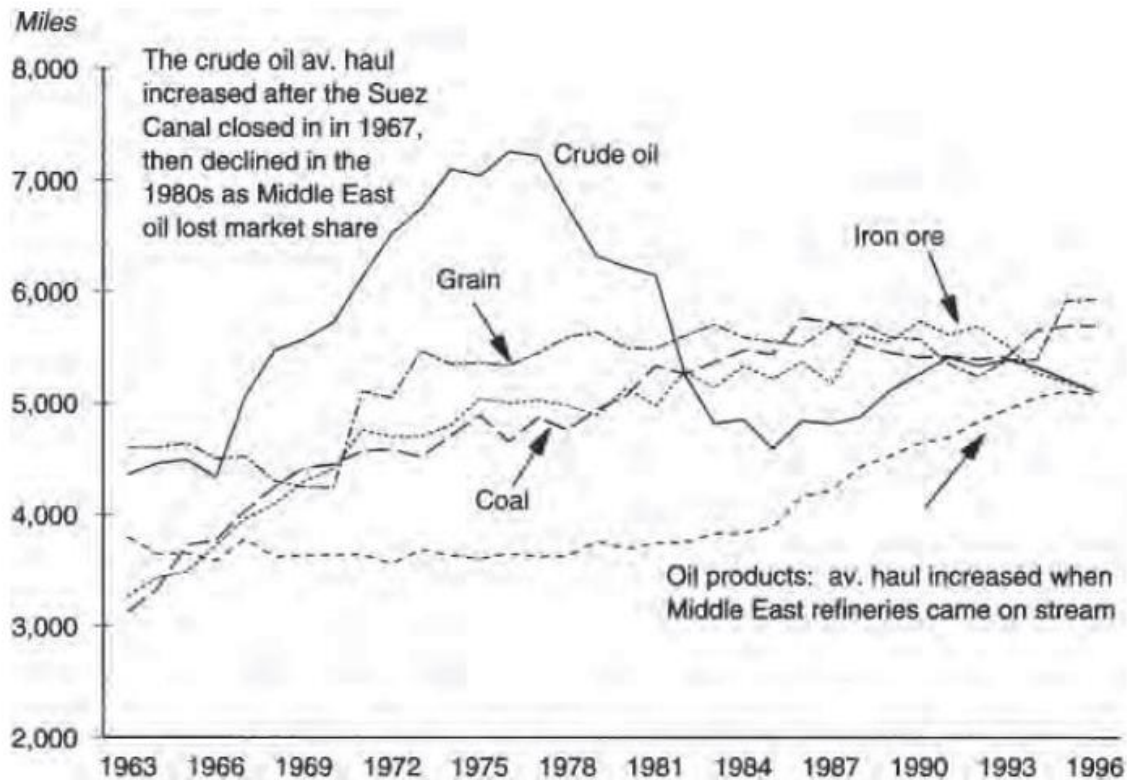
Η ζήτηση είναι άμεσα συνδεδεμένη με την απόσταση που διανύει το πλοίο από το λιμάνι άφιξης προς το λιμάνι αναχώρησης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το κλείσιμο της διώρυγας του Σουέζ το 1966 μέχρι το 1973, λόγω του Αραβοϊσραηλινού πολέμου. Έτσι, η απόσταση της Ευρώπης με τον Αραβικό κόλπο διπλασιάστηκε και η ζήτηση για μεταφορική ικανότητα έφθασε στα ύψη.

Η μεταφορά εμπορευμάτων μέσω θαλάσσης (seaborne commodity trade)

Η ζήτηση του κάθε αγαθού διαφέρει. Η μεταφορά πετρελαίου είναι πιο έντονη κατά τους φθινοπωρινούς μήνες και τον χειμώνα, ενώ η μεταφορά σιτηρών ξεκινά κυρίως το καλοκαίρι. Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν εμπορεύματα με ιδιαιτερότητες που δεν ακολουθούν σταθερή κλίμακα ανάπτυξης. Για παράδειγμα, από το 1960 και μετά, το ακατέργαστο πετρέλαιο αντικατέστησε τον άνθρακα, με αποτέλεσμα η ζήτηση του να διπλασιαστεί.

Τα πολιτικά γεγονότα

Όλες οι θαλάσσιες μεταφορές επηρεάζονται άμεσα και έμμεσα από τα πολιτικά γεγονότα που διαδραματίζονται την αντίστοιχη εποχή. Είναι φυσικό και επακόλουθο είτε λόγω ενός πολέμου είτε λόγω μιας επανάστασης, να διαμορφώνονται σημαντικές διακυμάνσεις στην ζήτηση για θαλάσσιες μεταφορές. Σημαντικότερο παράδειγμα αποτελεί η οικονομική κρίση που εμφανίστηκε στην Ελλάδα και 2008 και είχε ως αποτέλεσμα να επηρεαστεί και ο τομέας της ναυτιλίας παγκοσμίως. Από εκείνη την χρονική περίοδο η αγορά των ναύλων παρέμεινε πολύ ασταθής, με τα πρώτα σημάδια ανάκαμψης να πρωτοεμφανίζονται από το 2014 και μετά. Άλλα βασικά παραδείγματα, είναι ο πόλεμος μεταξύ της Αιγύπτου και του Ισραήλ, όπως προαναφέρθηκε, που κράτησε την διώρυγα του Σουέζ κλειστή και ανάγκασε το εμπόριο πετρελαίου να πραγματοποιείται γύρω από το ακρωτήριο της Καλής Ελπίδας.



Σχήμα 14: Η πορεία μεταφοράς εμπορευμάτων από το 1963 έως το 1996.

Πηγή: Stopford M. (2009), *Maritime Economics 3rd edition*, Routledge, London.

1.4 Ναυτιλιακός Κύκλος

1.4.1 Ναυτιλιακός Κύκλος – Ορισμός

Οι ναυτιλιακοί κύκλοι αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της ναυλαγοράς. Πρόκειται για οικονομικούς κύκλους που προσδιορίζουν μια σειρά συνεχών και εναλλασσόμενων φάσεων. Οι ναυτιλιακοί κύκλοι χωρίζονται σε φάσεις που ξεκινούν από ένα σημείο ανάπτυξης και καταλήγουν σε υφεσιακό σημείο. Συμπληρωματικά, επηρεάζονται άμεσα και έμμεσα από διάφορους πολιτικούς, οικονομικούς και κοινωνικούς παράγοντες, γεγονός που καθιστά ανέφικτο τον ακριβή προσδιορισμό της χρονικής διάρκειας κάθε φάσης (Ψαράυτης, 2005).

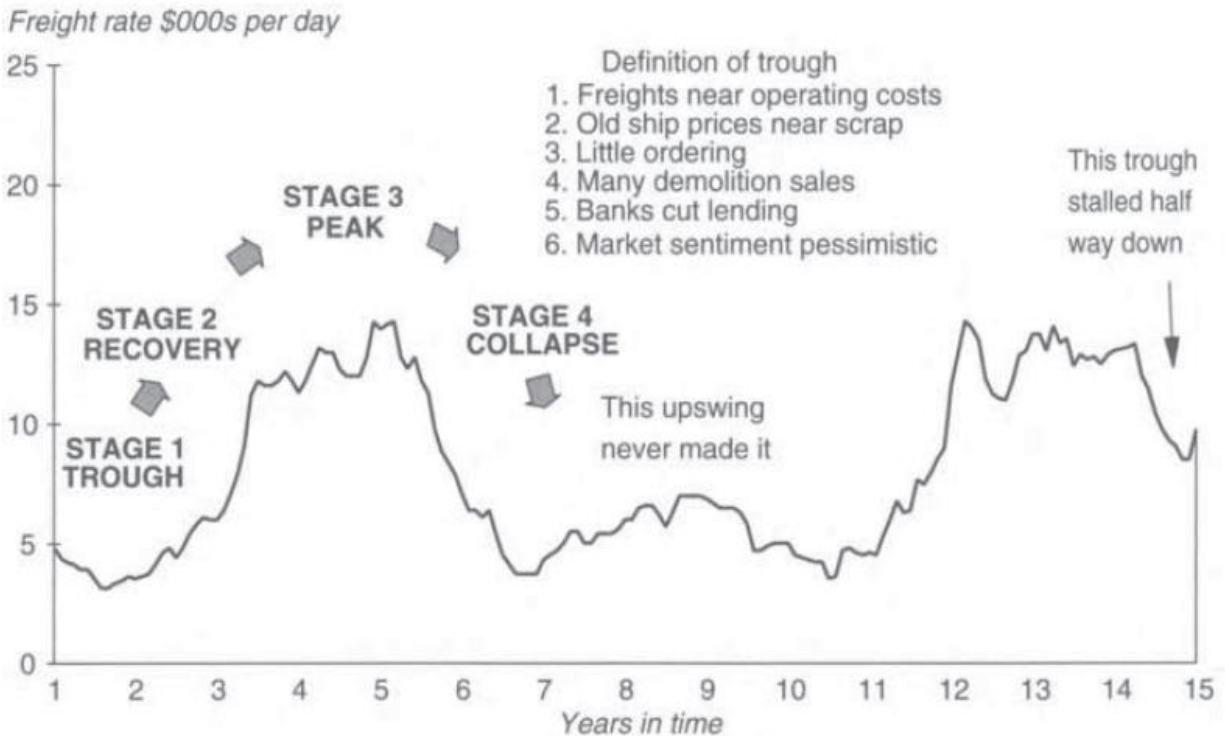
Παρόμοιοι οικονομικοί κύκλοι εμφανίζονται και σε άλλους τομείς, εκτός από την ναυτιλία, όπως για παράδειγμα στον τομέα της βιομηχανίας. Ως επί το πλείστον, οι ναυτιλιακοί κύκλοι εξαρτώνται από τους εμπορικούς κύκλους, δηλαδή από τις οικονομικές αλλαγές που σχετίζονται με τις δραστηριότητες μιας οικονομίας, η οποία διατυπώνεται από το ύψος του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (ΑΕΠ).

Όπως προαναφέρθηκε, η προσφορά και η ζήτηση καθορίζουν τις τιμές των ναύλων και την αξία των πλοίων. Με αυτόν τον τρόπο, οι έννοιες της προσφοράς και της ζήτησης αλληλοεπιδρούν με τους ναυτιλιακούς κύκλους με ότι αυτό συνεπάγεται. Αποτελούν, λοιπόν, ένα μηχανισμό εξισορρόπησης μεταξύ της προσφοράς και της ζήτησης, που χωρίς αυτούς, η μελέτη και η ανάλυση της ναυλαγοράς θα ήταν ελλιπής.

1.4.2 Στάδια Ναυτιλιακού Κύκλου

Οι ναυτιλιακοί κύκλοι χωρίζονται σε τέσσερα στάδια: την δυσπραγία, την αναζωογόνηση, την ευδαιμονία και την ύφεση (Ψαραύτης, 2005).

- **Δυσπραγία:** Σε πρώτο στάδιο παρατηρείται πλεόνασμα στην χωρητικότητα των πλοίων. Τα πλοία συνωστίζονται στα λιμάνια φορτοεκφόρτωσης και παράλληλα ταξιδεύουν σε μειωμένες ταχύτητες για την εξοικονόμηση καυσίμου. Στην συνέχεια, οι τιμές των ναύλων πέφτουν σε χαμηλά επίπεδα, με αποτέλεσμα τα μη αποδοτικά πλοία να παροπλίζονται. Σε τελικό στάδιο, οι πλοιοκτήτες πωλούν τα πλοία αυτά σε χαμηλές τιμές, ενώ όσον αφορά τα μεγάλης ηλικίας πλοία, η τιμή διάλυσης αγγίζει την τιμή πώλησης τους.
- **Αναζωογόνηση:** Καθώς η προσφορά χωρητικότητας και η ζήτηση τείνουν να εξισορροπηθούν, εμφανίζονται τα πρώτα ενθαρρυντικά σημάδια ανάκαμψης. Έτσι, η μικρή αύξηση στην τιμή των ναύλων καλύπτει το κόστος λειτουργίας των πλοίων και ο αριθμός των παροπλισμένων πλοίων μειώνεται σημαντικά. Παρόλο που η αγορά συνεχίζει να είναι ασταθής, η ρευστότητα των ναυτιλιακών επιχειρήσεων αρχίζει να βελτιώνεται και επικρατεί συγκρατημένη αισιοδοξία σε αντίθεση με το πρώτο στάδιο
- **Ευδαιμονία:** Το στάδιο της ευδαιμονίας χαρακτηρίζεται από την πλήρη απορρόφηση της πλεονάζουσας χωρητικότητας και την αντικατάσταση της ισορροπίας μεταξύ ζήτησης και προσφοράς. Τα ναύλα είναι τόσο υψηλά που αγγίζουν δύο ή και τρεις φορές τα κόστη λειτουργίας των πλοίων και ταυτόχρονα τα πλοία πλέουν με την μέγιστη ταχύτητα. Αποτελεσματικά επικρατεί ένα κλίμα ευφορίας στην ναυλαγορά, που οδηγεί σε αύξηση των παραγγελιών για ναυπηγήσεις νεότευκτων πλοίων και παράλληλα η αξία των μεταχειρισμένων πλοίων και των πλοίων μικρότερης ηλικίας επανέρχεται σε υψηλά επίπεδα.
- **Ύφεση:** Το τελικό στάδιο της ύφεσης, σε έναν ναυτιλιακό κύκλο, επέρχεται όταν η προσφορά χωρητικότητας υπερβεί την ζήτηση στις μεταφορικές υπηρεσίες. Οι βασικότεροι παράγοντες που οδηγούν στην κατάρρευση είναι οι διακυμάνσεις του επιχειρηματικού κύκλου και η παράδοση των νεότευκτων πλοίων. Με αυτόν τον τρόπο, επικρατεί σύγχυση στην ναυτιλιακή αγορά με τα ναύλα να πέφτουν σε πολύ χαμηλά επίπεδα και τα πλοία να μειώνουν δραστικά τις ταχύτητες πλεύσης τους.



Σχήμα 15: Σχηματική απεικόνιση ενός Ναυτιλιακού κύκλου και τις 4 φάσεις του.

Πηγή: Stopford M. (2009), Maritime Economics 3rd edition, Routledge, London.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, γίνεται αντιληπτό πως ένας ναυτιλιακός κύκλος δεν είναι μία τόσο κανονικοποιημένη διαδικασία. Είναι πολύ σημαντική η ικανότητα σωστής διαίρεσης ενός κύκλου στις εκάστοτε φάσεις του για την εμπειριστατωμένη μελέτη και ανάλυση της ναυλαγοράς. Οι φάσεις του μπορούν να διαρκέσουν από μερικές εβδομάδες μέχρι πολλά χρόνια, με την δυνατότητα πρόβλεψης αυτής της διάρκειας να καθίσταται τις περισσότερες φορές ανέφικτη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ναυτιλιακού κύκλου την περασμένη δεκαπενταετία αποτελεί ο κύκλος που ξεκίνησε το 2005 και έφθασε σε υφεσιακό επίπεδο το 2008 με τα ναύλα να πιάνουν ιστορικά χαμηλές τιμές.

2. Το Υγροποιημένο Αέριο Πετρελαίου στην Ναυτιλία

2.1 Γενικά

2.1.1 Υγροποιημένο αέριο πετρελαίου - Ορισμός

Με τον διεθνή όρο LPG (Liquefied petroleum gas), ή αλλιώς το υγροποιημένο αέριο πετρελαίου, εννοούμε τα ελαφρά κλάσματα αργού πετρελαίου, τα οποία έχουν αέρια μορφή όταν βρίσκονται στις συνήθεις ατμοσφαιρικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Αποτελούν κλάσματα υδρογονανθράκων και διαχωρίζονται από τα υγρά κλάσματα κατά τη διύλιση που γίνεται στο αργό πετρέλαιο. Επί τούτοις, απομονώνονται σε ειδικά διαμορφωμένες δεξαμενές αποθήκευσης για διάφορες χρήσεις και ταυτόχρονα τα υγρά κλάσματα που συλλέγονται, χρησιμοποιούνται για την παρασκευή υγρών καυσίμων (π.χ. βενζίνη, ντίζελ). Βέβαια, με τον όρο LPG αναφερόμαστε και στα κλάσματα που απελευθερώνονται από το φυσικό αέριο, υγροποιημένα και σε υψηλές πιέσεις, πριν καταναλωθούν. Με αυτόν τον τρόπο, το υγροποιημένο αέριο πετρελαίου αποτελεί κατά βάση ένα μίγμα προπάνιου και βουτανίου, το οποίο είτε προέρχεται από αργό πετρέλαιο είτε από την διαδικασία ξήρανσης του φυσικού αερίου. Η αναλογία προπάνιου-βουτανίου είναι διαφορετική ανάλογα με την εκάστοτε εποχή, με το προπάνιο να εμφανίζεται σε μεγαλύτερη αναλογία τις χειμερινές περιόδους και το βουτάνιο να υπερिशύει το καλοκαίρι. Για την ευκολότερη ανίχνευση τυχόν διαρροών προστίθενται σε μικρή αναλογία συστατικά με ισχυρές οσμές. Όπως όλοι οι υδρογονάνθρακες, χαρακτηρίζεται από έντονη αναφλεξιμότητα και παρουσιάζονται κίνδυνοι έκρηξης από απότομη εκτόνωση όταν είναι υγροποιημένο υπό υψηλή πίεση. Όπως είναι φυσικό, ισχύουν αρκετά αυστηροί κανονισμοί και προδιαγραφές για την χρήση, την αποθήκευση και την διάθεση του. Τέλος χαρακτηρίζεται ως ένας από τους πιο καθαρούς υδρογονάνθρακες λόγω της υψηλής αναλογίας υδρογόνου-άνθρακα, οπότε εκπέμπει και μικρές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).

Σχετικά με την άντληση και την αποθήκευση, η πιο αξιοσημείωτη ιδιότητα ενός υγροποιημένου αερίου είναι η πίεση του ατμού του. Για να επέλθει ισορροπία μεταξύ υγρού και ατμού θα πρέπει να ασκηθεί απόλυτη πίεση σε δεδομένη θερμοκρασία. Σύμφωνα με τον Διεθνή Θαλάσσιο Οργανισμό (International Maritime Organization) έχει θεσπιστεί, με γνώμονα την τήρηση των κανονισμών μεταφοράς υγροποιημένων αερίων, ονομαστική επιτρεπτή αναλογία που συσχετίζει την πίεση ατμού με τη θερμοκρασία. Πιο συγκεκριμένα, προβλέπεται για υγρά με πίεση ατμού που υπερβαίνει τα 2.8 bar να διατηρούνται σε θερμοκρασία 37.8 °C. Εξαίρεση στον κανόνα αποτελεί το οξείδιο του αιθυλενίου, αφού σε θερμοκρασία 37.8 °C αναπτύσσει πίεση 2.7 bar. Ταυτόχρονα, το σημείο βρασμού του σε ατμοσφαιρική πίεση είναι αρκετά χαμηλό και υπολογίζεται στους 10.7 °C. Έτσι, θα ήταν ανέφικτη η μεταφορά του με μέθοδο διαφορετική από αυτή των υγροποιημένων αερίων.

Όσον αφορά την Ελλάδα, τα ηνία στο υγροποιημένο αέριο πετρελαίου κατέχουν τα διυλιστήρια των ΕΛΠΕ (Ελληνικά Πετρέλαια) και αυτά της Μότορ Όιλ. Κατά κύριο λόγο, το LPG εξυπηρετεί τις ανάγκες θέρμανσης των χημικών και των φυσικών διεργασιών στα διυλιστήρια και ταυτόχρονα συμβάλλει στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα, μεγάλος μέρος διατίθεται στην ελληνική αγορά και το υπόλοιπο εξάγεται σε διάφορες χώρες ανά τον κόσμο.

2.1.2 Κύρια προϊόντα

Εκτός από το προπάνιο, το βουτάνιο και τα μίγματα των δύο, ανάλυσης χρήζουν και επιπλέον προϊόντα που μεταφέρονται μέσω το LPG πλοίων.

- Αμμωνία: Τα περισσότερα λιπάσματα που περιέχουν άζωτο, έχουν ως βάση την αμμωνία, της οποίας η ζήτηση έκανε έντονη την παρουσία της τις δεκαετίες του '70 και του '80. Επιπροσθέτως, η αμμωνία χρησιμοποιείται και ως βιομηχανική ψυκτική ουσία στην παραγωγή εκρηκτικών υλών. Υπολογίζεται πως πάνω από 25 εκατομμύρια τόνοι αμμωνίας ετησίως μεταφέρονται μέσω θαλάσσης σε πλοία με δεξαμενές πλήρους κατάψυξης, αριθμός που την φέρνει στην τρίτη θέση μετά το φυσικό αέριο και τα υγροποιημένα αέρια πετρελαίου.
- Αιθυλένιο: Αποτελεί μία από τις βασικότερες πετροχημικές δομικές μονάδες. Συνηθέστερα εμφανίζεται σε προϊόντα πλαστικών πολυαιθυλενίου, αιθυλικού οιοπνεύματος, σε ίνες πολυβινυλικού χλωριδίου PVC, σε αναψυκτικά και στην πολυεστέρα. Από τα 100 εκατομμύρια που υπολογίζεται πως παράγονται ετησίως σε όλο τον κόσμο, μόνο τα 3 εκατομμύρια κατανέμονται μέσω της θάλασσας σε ημιδιατηρημένα υπό σταθερή ατμοσφαιρική πίεση πλοία.
- Προπυλένιο: Οι βασικές του εφαρμογές εμφανίζονται έντονα στα πλαστικά προϊόντα πολυπροπυλενίου, στις ακρυλικές ίνες και στους βιομηχανικούς διαλύτες. Το προπυλένιο ως πετροχημικός καταλύτης κατανέμεται μέσω της θάλασσάς σε ποσότητες των 2 εκατομμυρίων τόνων περίπου, ενώ η παραγωγή του υπολογίζεται συνολικά στους 50 εκατομμύρια τόνους.
- Βουταδιένιο: Το βουταδιένιο χρησιμοποιείται κυρίως στην νάιλον παραγωγή και στα πλαστικά προϊόντα. Η ποσότητες μεταφοράς του μέσω των LPG πλοίων αλλά και παραγωγής του κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα με αυτή του προπυλενίου.

2.2 Το LPG ως καύσιμο

Όπως γίνεται αντιληπτό, εκτός από τη χρήση του LPG ως φορτίο στην ναυτιλία, καθίσταται αναγκαία η μελέτη και η ανάλυση του ως καύσιμο. Η χρήση του LPG στα πλοία μελετάται εντονότερα το τελευταίο διάστημα λόγω των υψηλών εκπομπών ρύπων των ντιζελομηχανών και συνδέεται άμεσα με τα νέα μέτρα που θα ισχύουν από το 2020 και μετά (World LPG Association, 2017). Τα βασικότερα σημεία που επαληθεύουν τα παραπάνω είναι τα εξής:

- Το 90% των αγαθών παγκοσμίως μεταφέρονται μέσω της θάλασσας.
- Η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) από τα πλοία είναι σχεδόν δύο φορές μεγαλύτερη από αυτή των αεροσκαφών.
- Η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα προβλέπεται να αυξηθεί κατά 75% στα επόμενα 15 με 20 χρόνια υπό τις υπάρχουσες συνθήκες
- Σύμφωνα με τους νέους κανονισμούς του IMO (International Maritime Organization) η εκπομπή οξειδίου του θείου (SO_x) θα πρέπει να μειωθεί από το επιτρεπτό όριο του 3.5% σε 0.5% από το 2020 και έπειτα.

Ιδιαίτερα αυστηροί θα είναι οι κανονισμοί στις περιοχές SECA (Special Emission Control Areas) που περιλαμβάνουν την Βαλτική Θάλασσα, την Βόρεια Θάλασσα, την περιοχή ελέγχου εκπομπών της Βόρειας Αμερικής (NAECA) και την αμερικανική ακτή της Καραϊβικής Θάλασσας (US Caribbean ECA).

Πίνακας 8: Επιτρεπόμενα όρια εκπομπής SO_x κατά Μαγροί Προσάρτημα VI.

Πηγή: Κων/νος Σπύρου (2017), Μελέτη και Εξοπλισμός Πλοίου II.

Ημερομηνία υποχρεωτικής Εφαρμογής	Όριο περιεχομένου θείου στο καύσιμο (% m/m)	
	SO _x εντός ECA (SECA)	SO _x παγκόσμιο
2000	1,5%	4,5%
07.2010	1,0%	
2012	0,1%	3,5%
2015		0,5%
2020*		

Πίνακας 9: Επιτρεπόμενα όρια εκπομπής NO_x κατά Μαγροί Προσάρτημα VI.

Πηγή: Κων/νος Σπύρου (2017), Μελέτη και Εξοπλισμός Πλοίου II.

Κατηγορία	Ημερομηνία υποχρεωτικής εφαρμογής	Όριο NO _x (g/kWh)		
		n < 130 RPM	130 RPM ≤ n < 2000 RPM	n ≥ 2000 RPM
I	2000	17,0	$45 \cdot n^{-0.2}$	9,8
II	2011	14,4	$44 \cdot n^{-0.23}$	7,7
III	2016 [†]	3,4	$9 \cdot n^{-0.2}$	1,96

Μάλιστα, αρκετές χώρες έχουν εστιάσει στις επικίνδυνες εκπομπές ρύπων από τις μηχανές ντίζελ μετά από την σχετική ανακοίνωση του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας το 2012, που επιβεβαιώνει πως οι ρύποι των ντιζελομηχανών κατατάσσονται στην πρώτη ομάδα καρκινογόνων ουσιών για τους ανθρώπους. Επί τούτοις, βαρόμετρο έχει αποτελέσει το σκάνδαλο (WLPGA, 2017) της Volkswagen το 2015, από το οποίο υπολογίζονται να προκληθούν περισσότεροι από 1200 θανάτους στην Γερμανία και στις γειτονικές τις χώρες, λόγω των ανεξέλεγκτων ρύπων από τα αυτοκίνητα που κατασκευάστηκαν την περίοδο μεταξύ του 2008 και του 2015. Σύμφωνα με ανακοινώσεις του IMO σχετικές με τον επαναπροσδιορισμό των ορίων εκπομπών, υπολογίζεται συνολικά πως η ναυτιλία ευθύνεται για την εκπομπή του 2-4% του διοξειδίου του άνθρακα, του 10-20% των οξειδίων του αζώτου και του 4-8% του διοξειδίου του θείου παγκοσμίως.

Με βάση τις μελέτες του IMO παρουσιάζεται ο πίνακας εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα ανάλογα με τον τύπο του καυσίμου που χρησιμοποιείται. Όπως αποδεικνύεται και στις παρακάτω μελέτες, το LPG ως καύσιμο είναι πιο φιλικό προς το περιβάλλον από το πετρέλαιο ντίζελ και το μαζούτ. Έτσι, καθίσταται αναπόφευκτη η στροφή των πλοιοκτητών σε νέες πηγές ενέργειας στο μέλλον, με σκοπό την ικανοποίηση των κανονισμών που πρόκειται να ισχύσουν.

Πίνακας 10: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά τύπο καυσίμου.

Πηγή: 2017, World LPG Association.

Fuel Type	IMO emission factors (in tons of CO ₂ /ton of fuel)
Heavy Fuel Oil – ISO 8217 RME - RMK	3.114
Light Fuel Oil – ISO 8217 RMA - RMD	3.151
MDO/Gas Oil – ISO 8217 DMX - DMB	3.206
LPG - Butane	3.030
LPG - Propane	3.000
LNG - Methane	2.750
Methanol	1.375
Ethanol	1.913
Hydrogen	zero

2.3 Ανάλυση Στόλου LPG

Για την ανάλυση και την μελέτη των πλοίων LPG θα πρέπει να γίνει η ομαδοποίηση τους σε κατηγορίες, ικανές να μελετηθούν ξεχωριστά και εμπεριστατωμένα (Banchero Costa, 2016). Υπάρχουν αρκετοί παράμετροι που μας επιτρέπουν τον διαχωρισμό τους σε υποομάδες. Βασικοί παράγοντες για την διάκριση του στόλου αποτελούν:

- Η χωρητικότητα του πλοίου μετρούμενη σε κυβικά μέτρα (cu.m.).
- Η θερμοκρασία ψύξης στις ειδικά διαμορφωμένες δεξαμενές αποθήκευσης των πλοίων.
- Το είδος του φορτίου που μεταφέρεται

Συνηθέστερα, όμως χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες. Η πρώτη αποτελείται από πλοία που φέρουν φορτία υπό χαμηλή πίεση ή μέσης ψύξης (small pressurized or semi refrigerated) με χωρητικότητα μεταξύ 3.000 έως 13.000 κυβικών μέτρων. Αντίθετα, η δεύτερη κατηγορία απαρτίζεται από μεγάλα πλοία χωρητικότητας 70.000 κυβικών μέτρων με φορτία πλήρως κατεψυγμένα (fully refrigerated) και η τελευταία από πλοία μεταφοράς αιθυλενίου. Ονομαστικά παρουσιάζονται οι πέντε μεγάλες κατηγορίες, από τις οποίες η δεύτερη και η τρίτη συχνά παραλείπονται λόγω του ελάχιστου αριθμού ενεργών πλοίων που πλέουν ανά τον κόσμο.

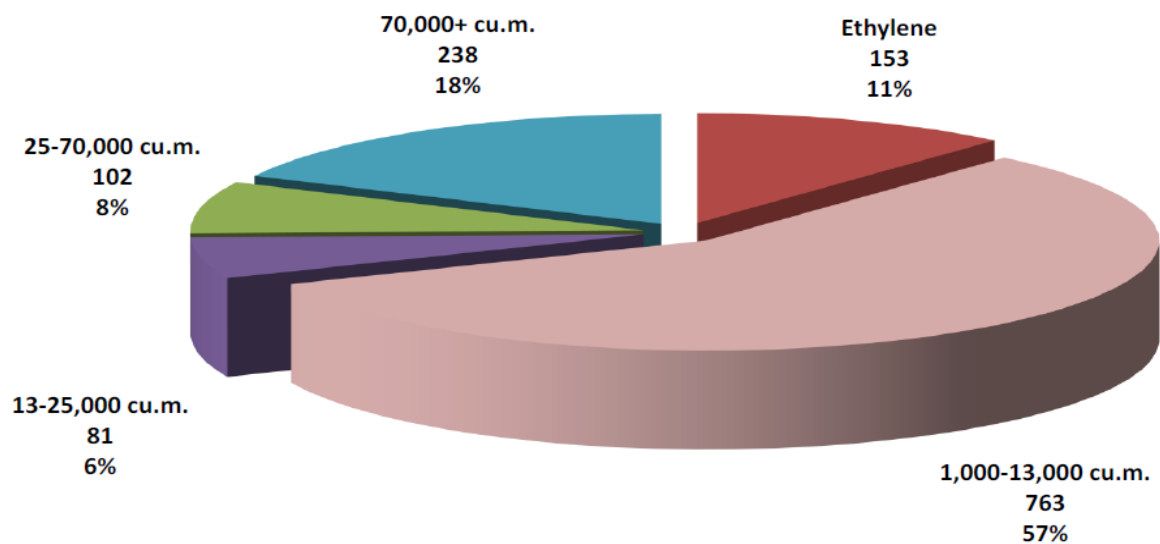
- 1.000 – 12.999 κυβικά μέτρα (χαμηλής πίεση ή μέσης ψύξης)
- 13.000 – 24.999 κυβικά μέτρα (κυρίως μέσης ψύξης)
- 25.000 – 69.999 κυβικά μέτρα (πλήρως κατεψυγμένα φορτία)
- 70.000 κυβικά μέτρα και πάνω (πλήρως κατεψυγμένα φορτία)
- Πλοία μεταφοράς αιθυλενίου (Ethylene carriers) σε θερμοκρασίες μικρότερες από 100°C

Ο βασικός λόγος, για τον οποίον τα πλοία μεταφοράς αιθυλενίου μελετώνται ξεχωριστά, είναι το γεγονός πως απαιτείται θερμοκρασία αποθήκευσης δεξαμενών της τάξης των -104°C. Επακόλουθα, αποτελούν μια ξεχωριστή κατηγορία από τα κοινά πλοία LPG. Πρόκειται για πλοία με χωρητικότητα μικρότερη από 10.000 κυβικά μέτρα και άλλα με δυνατότητα μεταφοράς φορτίου χωρητικότητας 22.000 κυβικών μέτρων. Σύντομα, βρίσκονται σε διαδικασία ναυπήγησης πλοία τέτοιου τύπου, με χωρητικότητα άνω των 80.000 κυβικών μέτρων που προγραμματίζεται να είναι έτοιμα για πλεύση την επόμενη χρονιά.

Με γνώμονα το είδος του φορτίου, υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες πλοίων LPG:

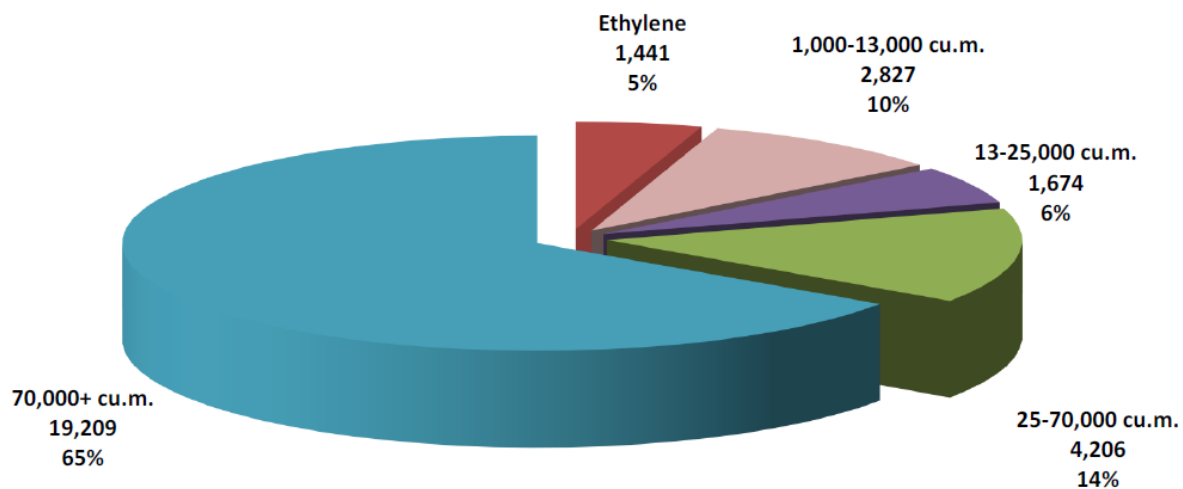
- Πλοία μεταφοράς υγροποιημένου αερίου πετρελαίου, όπως το προπάνιο και το βουτάνιο.
- Πλοία που φέρουν πετροχημικά αέρια, δηλαδή το αιθυλένιο, το προπυλένιο και το βουταδιένιο.
- Πλοία άνυδρης αμμωνίας.

Όλα τα παραπάνω διαθέτουν αέρια μορφή σε φυσικές περιβαλλοντικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Μέσω της υγροποίησης τους επιτυγχάνεται η μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων, ικανών να επιφέρουν υψηλά κέρδη στους πλοιοκτήτες.



Σχήμα 16: Στόλος LPG ανάλογα με τον αριθμό των πλοίων το 2016.

Πηγή: LPG shipping outlook, Banchero Costa (November 2016).



Σχήμα 17: Στόλος LPG ανάλογα με την χωρητικότητα των πλοίων σε χιλιάδες κυβικά μέτρα το 2016.

Πηγή: LPG shipping outlook, Banchemo Costa (November 2016).

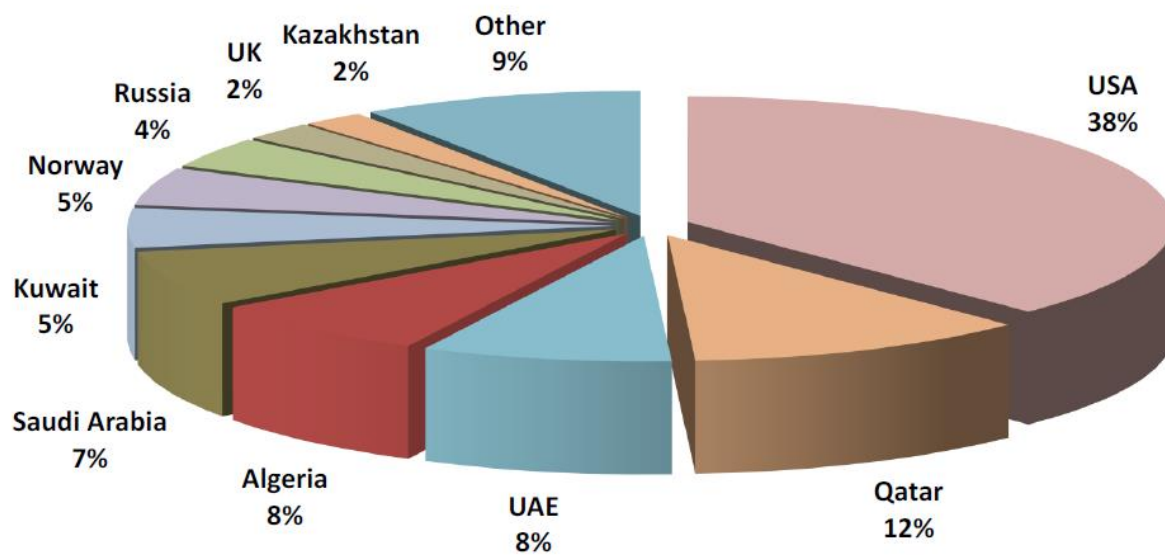
2.4 Ζήτηση και Προσφορά LPG

Η ναυλαγορά του LPG παγκοσμίως, βασίζεται σε μεγαλύτερο βαθμό στην προσφορά απ' ό τι στην ζήτηση, ως υποπροϊόν του πετρελαίου και του φυσικού αερίου. Τα ηνία στις εξαγωγές του LPG διαθέτει η Σαουδική Αραβία, το Κατάρ, τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, η Αλγερία και η Αμερική. Όσον αφορά τις εισαγωγές, η Κίνα, η Ιαπωνία, η Νότια Κορέα και η Ινδία πραγματοποιούν τις μεγαλύτερες εισαγωγές παγκοσμίως. Η Ευρώπη από τη μεριά της, εισάγει μεγάλες ποσότητες LPG, αλλά η αναλογία όγκου ανά μίλι είναι σχετικά μικρή, αφού ο κύριος όγκος προέρχεται από την Βόρεια Αφρική.

Η συνεχώς αυξανόμενη προσφορά, οδήγησε τις Ηνωμένες Πολιτείες στην κορυφή των εξαγωγών LPG για το 2011. Ταυτόχρονα το 2014, οι εξαγωγές αυξήθηκαν από τους 4.7 εκατομμύρια μετρικούς τόνους το 2011 σε 11.2 εκατομμύρια το 2014, ενώ το 2016 ο αριθμός άγγιξε τους 31.4 εκατομμύρια μετρικούς τόνους. Μάλιστα, ο αριθμός αυτός προβλέπεται να αυξηθεί σημαντικά την επόμενη δεκαετία. Ερωτηματικό αποτελεί η αβεβαιότητα στην πετρελαϊκή αγορά που πρόκειται να επιβραδύνει την παραγωγή LPG, αλλά όχι σε πολύ μεγάλο βαθμό. Η όλο και αυξανόμενη ζήτηση των ασιατικών χωρών ανεβάζει συνεχώς τις προσδοκίες, πιέζοντας τις Ηνωμένες Πολιτείες να ικανοποιούν τις ανάγκες που δημιουργούνται.

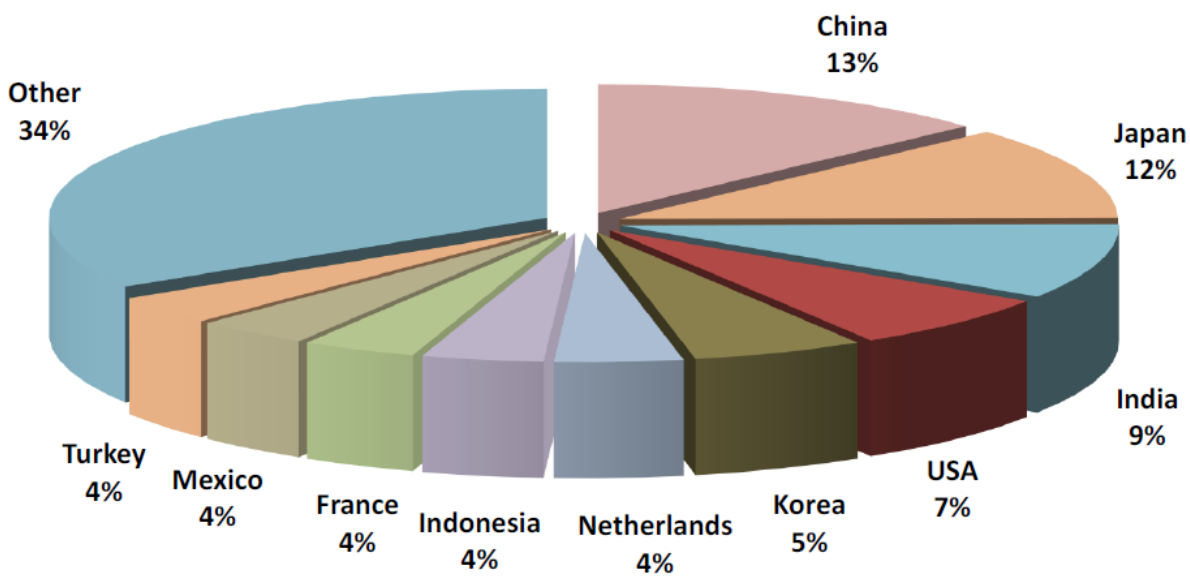
Με αυτόν τον τρόπο, στην πλευρά των εισαγωγών, η Ασία βρίσκεται στην κορυφή. Την τελευταία πενταετία, η χρήση LPG στις ασιατικές χώρες αυξήθηκε κατά 50%, αριθμός που προβλέπεται να ανέβει επιπλέον 10% μέσα στον επόμενο χρόνο. Η ζήτηση της κινεζικής αγοράς το 2015 κυμάνθηκε στα 1.2 εκατομμύρια b/d (βαρέλια ανά ημέρα), ενώ το 2016 έφθασε τα 1.5 εκατομμύρια b/d. Τέλος, στην Ιαπωνία η ζήτηση παρέμεινε σταθερή τις δύο χρονιές στα 0.4 εκατομμύρια βαρέλια ανά ημέρα, αλλά στην Ινδία από 0.6 εκατομμύρια b/d η ζήτηση έφτασε τα 0.7 εκατομμύρια (Banchero Costa, 2016).

Παρακάτω παρουσιάζονται τα Σχήματα 7 και 8 των συνολικών εισαγωγών και εξαγωγών των LPG ανά τον κόσμο για ολόκληρο το 2016.



Σχήμα 18: Εξαγωγές LPG ανά χώρα για το 2016

Πηγή: LPG shipping outlook, Banchemo Costa (November 2016).



Σχήμα 19: Εισαγωγές LPG ανά χώρα για το 2016

Πηγή: LPG shipping outlook, Banchemo Costa (November 2016).

3. Στατιστική Επεξεργασία Μεταβλητών Ναυλαγοράς VLGC

3.1 Γενικά

Στη συγκεκριμένη παράγραφο, θα εξεταστεί η ναυλαγορά LPG και οι διακυμάνσεις που παρατηρούνται σε διάφορα μεγέθη της. Για τη συγκεκριμένη μελέτη δημιουργήθηκε βάση δεδομένων με στοιχεία που αντλήθηκαν από την ιταλική πολυεθνική εταιρεία Eni, και από την ευρέως γνωστή συμβουλευτική εταιρεία Drewry. Τα στοιχεία αφορούν τα ναύλα (spot freight LPG), σε δολάρια ανά τόνο (\$/ton) για δεκαπέντε κύριες διαδρομές δραστηριοποίησης VLGC, με σχεδόν ημερήσιο βήμα από τον Σεπτέμβριο του 2013.

Το πρώτο βήμα για την ανάλυση δεδομένων με τη μέθοδο χρονοσειρών είναι να παρουσιάσουμε το διάγραμμα με τα ήδη υπάρχοντα δεδομένα (spot freight). Στοιχεία, όπως οι τάσεις (trends) και η εποχικότητα (seasonality) θα φανούν αμέσως στο διάγραμμα. Στην περίπτωση μας, θα δούμε πως δεν είναι ορατή η εποχικότητα στα δεδομένα μας. Από την άλλη πλευρά, δεν μπορούμε να ξέρουμε στα σίγουρα ότι δεν υπάρχει, ειδικότερα όταν μιλάμε για τιμές ναύλων. Για να κατανοήσουμε όμως καλύτερα τις μεταβολές των τιμών, θα πρέπει να ελέγξουμε για καθεμία διαδρομή (route) τα διαγράμματα:

- Αυτοσυσχέτισης (autocorrelation)
- Μερικής Αυτοσυσχέτισης (partial autocorrelation)

Επιπροσθέτως, καθίσταται αναγκαία η αναφορά μας στην έννοια της στασιμότητας (stationary). Τα χαρακτηριστικά της χρονοσειράς μας περιορίζονται στο μέσο και στην διακύμανση, δηλαδή στην τετραγωνική απόκλιση της τυχαίας μεταβλητής από το μέσο. Σε περίπτωση που είχαμε μια συνδυασμένη συνάρτηση παρατηρήσεων, προκύπτει και η έννοια της συνδιακύμανσης που ορίζεται ως το μέτρο του βαθμού συσχέτισης μεταξύ δύο μεταβλητών. Έτσι για τον υπολογισμό των παραπάνω παραμέτρων χρησιμοποιείται η στασιμότητα. Λέμε, ότι μια στοχαστική διαδικασία είναι στάσιμη όταν δεν επηρεάζονται οι ιδιότητες της με την αλλαγή μέτρησης της χρονικής περιόδου. Για την ανάλυση χρονοσειρών θα πρέπει τα δεδομένα μας (τιμές ναύλων) να προέρχονται από στάσιμες διαδικασίες. Η υπόθεση μη στασιμότητας μπορεί εύκολα να διαπιστωθεί από τα γραφήματα αυτοσυσχέτισης (ACF) των μεταβλητών μας. Στα διαγράμματα που ακολουθούν ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης αρχίζει από πολύ υψηλές τιμές και φθίνει αργά, γεγονός που πιθανώς να καθιστά μη στάσιμη τη διαδικασία. Έτσι θα πρέπει να γίνουν κατάλληλες αναπροσαρμογές που θα αναλυθούν παρακάτω ώστε να προχωρήσουμε στο forecasting.

3.2 Αυτοσυσχέτιση (autocorrelation)

3.2.1 Αυτοσυσχέτιση – Ορισμός

Η αυτοσυσχέτιση χρησιμοποιείται συγκεκριμένα για δύο λόγους (Βάμβουκας, 2008):

- για να ανιχνεύσει τα στοιχεία των δεδομένων που σχετίζονται μεταξύ τους
- για να προσδιορίσει τις κατάλληλες χρονοσειρές των δεδομένων, που θα χρησιμοποιούσε κανείς για ένα επεξηγηματικό μοντέλο, όταν τα στοιχεία σχετίζονται μεταξύ τους.

Ορισμός αυτοσυσχέτισης

Δίνονται τα μέτρα Y_1, Y_2, \dots, Y_N στις χρονικές στιγμές X_1, X_2, \dots, X_N , η αυτοσυσχέτιση r_k ορίζεται ως εξής:

$$r_k = \frac{\sum_{i=1}^{N-k} (Y_i - \bar{Y})(Y_{i+k} - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2}$$

(1)

Αν και η μεταβλητή του χρόνου X δεν συμπεριλαμβάνεται στον τύπο της αυτοσυσχέτισης, αυτή αναφέρεται σε ίσα διαστήματα, και συγκεκριμένα σε διαστήματα μεγέθους 10 ημερών, στο μοντέλο που μελετάμε.

Η αυτοσυσχέτιση αποτελεί έναν συντελεστής συσχετισμού. Έτσι, αντί του συσχετισμού μεταξύ δυο διαφορετικών μεταβλητών, ο συσχετισμός είναι μεταξύ δύο τιμών της ίδιας μεταβλητής Y_t κατά τις περιόδους X_i και X_{i+k} . Όταν η αυτοσυσχέτιση αναφέρεται σε ένα μεμονωμένο στοιχείο των δεδομένων, μας ενδιαφέρει ο πρώτος μόνο όρος της σειράς δηλαδή το r για $k = 1$, ενώ όταν αναφέρεται σε μια χρονοσειρά μας ενδιαφέρουν και άλλοι όροι της σειράς, δηλαδή το r_k για $k > 1$.

3.2.2 Αυτοσυσχετίσεις για τις τιμές των στιγμιαίων ναύλων (spot rate)

Στη συνέχεια θα ακολουθήσουν οι αυτοσυσχετίσεις (autocorrelations) για τις τιμές των στιγμιαίων ναύλων (LPG spot rate), σε δολάρια ανά τόνο (\$/ton) για όλα τα VLGC, δηλαδή πλοίων μεταφοράς LPG με μεταφορική ικανότητα μεγαλύτερη από 70.000 κυβικά μέτρα, σε 15 διαφορετικές διαδρομές (routes) από τον Σεπτέμβριο του 2013 έως το Δεκέμβριο του 2017 με βήμα 10 ημερών. Οι διαδρομές περιλαμβάνουν λιμάνια της Σαουδικής Αραβίας, όπως το Γιανμπού και την Ρας Τανούρα. Επιπρόσθετα, συμπεριλαμβάνεται το Γιβλαρτάρ, η Ιαπωνία, η Νότια και η Ανατολική Κίνα, η Αλγερία, περιοχές γύρω από τη Βόρεια Θάλασσα και λιμάνια της Βορειοδυτικής Ευρώπης και της Δυτικής Αφρικής.

Για τον υπολογισμό των αυτοσυσχετίσεων στους Πίνακες 4-18 και την δημιουργία των Διαγραμμάτων 9-23 χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα IBM SPSS Statistics 23.

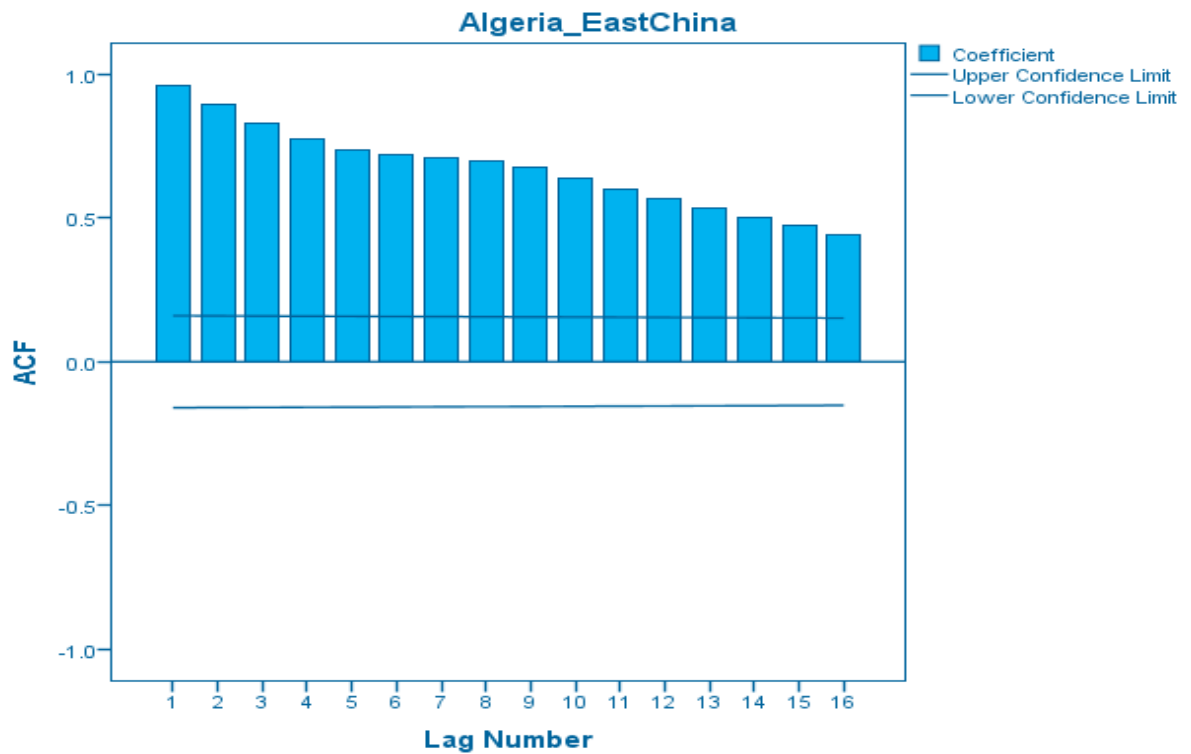
1) ALGERIA → EAST CHINA

Πίνακας 11: Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Autocorrelations

Algeria_EastChina

Lag	Autocorrelation	Std. Error ^a	Box-Ljung Statistic		
			Value	df	Sig. ^b
1	.959	.080	143.426	1	.000
2	.896	.080	269.501	2	.000
3	.830	.080	378.525	3	.000
4	.774	.079	473.989	4	.000
5	.739	.079	561.429	5	.000
6	.722	.079	645.569	6	.000
7	.709	.078	727.186	7	.000
8	.699	.078	807.134	8	.000
9	.679	.078	883.092	9	.000
10	.640	.078	950.970	10	.000
11	.600	.077	1011.073	11	.000
12	.567	.077	1065.090	12	.000
13	.534	.077	1113.386	13	.000
14	.505	.077	1156.818	14	.000
15	.476	.076	1195.733	15	.000
16	.440	.076	1229.243	16	.000



Σχήμα 20: Διάγραμμα Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

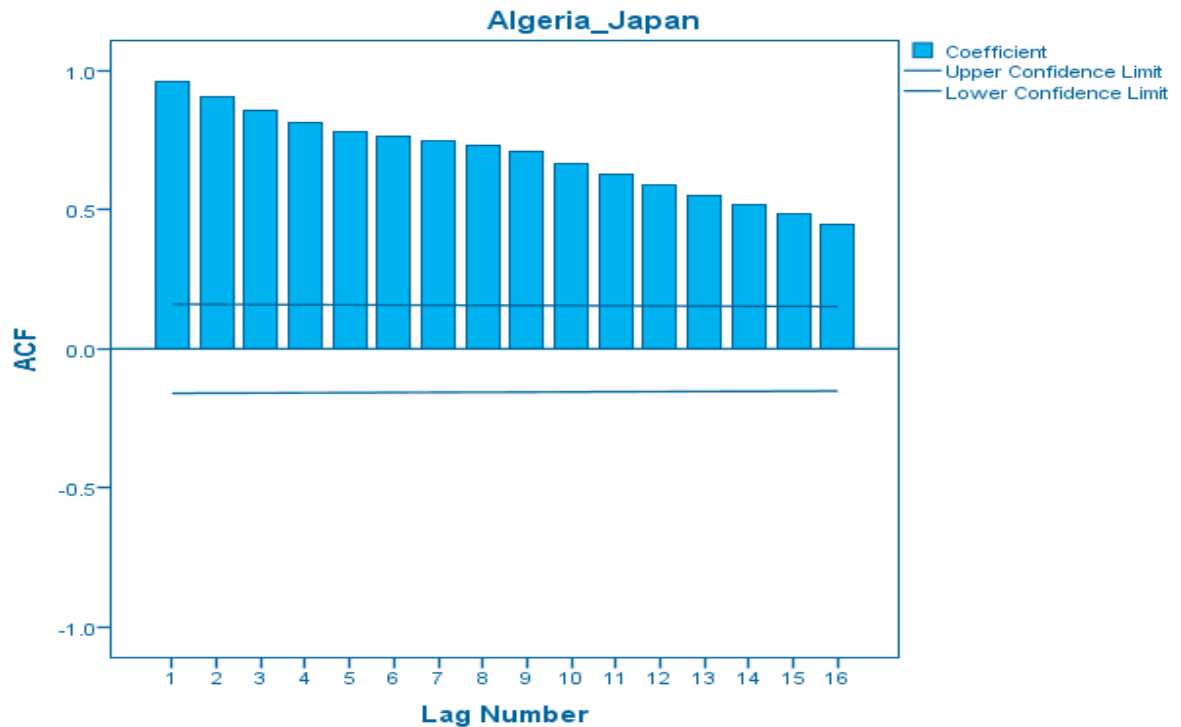
2) ALGERIA → JAPAN

Πίνακας 12: Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Autocorrelations

Algeria_Japan

Lag	Autocorrelation	Std. Error ^a	Box-Ljung Statistic		
			Value	df	Sig. ^b
1	.963	.080	144.578	1	.000
2	.909	.080	274.464	2	.000
3	.856	.080	390.421	3	.000
4	.812	.079	495.435	4	.000
5	.781	.079	593.209	5	.000
6	.767	.079	688.000	6	.000
7	.749	.078	779.147	7	.000
8	.733	.078	867.031	8	.000
9	.708	.078	949.494	9	.000
10	.668	.078	1023.510	10	.000
11	.626	.077	1088.999	11	.000
12	.590	.077	1147.625	12	.000
13	.552	.077	1199.244	13	.000
14	.517	.077	1244.851	14	.000
15	.484	.076	1285.107	15	.000
16	.449	.076	1320.000	16	.000



Σχήμα 21: Διάγραμμα Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

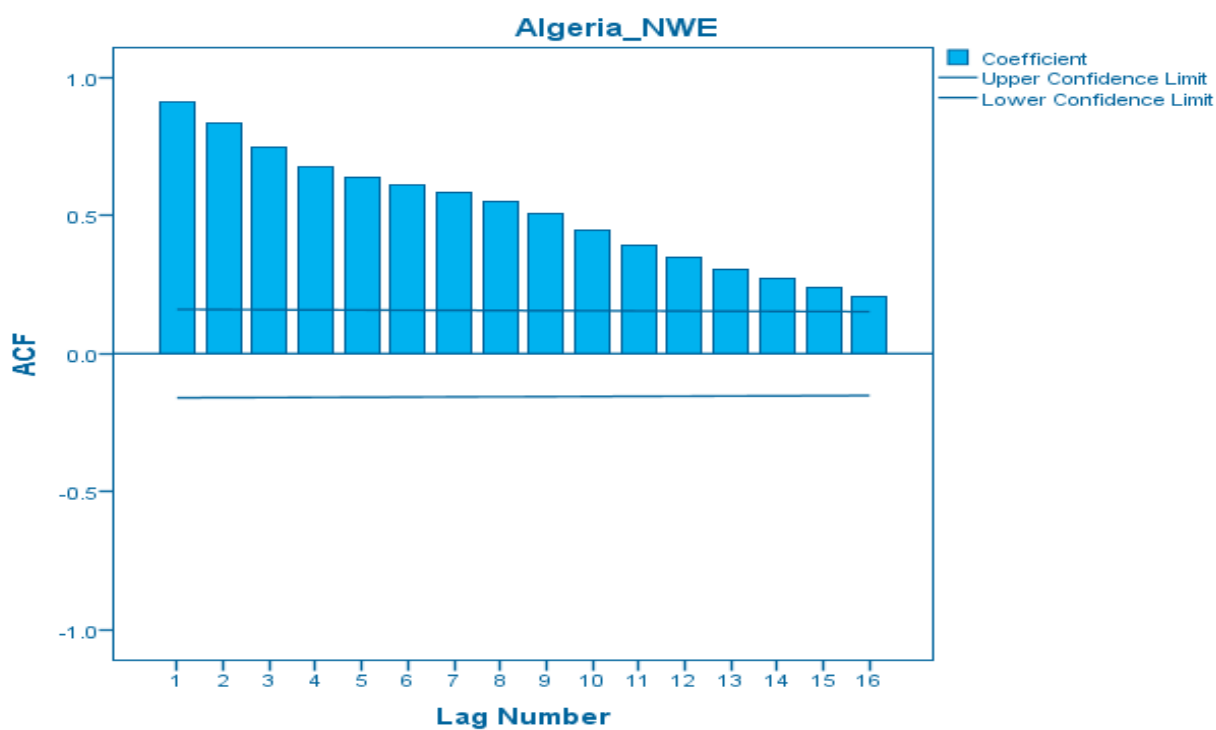
3) ALGERIA → NWE

Πίνακας 13: Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Autocorrelations

Algeria_NWE

Lag	Autocorrelation	Std. Error ^a	Box-Ljung Statistic		
			Value	df	Sig. ^b
1	.915	.080	130.540	1	.000
2	.835	.080	239.917	2	.000
3	.750	.080	328.910	3	.000
4	.679	.079	402.248	4	.000
5	.637	.079	467.353	5	.000
6	.610	.079	527.373	6	.000
7	.583	.078	582.534	7	.000
8	.553	.078	632.610	8	.000
9	.507	.078	674.913	9	.000
10	.446	.078	707.946	10	.000
11	.391	.077	733.500	11	.000
12	.349	.077	753.938	12	.000
13	.305	.077	769.712	13	.000
14	.272	.077	782.310	14	.000
15	.240	.076	792.240	15	.000
16	.206	.076	799.566	16	.000



Σχήμα 22: Διάγραμμα Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

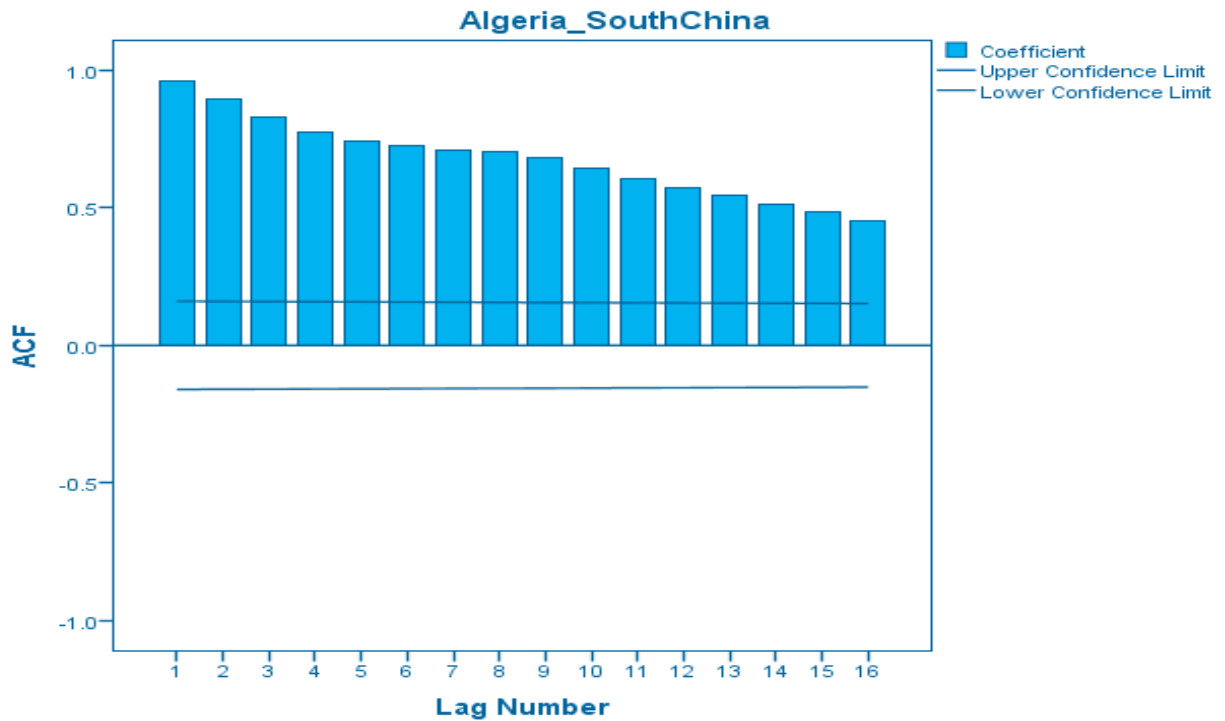
4) ALGERIA → SOUTH CHINA

Πίνακας 14: Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Autocorrelations

Algeria_SouthChina

Lag	Autocorrelation	Std. Error ^a	Box-Ljung Statistic		
			Value	df	Sig. ^b
1	.959	.080	143.503	1	.000
2	.897	.080	269.776	2	.000
3	.831	.080	379.071	3	.000
4	.776	.079	474.899	4	.000
5	.741	.079	562.782	5	.000
6	.725	.079	647.490	6	.000
7	.712	.078	729.923	7	.000
8	.704	.078	810.972	8	.000
9	.685	.078	888.212	9	.000
10	.647	.078	957.532	10	.000
11	.608	.077	1019.220	11	.000
12	.575	.077	1074.904	12	.000
13	.543	.077	1124.885	13	.000
14	.514	.077	1170.003	14	.000
15	.486	.076	1210.550	15	.000
16	.450	.076	1245.656	16	.000



Σχήμα 23: Διάγραμμα Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

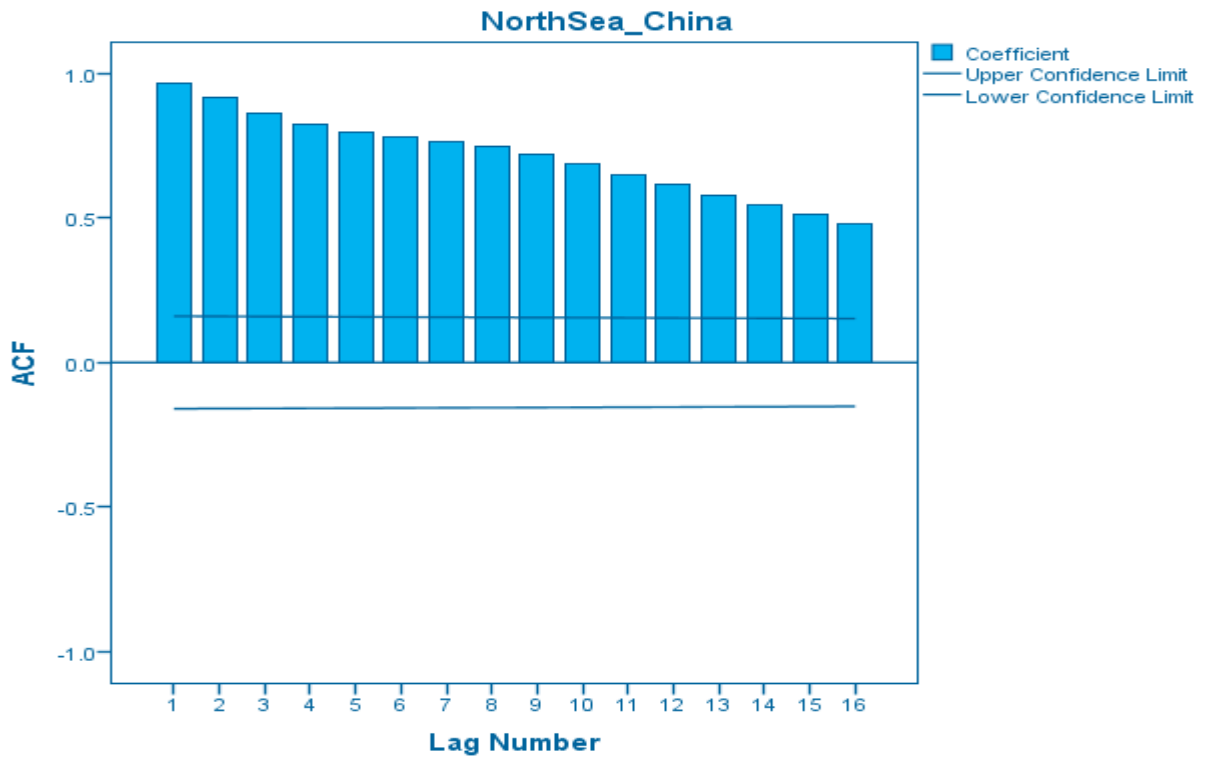
5) NORTH SEA → CHINA

Πίνακας 15: Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Autocorrelations

NorthSea_China

Lag	Autocorrelation	Std. Error ^a	Box-Ljung Statistic		
			Value	df	Sig. ^b
1	.966	.080	145.495	1	.000
2	.915	.080	277.104	2	.000
3	.865	.080	395.458	3	.000
4	.825	.079	503.683	4	.000
5	.795	.079	604.946	5	.000
6	.780	.079	703.105	6	.000
7	.764	.078	797.805	7	.000
8	.748	.078	889.254	8	.000
9	.723	.078	975.447	9	.000
10	.688	.078	1053.858	10	.000
11	.650	.077	1124.350	11	.000
12	.615	.077	1188.061	12	.000
13	.579	.077	1244.936	13	.000
14	.547	.077	1295.938	14	.000
15	.515	.076	1341.536	15	.000
16	.482	.076	1381.729	16	.000



Σχήμα 24: Διάγραμμα Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

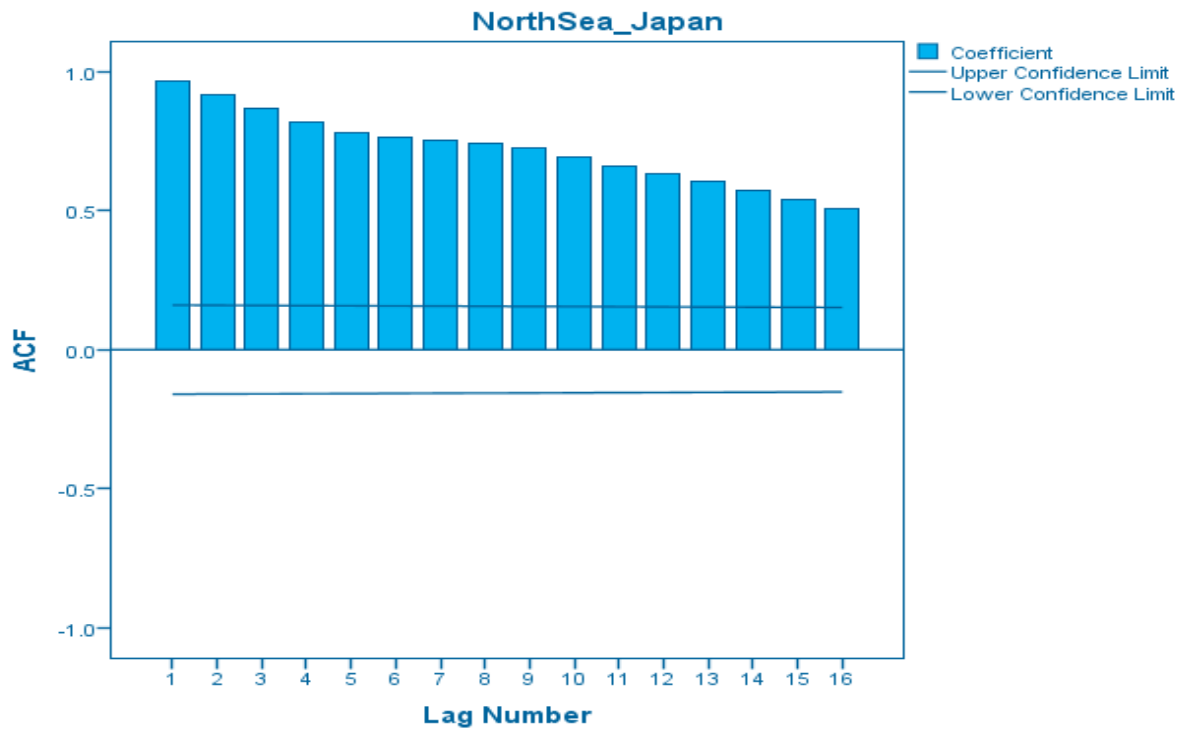
6) NORTH SEA → JAPAN

Πίνακας 16: Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Autocorrelations

NorthSea_Japan

Lag	Autocorrelation	Std. Error ^a	Box-Ljung Statistic		
			Value	df	Sig. ^b
1	.967	.080	145.953	1	.000
2	.918	.080	278.290	2	.000
3	.866	.080	396.821	3	.000
4	.818	.079	503.230	4	.000
5	.782	.079	601.271	5	.000
6	.764	.079	695.447	6	.000
7	.751	.078	787.110	7	.000
8	.741	.078	877.000	8	.000
9	.724	.078	963.326	9	.000
10	.695	.078	1043.450	10	.000
11	.663	.077	1116.786	11	.000
12	.633	.077	1184.220	12	.000
13	.604	.077	1245.983	13	.000
14	.573	.077	1302.013	14	.000
15	.542	.076	1352.573	15	.000
16	.509	.076	1397.469	16	.000



Σχήμα 25: Διάγραμμα Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

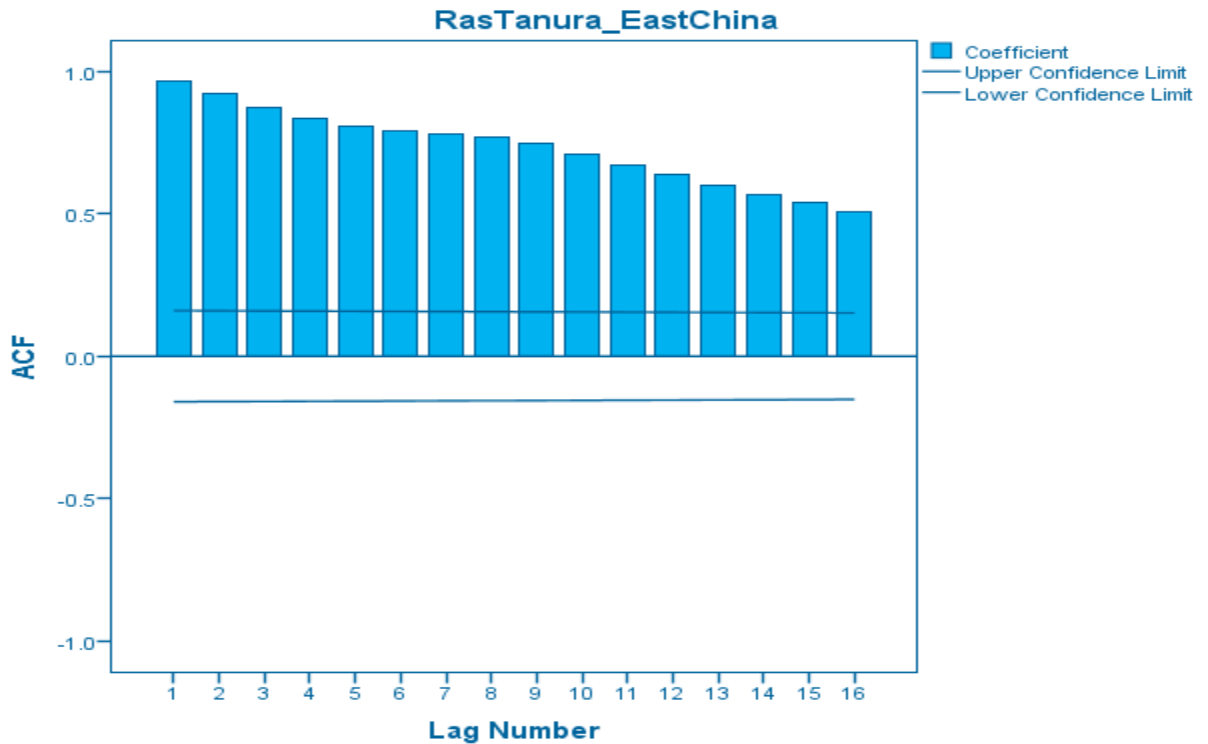
7) RAS TANURA → EAST CHINA

Πίνακας 17: Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Autocorrelations

RasTanura_EastChina

Lag	Autocorrelation	Std. Error ^a	Box-Ljung Statistic		
			Value	df	Sig. ^b
1	.968	.080	146.342	1	.000
2	.923	.080	280.145	2	.000
3	.877	.080	401.609	3	.000
4	.836	.079	512.913	4	.000
5	.809	.079	617.681	5	.000
6	.794	.079	719.425	6	.000
7	.780	.078	818.127	7	.000
8	.768	.078	914.580	8	.000
9	.747	.078	1006.453	9	.000
10	.710	.078	1089.979	10	.000
11	.671	.077	1165.232	11	.000
12	.637	.077	1233.530	12	.000
13	.601	.077	1294.778	13	.000
14	.569	.077	1350.105	14	.000
15	.540	.076	1400.248	15	.000
16	.508	.076	1444.902	16	.000



Σχήμα 26: Διάγραμμα Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

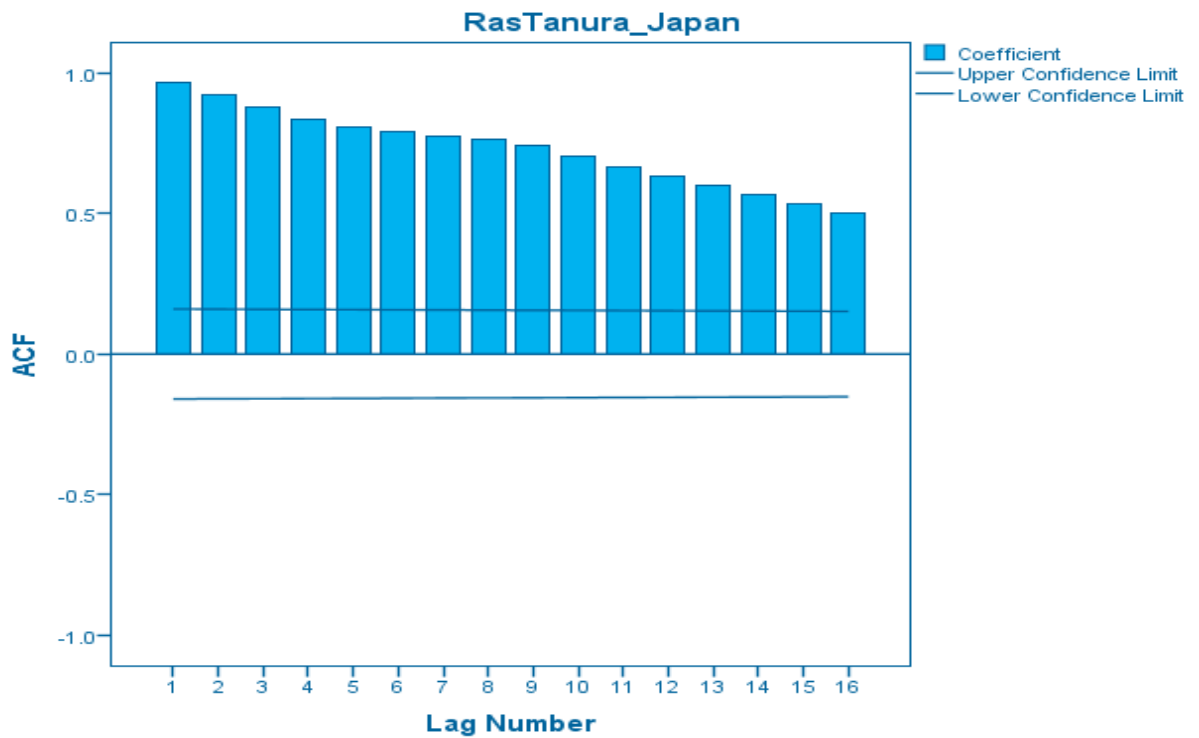
8) RAS TANURA → JAPAN

Πίνακας 18: Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Autocorrelations

RasTanura_Japan

Lag	Autocorrelation	Std. Error ^a	Box-Ljung Statistic		
			Value	df	Sig. ^b
1	.969	.080	146.371	1	.000
2	.923	.080	280.273	2	.000
3	.877	.080	401.823	3	.000
4	.836	.079	512.977	4	.000
5	.807	.079	617.375	5	.000
6	.792	.079	718.531	6	.000
7	.777	.078	816.478	7	.000
8	.764	.078	912.037	8	.000
9	.743	.078	1002.972	9	.000
10	.706	.078	1085.571	10	.000
11	.667	.077	1159.954	11	.000
12	.633	.077	1227.451	12	.000
13	.598	.077	1288.050	13	.000
14	.566	.077	1342.768	14	.000
15	.537	.076	1392.380	15	.000
16	.505	.076	1436.474	16	.000



Σχήμα 27: Διάγραμμα Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

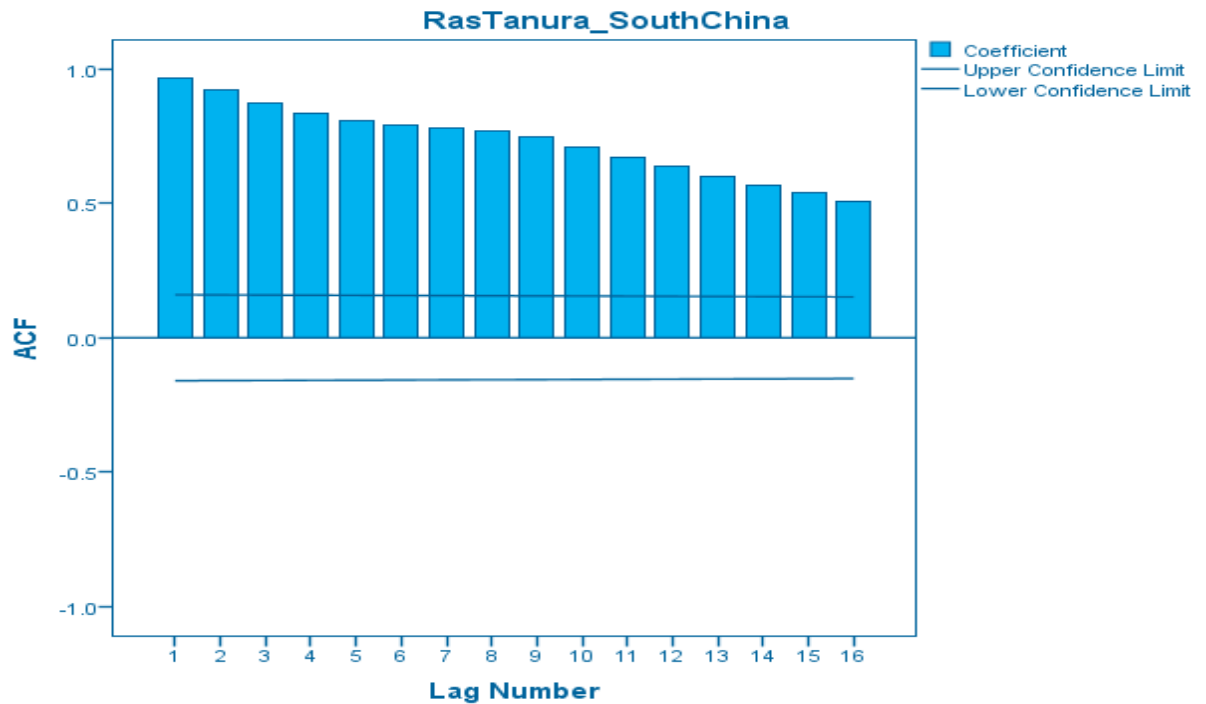
9) RAS TANURA → SOUTH CHINA

Πίνακας 19: Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Autocorrelations

RasTanura_SouthChina

Lag	Autocorrelation	Std. Error ^a	Box-Ljung Statistic		
			Value	df	Sig. ^b
1	.968	.080	146.342	1	.000
2	.923	.080	280.145	2	.000
3	.877	.080	401.609	3	.000
4	.836	.079	512.913	4	.000
5	.809	.079	617.681	5	.000
6	.794	.079	719.425	6	.000
7	.780	.078	818.127	7	.000
8	.768	.078	914.580	8	.000
9	.747	.078	1006.453	9	.000
10	.710	.078	1089.979	10	.000
11	.671	.077	1165.232	11	.000
12	.637	.077	1233.530	12	.000
13	.601	.077	1294.778	13	.000
14	.569	.077	1350.105	14	.000
15	.540	.076	1400.248	15	.000
16	.508	.076	1444.902	16	.000



Σχήμα 28: Διάγραμμα Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

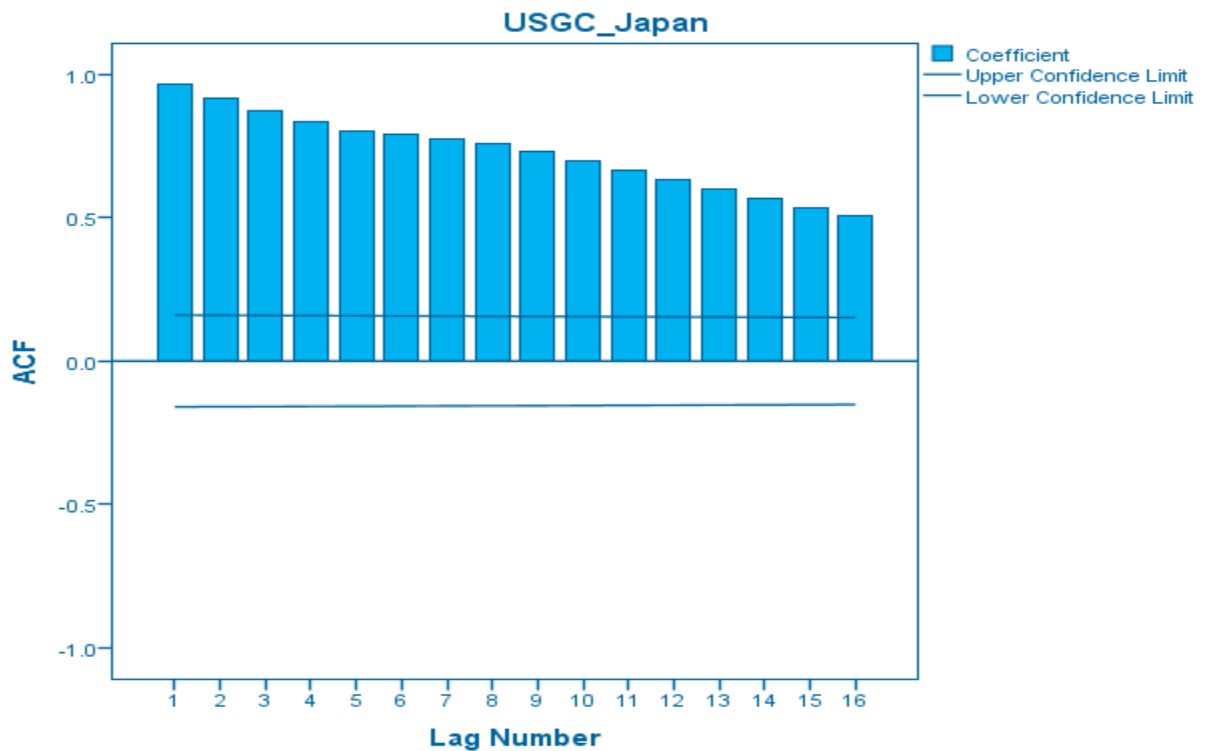
10) USGC → JAPAN

Πίνακας 20: Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Autocorrelations

USGC_Japan

Lag	Autocorrelation	Std. Error ^a	Box-Ljung Statistic		
			Value	df	Sig. ^b
1	.967	.080	145.950	1	.000
2	.920	.080	278.889	2	.000
3	.873	.080	399.288	3	.000
4	.833	.079	509.817	4	.000
5	.805	.079	613.563	5	.000
6	.790	.079	714.159	6	.000
7	.773	.078	811.203	7	.000
8	.757	.078	905.011	8	.000
9	.734	.078	993.767	9	.000
10	.700	.078	1075.038	10	.000
11	.664	.077	1148.730	11	.000
12	.633	.077	1216.045	12	.000
13	.599	.077	1276.775	13	.000
14	.567	.077	1331.709	14	.000
15	.537	.076	1381.309	15	.000
16	.506	.076	1425.542	16	.000



Σχήμα 29: Διάγραμμα Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

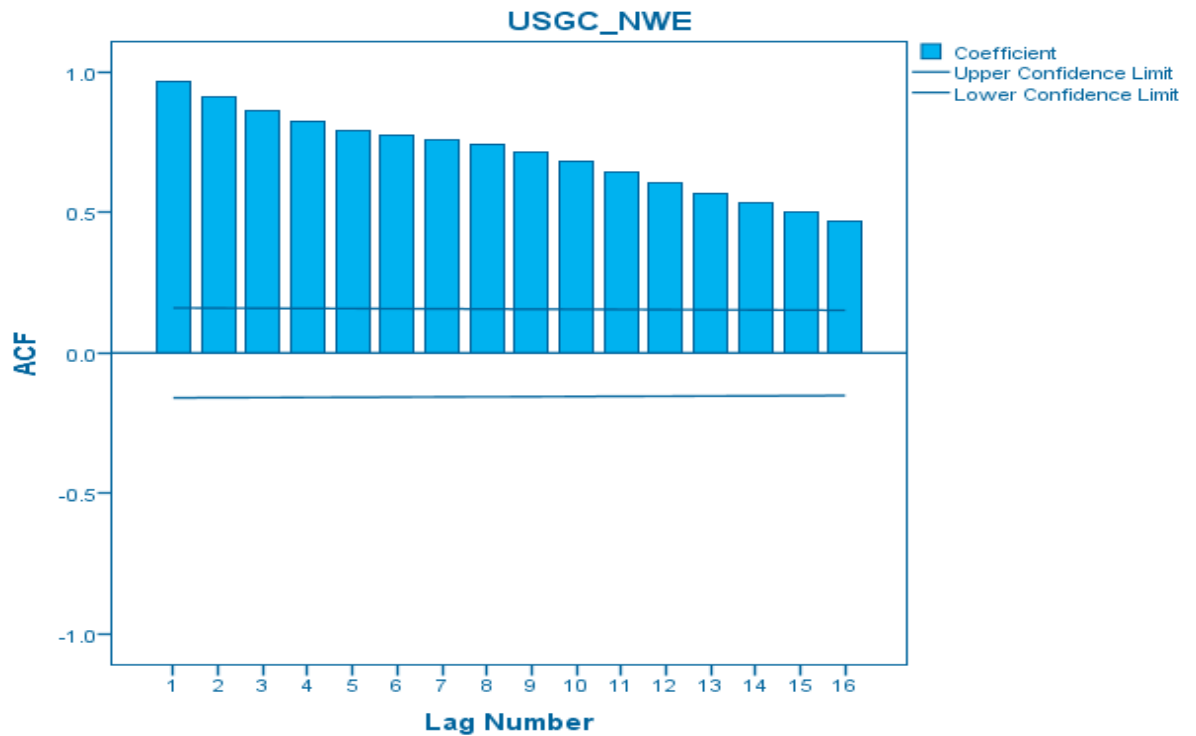
11) USGC → NEW

Πίνακας 21: Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Autocorrelations

USGC_NWE

Lag	Autocorrelation	Std. Error ^a	Box-Ljung Statistic		
			Value	df	Sig. ^b
1	.964	.080	145.132	1	.000
2	.915	.080	276.566	2	.000
3	.864	.080	394.610	3	.000
4	.822	.079	502.274	4	.000
5	.791	.079	602.656	5	.000
6	.775	.079	699.505	6	.000
7	.757	.078	792.485	7	.000
8	.740	.078	882.109	8	.000
9	.716	.078	966.528	9	.000
10	.681	.078	1043.418	10	.000
11	.642	.077	1112.317	11	.000
12	.607	.077	1174.250	12	.000
13	.570	.077	1229.284	13	.000
14	.536	.077	1278.241	14	.000
15	.503	.076	1321.687	15	.000
16	.471	.076	1360.077	16	.000



Σχήμα 30: Διάγραμμα Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

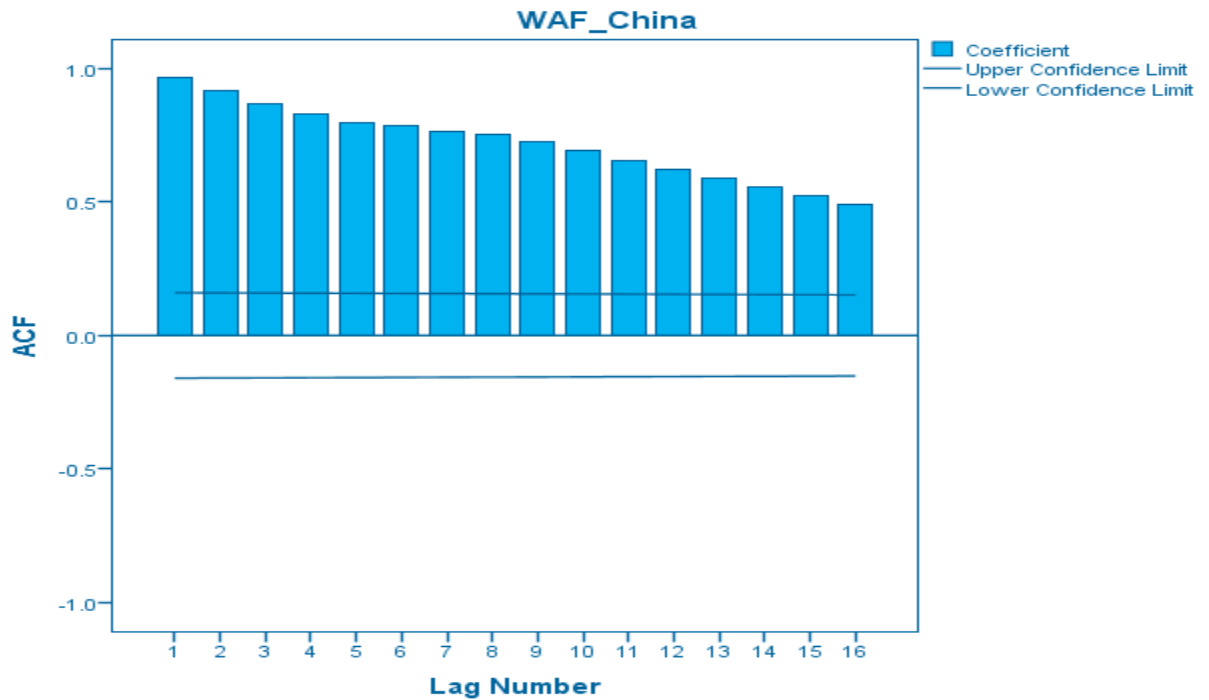
12) WAF → CHINA

Πίνακας 22: Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Autocorrelations

WAF_China

Lag	Autocorrelation	Std. Error ^a	Box-Ljung Statistic		
			Value	df	Sig. ^b
1	.966	.080	145.702	1	.000
2	.918	.080	277.947	2	.000
3	.869	.080	397.309	3	.000
4	.828	.079	506.515	4	.000
5	.799	.079	608.797	5	.000
6	.784	.079	707.989	6	.000
7	.767	.078	803.601	7	.000
8	.752	.078	895.971	8	.000
9	.728	.078	983.236	9	.000
10	.693	.078	1062.766	10	.000
11	.655	.077	1134.501	11	.000
12	.623	.077	1199.719	12	.000
13	.587	.077	1258.174	13	.000
14	.555	.077	1310.714	14	.000
15	.524	.076	1357.864	15	.000
16	.491	.076	1399.584	16	.000



Σχήμα 31: Διάγραμμα Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

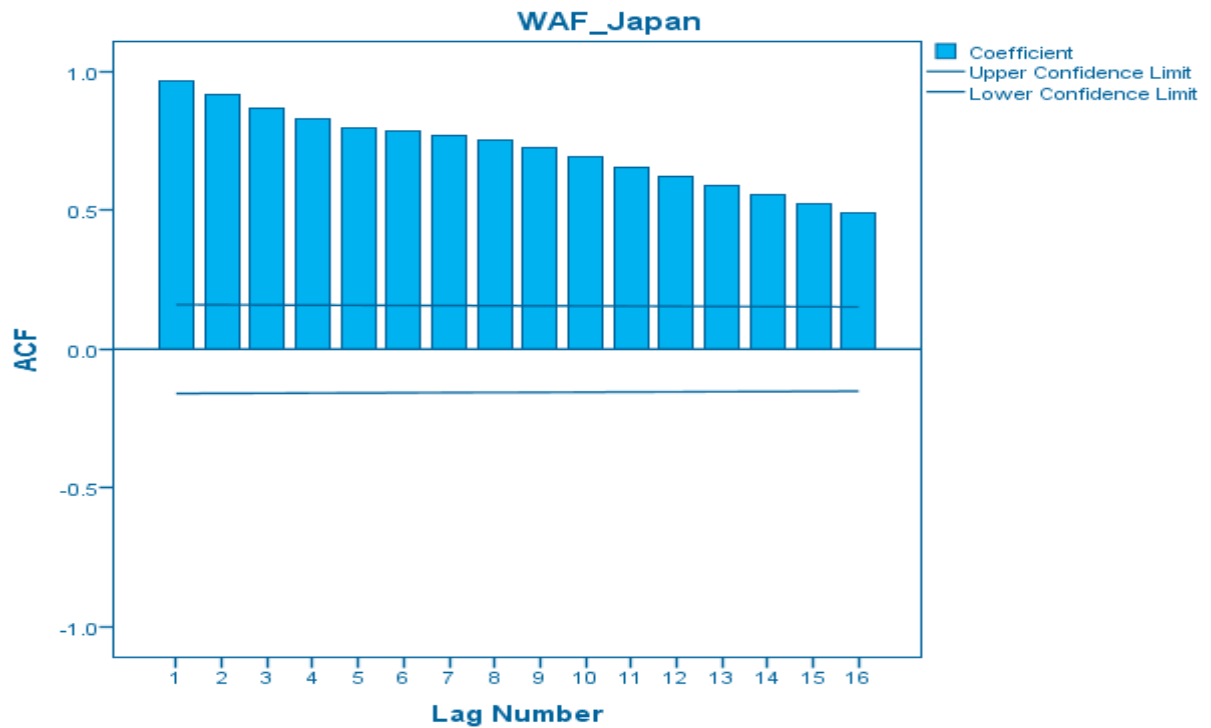
13) WAF → JAPAN

Πίνακας 23: Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Autocorrelations

WAF_Japan

Lag	Autocorrelation	Std. Error ^a	Box-Ljung Statistic		
			Value	df	Sig. ^b
1	.966	.080	145.684	1	.000
2	.918	.080	277.905	2	.000
3	.869	.080	397.260	3	.000
4	.828	.079	506.478	4	.000
5	.799	.079	608.790	5	.000
6	.784	.079	708.004	6	.000
7	.767	.078	803.674	7	.000
8	.752	.078	896.138	8	.000
9	.729	.078	983.541	9	.000
10	.693	.078	1063.267	10	.000
11	.656	.077	1135.245	11	.000
12	.624	.077	1200.755	12	.000
13	.589	.077	1259.552	13	.000
14	.557	.077	1312.452	14	.000
15	.526	.076	1359.993	15	.000
16	.493	.076	1402.121	16	.000



Σχήμα 32: Διάγραμμα Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

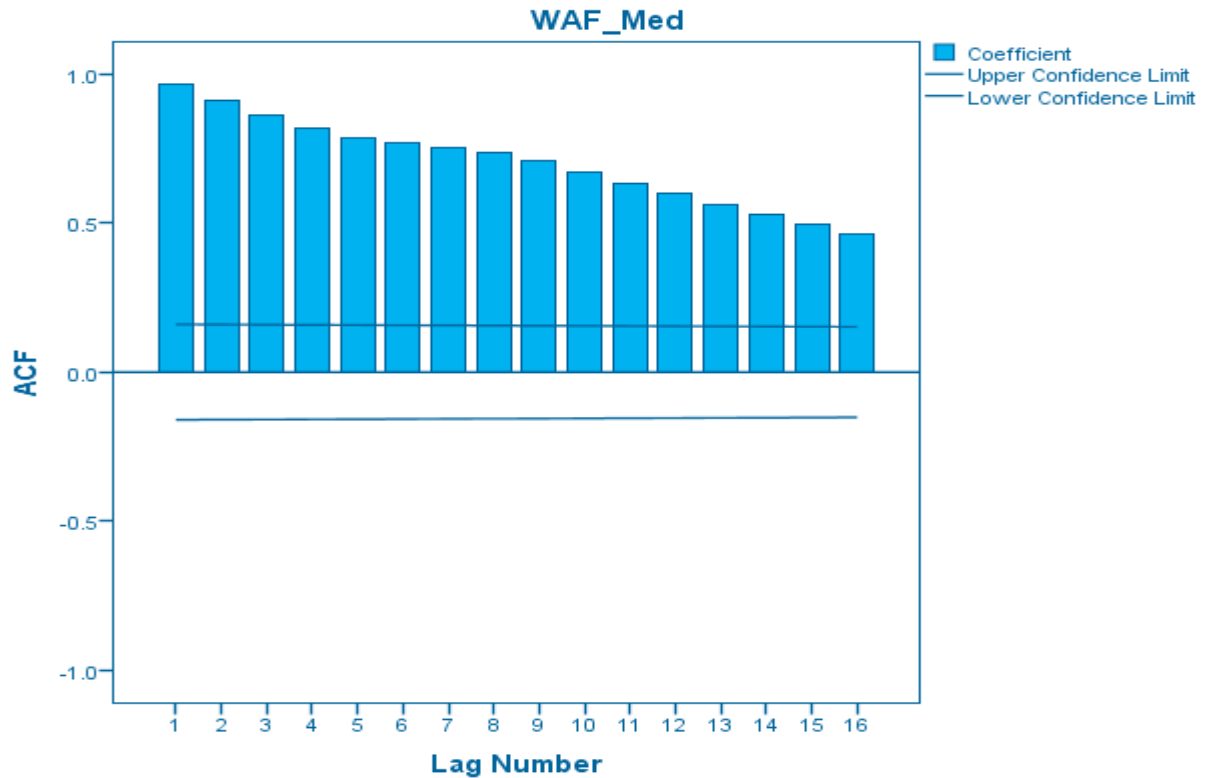
14) WAF → MED

Πίνακας 24: Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Autocorrelations

WAF_Med

Lag	Autocorrelation	Std. Error ^a	Box-Ljung Statistic		
			Value	df	Sig. ^b
1	.964	.080	145.057	1	.000
2	.912	.080	275.807	2	.000
3	.860	.080	392.852	3	.000
4	.817	.079	499.181	4	.000
5	.786	.079	598.160	5	.000
6	.770	.079	693.844	6	.000
7	.752	.078	785.800	7	.000
8	.736	.078	874.324	8	.000
9	.711	.078	957.470	9	.000
10	.673	.078	1032.682	10	.000
11	.634	.077	1099.814	11	.000
12	.599	.077	1160.203	12	.000
13	.562	.077	1213.756	13	.000
14	.528	.077	1261.386	14	.000
15	.496	.076	1303.649	15	.000
16	.461	.076	1340.512	16	.000



Σχήμα 33: Διάγραμμα Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

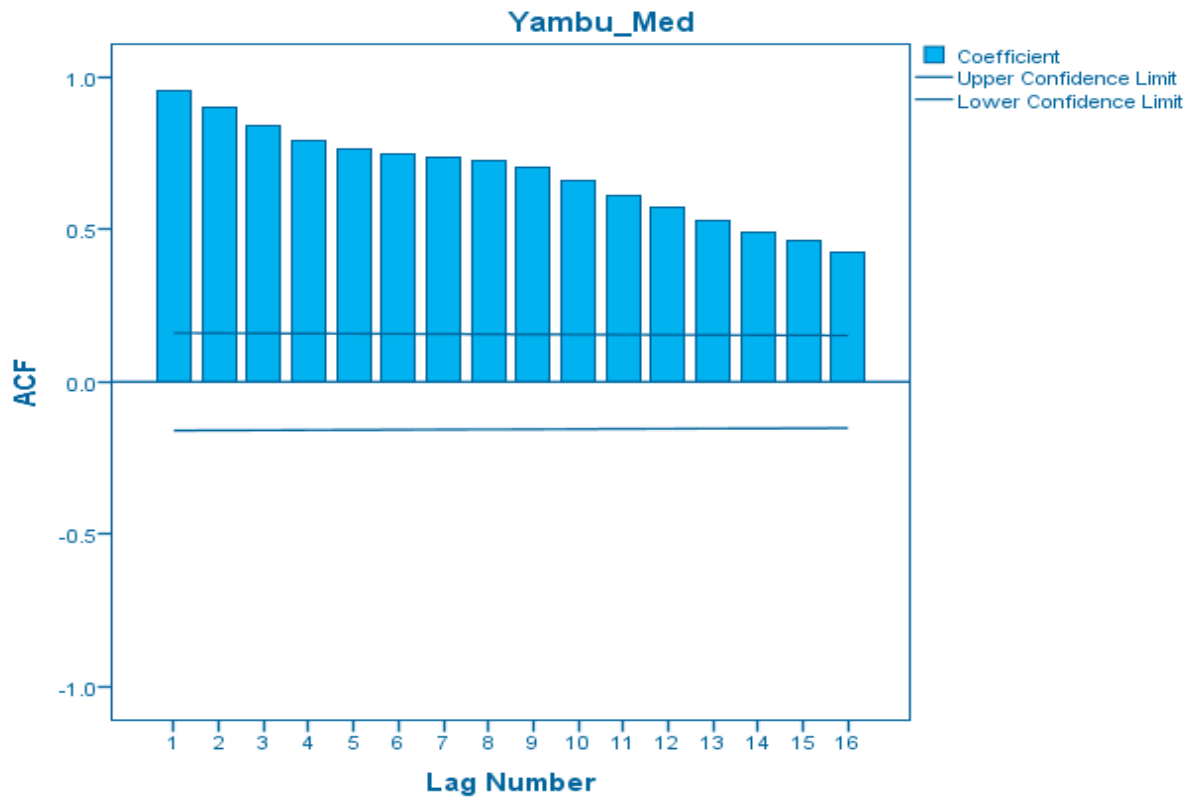
15) YANBU → MED

Πίνακας 25: Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Autocorrelations

Yambu_Med

Lag	Autocorrelation	Std. Error ^a	Box-Ljung Statistic		
			Value	df	Sig. ^b
1	.958	.080	143.081	1	.000
2	.900	.080	270.316	2	.000
3	.843	.080	382.597	3	.000
4	.794	.079	482.876	4	.000
5	.763	.079	576.089	5	.000
6	.750	.079	666.759	6	.000
7	.737	.078	754.891	7	.000
8	.727	.078	841.276	8	.000
9	.704	.078	922.875	9	.000
10	.659	.078	994.828	10	.000
11	.611	.077	1057.210	11	.000
12	.571	.077	1112.114	12	.000
13	.529	.077	1159.599	13	.000
14	.494	.077	1201.174	14	.000
15	.462	.076	1237.923	15	.000
16	.427	.076	1269.544	16	.000



Σχήμα 34: Διάγραμμα Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

3.2.3 Συμπεράσματα Αυτοσυσχέτισης

Από την ανάλυση του συγκεκριμένου μοντέλου και έχοντας ήδη ορίσει την αυτοσυσχέτιση r_k μπορούν να μελετηθούν οι ιδιότητες αυτής της συνάρτησης (ACF). Βασική προϋπόθεση για την πραγματοποίηση του μοντέλου πρόβλεψης είναι να αποκλειστεί το ενδεχόμενο τα δεδομένα να αποτελούν λευκό θόρυβο.

Ένας τρόπος για την ανάλυση αυτού του ζητήματος είναι η μελέτη των τιμών του r_k σε μια χρονοσειρά και η ανάπτυξη ένας τύπος σφάλματος, ώστε να ελέγχεται τότε μια τιμή του r_k είναι σημαντικά διαφορετική από το μηδέν.

Για μια χρονοσειρά τυχαίων αριθμών, θα πρέπει θεωρητικά όλοι οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης r_k να είναι μηδέν. Εφόσον έχουμε πεπερασμένα δείγματα, οι αυτοσυσχετίσεις είναι διάφορες του 0. Η κατανομή που ακολουθούν οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης r_k ενός μοντέλου που αποτελεί λευκό θόρυβο μπορεί να προσεγγιστεί από μια κανονική καμπύλη με μέσον μηδέν και σταθερό σφάλμα $\frac{1}{\sqrt{n}}$ όπου n είναι ο αριθμός των στοιχείων της χρονοσειράς. Για αυτό κατά τον σχεδιασμό των γραφημάτων της συνάρτησης αυτοσυσχέτισης (ACF) χαράσσεται και η ευθεία "upper confidence limit", της οποίας τα όρια είναι γνωστά σαν κρίσιμες τιμές.

Έλεγχος Barlett (1946)

Ο παραπάνω έλεγχος συνδέεται με την στασιμότητα μιας χρονικής σειράς. Αν μια χρονοσειρά είναι στάσιμη, οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης ακολουθούν κανονική κατανομή με μέσο ορο το 0 και διακύμανση $1/n$ (n =μέγεθος του δείγματος). Σύμφωνα με τα παραπάνω, τα autocorrelations για καθεμία διαδρομή είναι μεγαλύτερα κατά απόλυτη τιμή από τις κρίσιμες τιμές $\pm 1.96/\sqrt{n}$, κάτι που σημαίνει πως κατά 95% τα δεδομένα μας δεν αποτελούν λευκό θόρυβο.

Το μοντέλο του λευκού θορύβου, περιγράφεται από την ακόλουθη εξίσωση

$$Y_t = c + e_t$$

όπου Y_t η μεταβλητή, η οποία ισούται με μια σταθερά c αθροίζοντας ένα τυχαίο σφάλμα e_t το οποίο διαφέρει από χρονική περίοδο σε χρονική περίοδο.

3.3 Μερική Αυροσυσχέτιση (partial autocorrelation)

3.3.1 Μερική Αυτοσυσχέτιση – Ορισμός

Μερική αυτοσυσχέτιση είναι η αυτοσυσχέτιση μεταξύ Y_t και Y_{t-k} , αφαιρώντας την επίδραση των ενδιάμεσων τιμών $(1,2,3,\dots,k-1)$, (Βάμβουκας, 2008).

Ορισμός μερικής αυτοσυσχέτισης :

Η μερική αυτοσυσχέτιση Φ_{kk} ορίζεται ως εξής :

$$\Phi_{kk} = \frac{r_k - \sum_{j=1}^{k-1} \Phi_{k-1,j} r_{k-1}}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} \Phi_{k-1,j} r_j}$$

(2)

όπου r_k η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης.

Οι τιμές που λαμβάνει η μερική αυτοσυσχέτιση, κυμαίνονται από -1 έως +1 με τις τιμές κοντά στα άκρα να φανερώνουν ισχυρότερο συσχετισμό.

3.3.2 Μερικές Αυτοσυσχετίσεις για τις τιμές των στιγμιαίων ναύλων (spot freight)

Ακολουθούν οι μερικές αυτοσυσχετίσεις (partial autocorrelations) για τις τιμές των στιγμιαίων ναύλων (LPG spot freight), σε δολάρια ανά τόνο (\$/ton) όλων των VLGC για τις 15 διαφορετικές διαδρομές από τον Σεπτέμβριο του 2013 έως τον Δεκέμβριο του 2017, με βάση το μοντέλο που μελετάμε και παρουσιάστηκε νωρίτερα. Για τον υπολογισμό των παρακάτω Σχημάτων 24-38 χρησιμοποιήθηκε το ίδιο πρόγραμμα με παραπάνω (IBM SPSS Statistics 23).

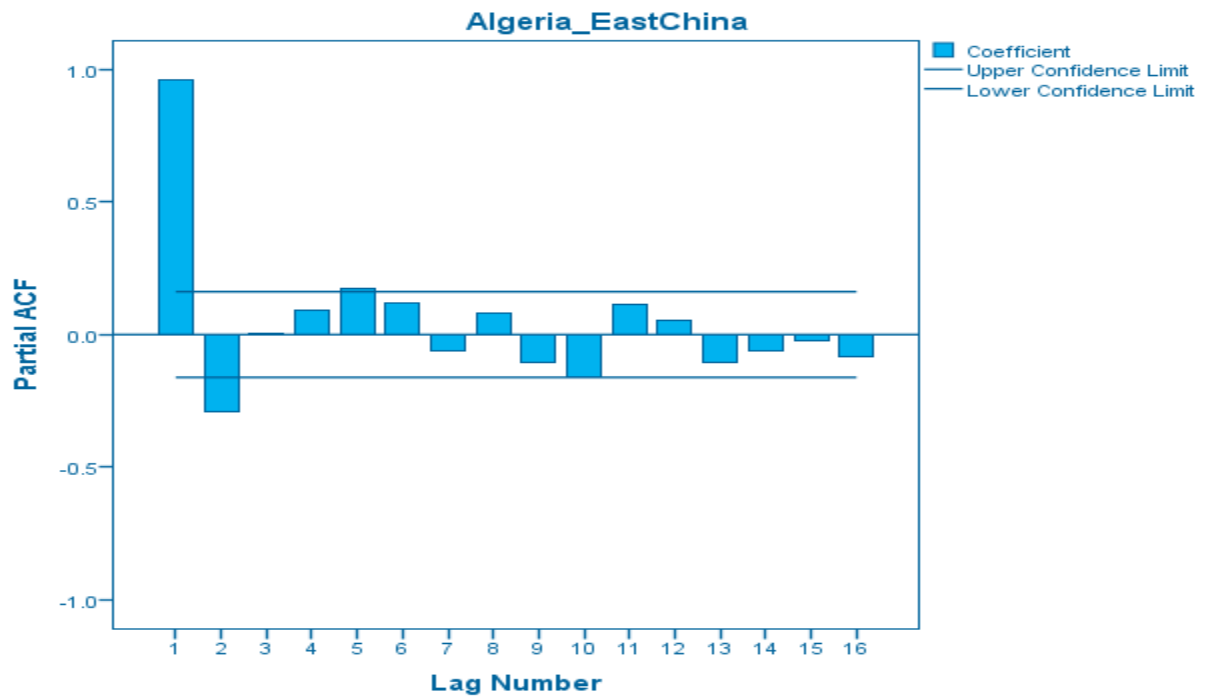
1) ALGERIA → EAST CHINA

Πίνακας 26: Μερικές Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Partial Autocorrelations

Algeria_EastChina

Lag	Partial Autocorrelation	Std. Error
1	.959	.081
2	-.289	.081
3	.003	.081
4	.093	.081
5	.175	.081
6	.119	.081
7	-.063	.081
8	.078	.081
9	-.107	.081
10	-.160	.081
11	.116	.081
12	.055	.081
13	-.107	.081
14	-.060	.081
15	-.025	.081
16	-.085	.081



Σχήμα 35: Διάγραμμα Μερικών Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

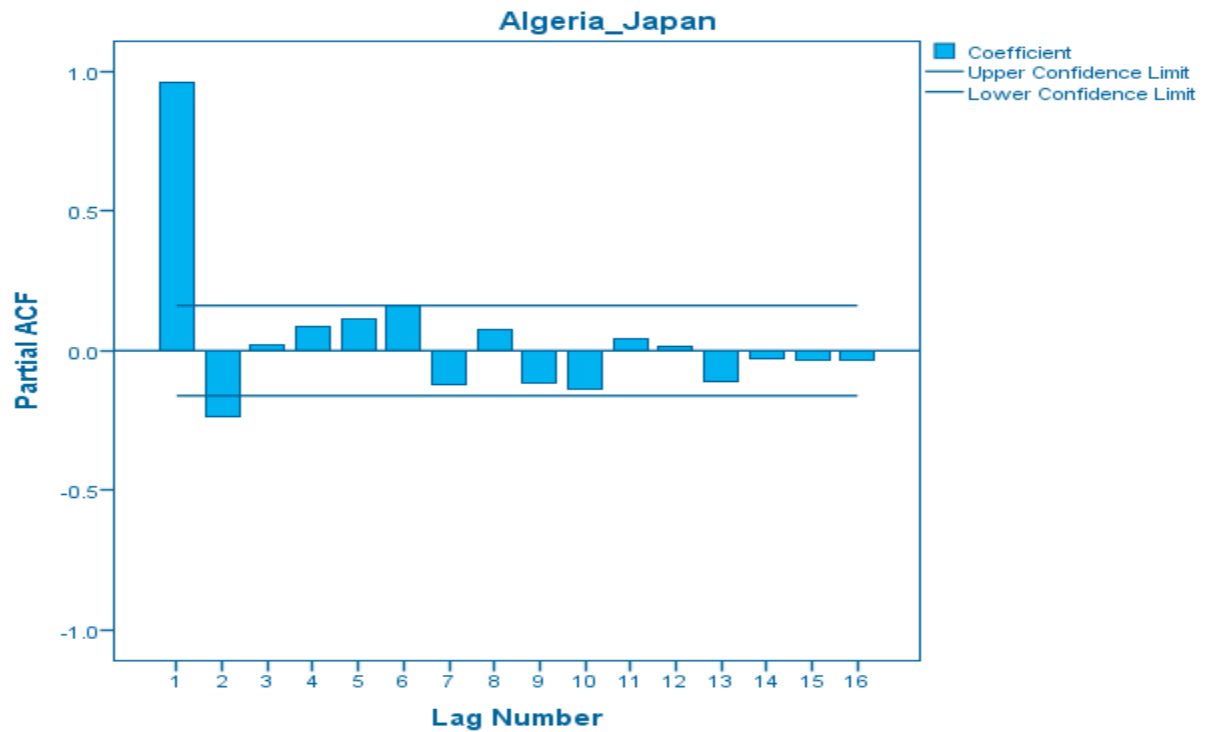
2) ALGERIA → JAPAN

Πίνακας 27: Μερικές Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Partial Autocorrelations

Algeria_Japan

Lag	Partial Autocorrelation	Std. Error
1	.963	.081
2	-.235	.081
3	.022	.081
4	.088	.081
5	.112	.081
6	.160	.081
7	-.122	.081
8	.078	.081
9	-.118	.081
10	-.139	.081
11	.042	.081
12	.015	.081
13	-.113	.081
14	-.028	.081
15	-.032	.081
16	-.036	.081



Σχήμα 36: Διάγραμμα Μερικών Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

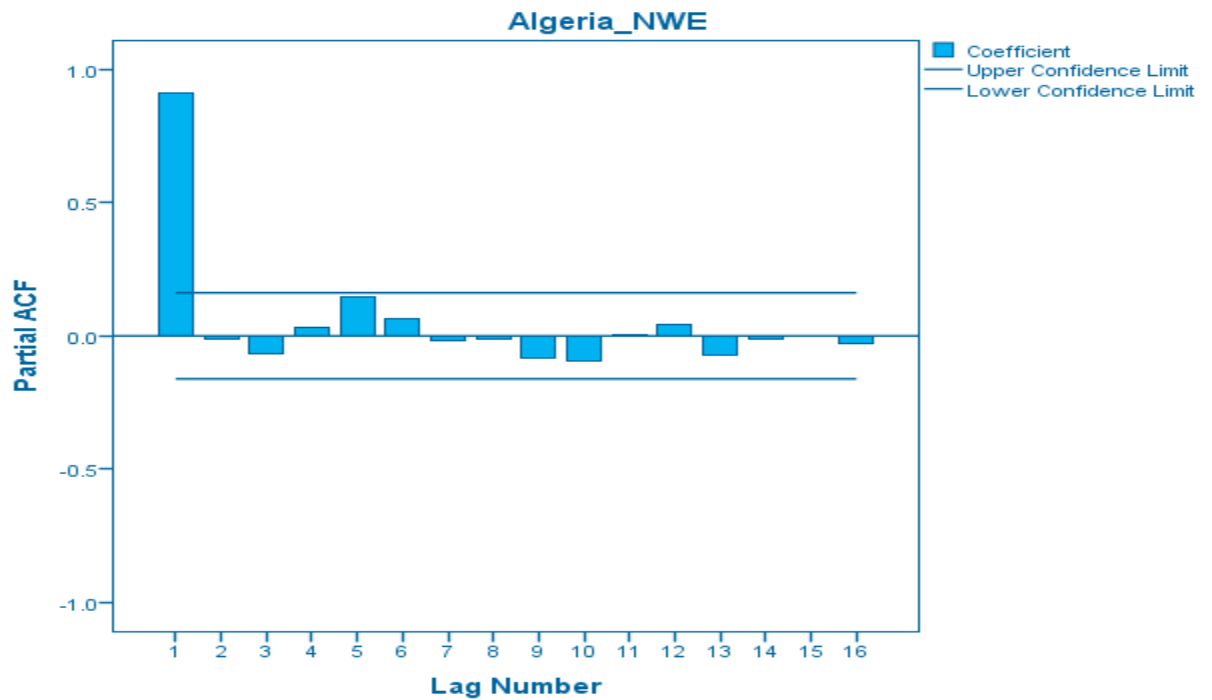
3) ALGERIA → NWE

Πίνακας 28: Μερικές Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Partial Autocorrelations

Algeria_NWE

Lag	Partial Autocorrelation	Std. Error
1	.915	.081
2	-.013	.081
3	-.068	.081
4	.029	.081
5	.147	.081
6	.066	.081
7	-.018	.081
8	-.014	.081
9	-.085	.081
10	-.094	.081
11	.002	.081
12	.041	.081
13	-.071	.081
14	-.012	.081
15	-.004	.081
16	-.027	.081



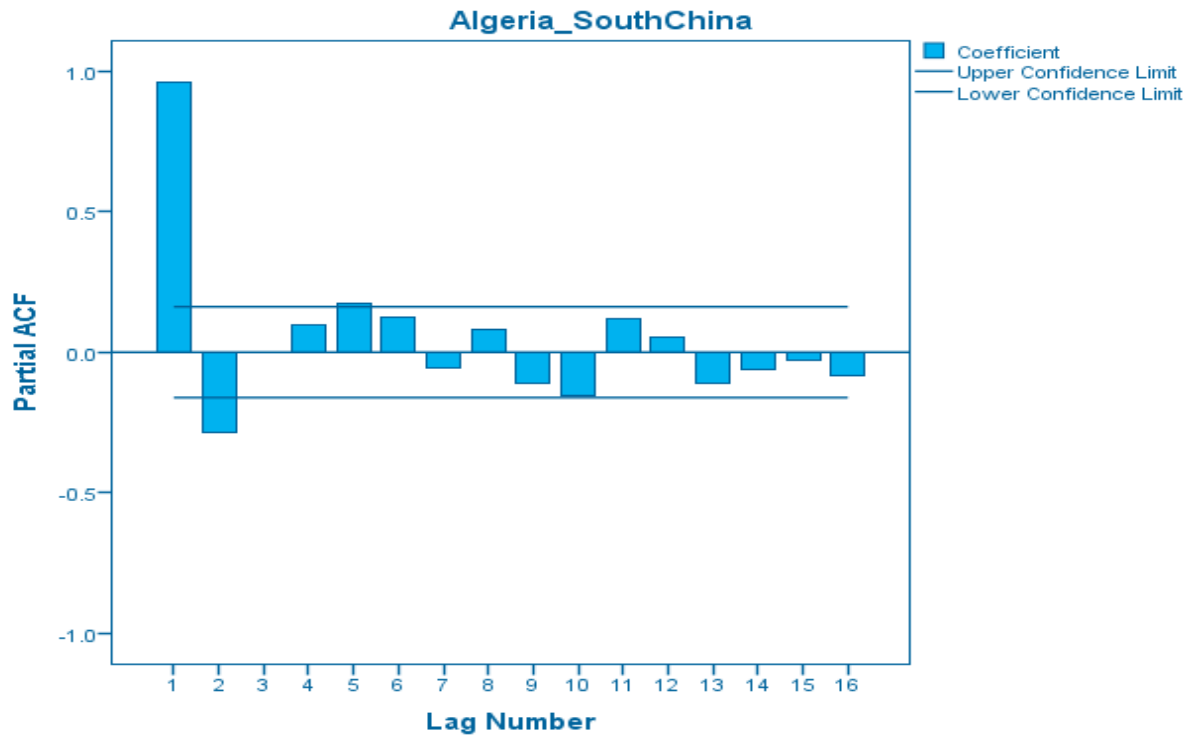
Σχήμα 37: Διάγραμμα Μερικών Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

4) ALGERIA → SOUTH CHINA

Πίνακας 29: Μερικές Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Partial Autocorrelations
Algeria_SouthChina

Lag	Partial Autocorrelation	Std. Error
1	.959	.081
2	-.288	.081
3	.001	.081
4	.096	.081
5	.175	.081
6	.124	.081
7	-.057	.081
8	.079	.081
9	-.111	.081
10	-.155	.081
11	.120	.081
12	.054	.081
13	-.110	.081
14	-.059	.081
15	-.029	.081
16	-.083	.081



Σχήμα 38: Διάγραμμα Μερικών Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

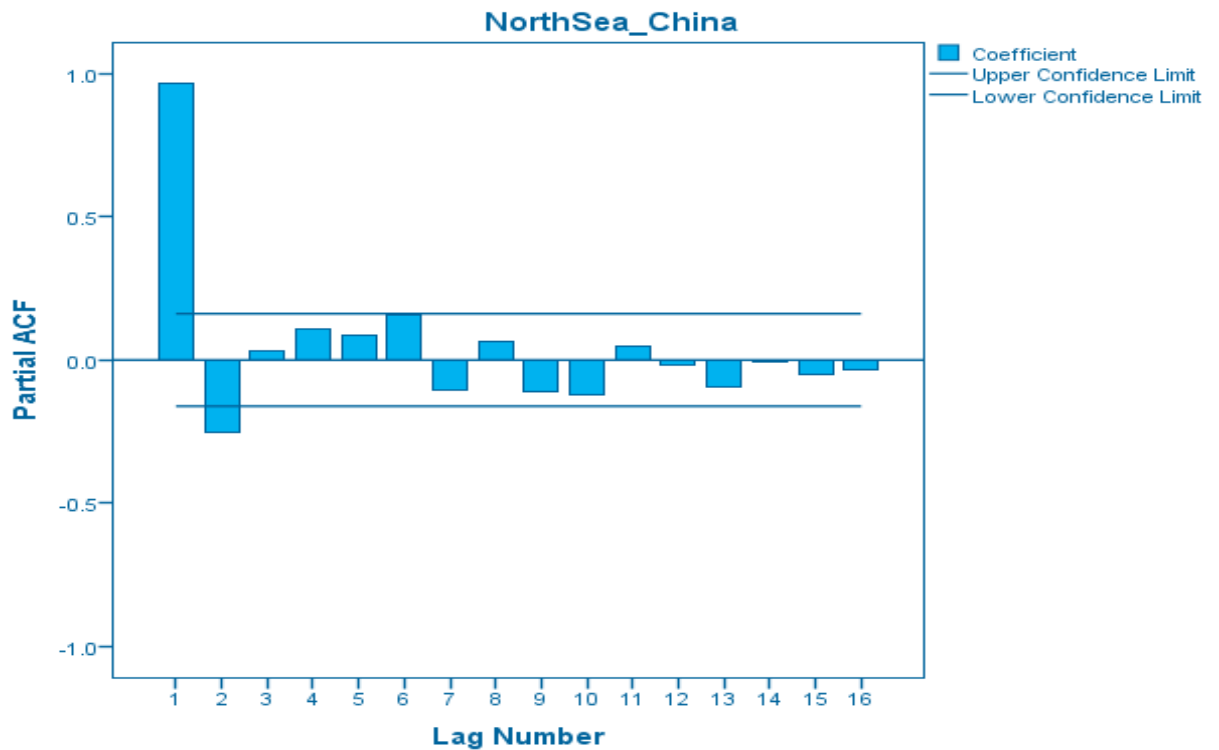
5) NORTH SEA → CHINA

Πίνακας 30: Μερικές Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Partial Autocorrelations

NorthSea_China

Lag	Partial Autocorrelation	Std. Error
1	.966	.081
2	-.254	.081
3	.031	.081
4	.111	.081
5	.085	.081
6	.159	.081
7	-.107	.081
8	.067	.081
9	-.111	.081
10	-.122	.081
11	.047	.081
12	-.018	.081
13	-.094	.081
14	-.007	.081
15	-.050	.081
16	-.035	.081



Σχήμα 39: Διάγραμμα Μερικών Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

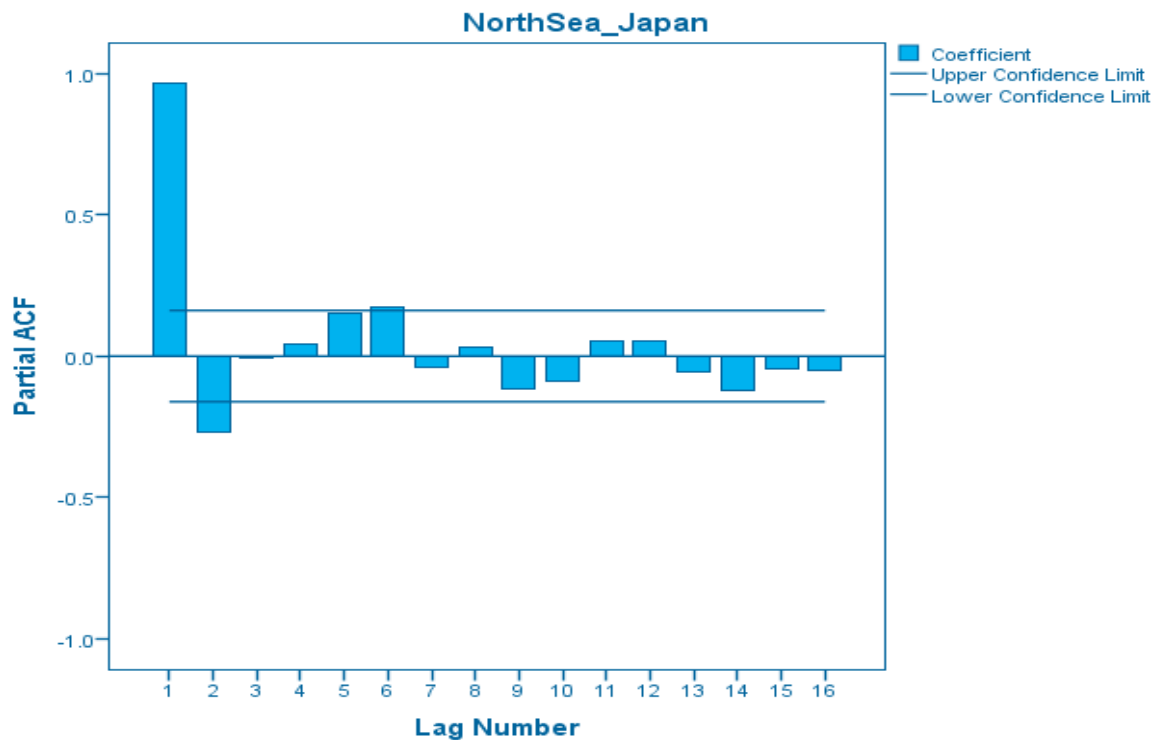
6) NORTH SEA → JAPAN

Πίνακας 31: Μερικές Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Partial Autocorrelations

NorthSea_Japan

Lag	Partial Autocorrelation	Std. Error
1	.967	.081
2	-.272	.081
3	-.007	.081
4	.043	.081
5	.153	.081
6	.175	.081
7	-.040	.081
8	.033	.081
9	-.115	.081
10	-.088	.081
11	.051	.081
12	.056	.081
13	-.058	.081
14	-.121	.081
15	-.046	.081
16	-.049	.081



Σχήμα 40: Διάγραμμα Μερικών Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

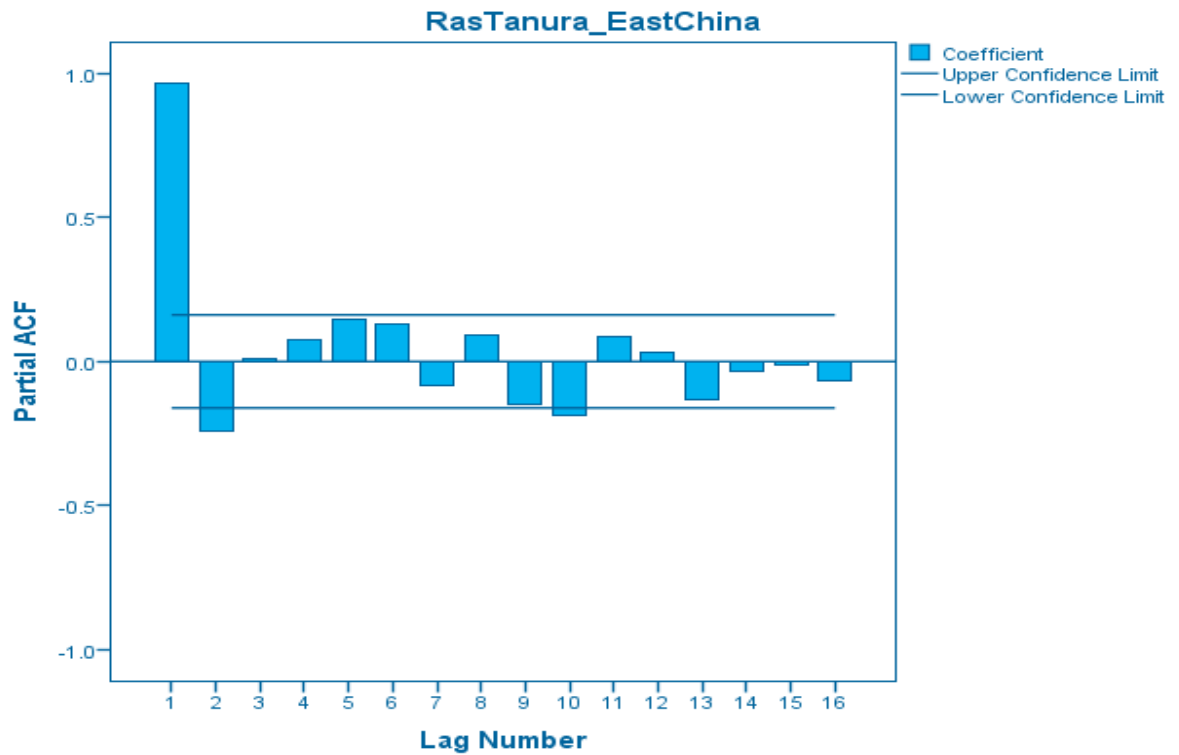
7) RAS TANURA → EAST CHINA

Πίνακας 32: Μερικές Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Partial Autocorrelations

RasTanura_EastChina

Lag	Partial Autocorrelation	Std. Error
1	.968	.081
2	-.241	.081
3	.009	.081
4	.078	.081
5	.148	.081
6	.131	.081
7	-.084	.081
8	.089	.081
9	-.151	.081
10	-.189	.081
11	.086	.081
12	.031	.081
13	-.130	.081
14	-.031	.081
15	-.013	.081
16	-.065	.081



Σχήμα 41: Διάγραμμα Μερικών Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

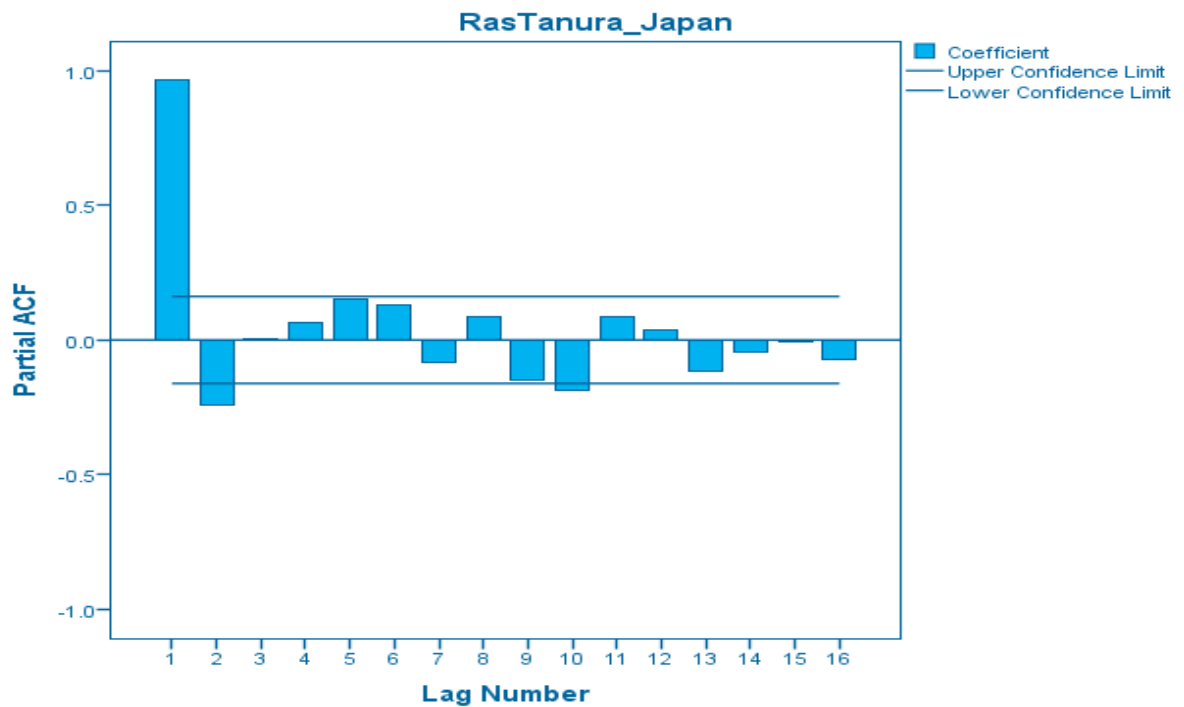
8) RAS TANURA → JAPAN

Πίνακας 33: Μερικές Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Partial Autocorrelations

RasTanura_Japan

Lag	Partial Autocorrelation	Std. Error
1	.969	.081
2	-.239	.081
3	.004	.081
4	.066	.081
5	.154	.081
6	.129	.081
7	-.085	.081
8	.084	.081
9	-.148	.081
10	-.187	.081
11	.087	.081
12	.039	.081
13	-.119	.081
14	-.047	.081
15	-.005	.081
16	-.073	.081



Σχήμα 42: Διάγραμμα Μερικών Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

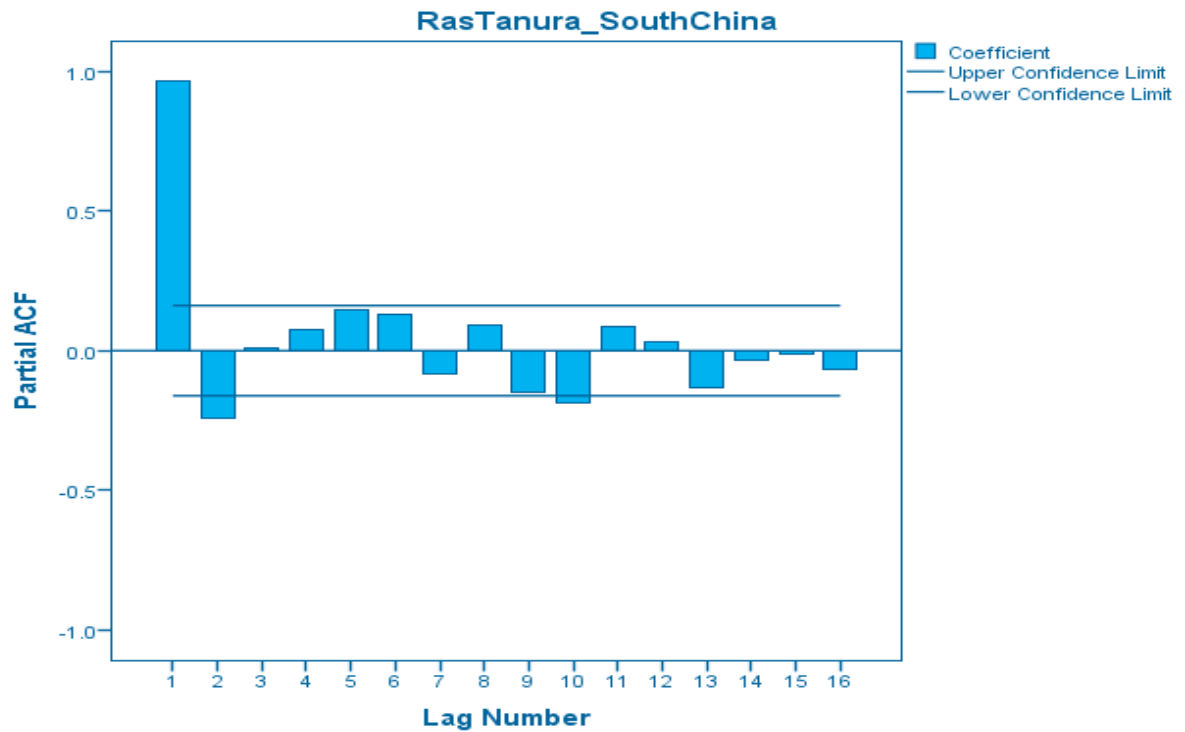
9) RAS TANURA → SOUTH CHINA

Πίνακας 34: Μερικές Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Partial Autocorrelations

RasTanura_SouthChina

Lag	Partial Autocorrelation	Std. Error
1	.968	.081
2	-.241	.081
3	.009	.081
4	.078	.081
5	.148	.081
6	.131	.081
7	-.084	.081
8	.089	.081
9	-.151	.081
10	-.189	.081
11	.086	.081
12	.031	.081
13	-.130	.081
14	-.031	.081
15	-.013	.081
16	-.065	.081



Σχήμα 43: Διάγραμμα Μερικών Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

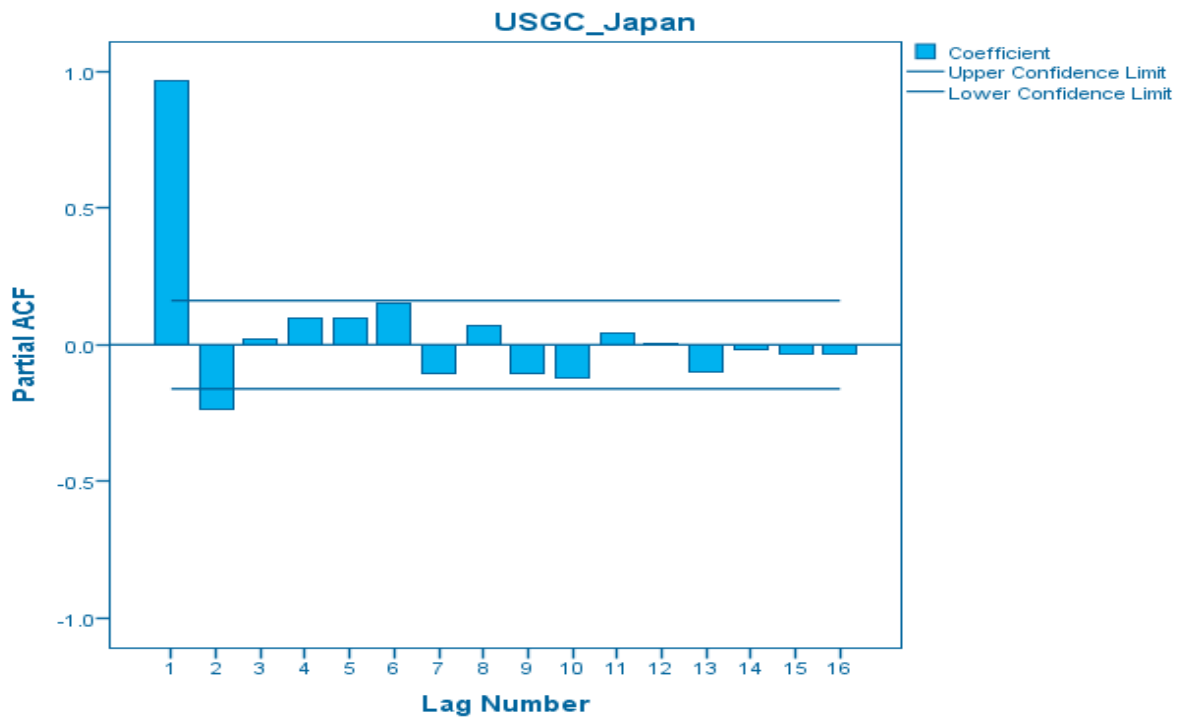
10) USGC → JAPAN

Πίνακας 35: Μερικές Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Partial Autocorrelations

USGC_Japan

Lag	Partial Autocorrelation	Std. Error
1	.967	.081
2	-.239	.081
3	.021	.081
4	.097	.081
5	.098	.081
6	.151	.081
7	-.106	.081
8	.068	.081
9	-.106	.081
10	-.119	.081
11	.044	.081
12	.004	.081
13	-.102	.081
14	-.017	.081
15	-.034	.081
16	-.034	.081



Σχήμα 44: Διάγραμμα Μερικών Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

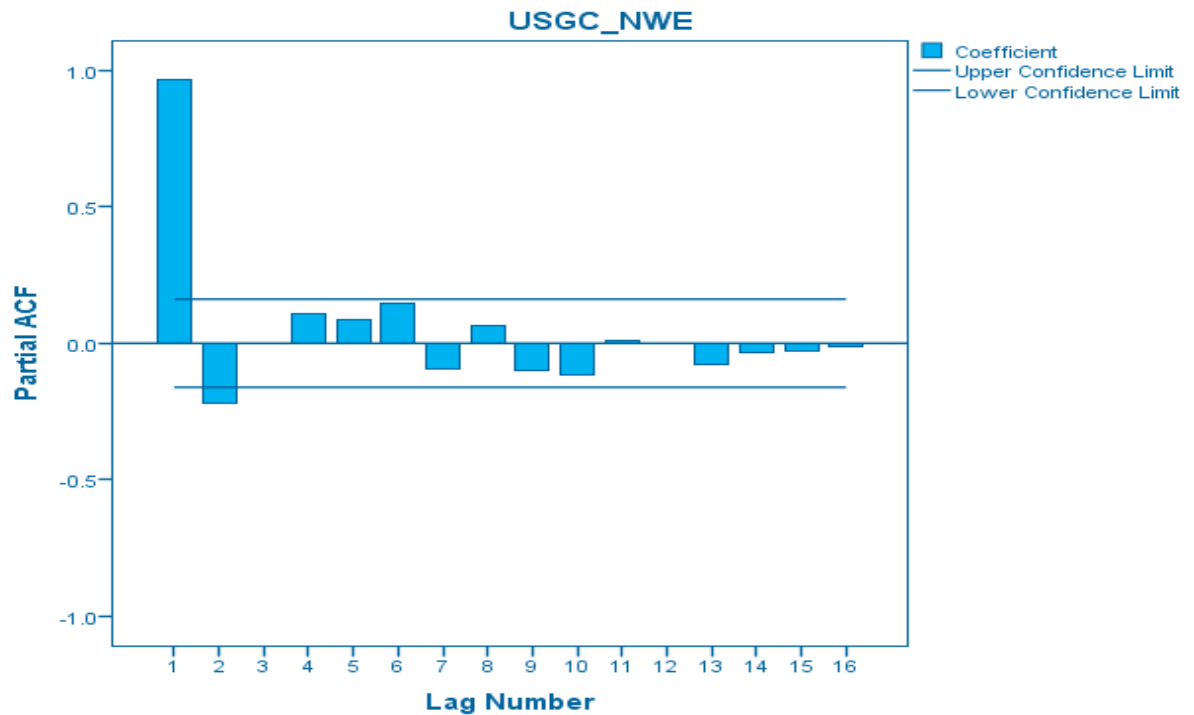
11) USGC → NWE

Πίνακας 36: Μερικές Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Partial Autocorrelations

USGC_NWE

Lag	Partial Autocorrelation	Std. Error
1	.964	.081
2	-.221	.081
3	-.001	.081
4	.108	.081
5	.085	.081
6	.147	.081
7	-.094	.081
8	.064	.081
9	-.099	.081
10	-.116	.081
11	.010	.081
12	.001	.081
13	-.078	.081
14	-.035	.081
15	-.029	.081
16	-.010	.081



Σχήμα 45: Διάγραμμα Μερικών Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

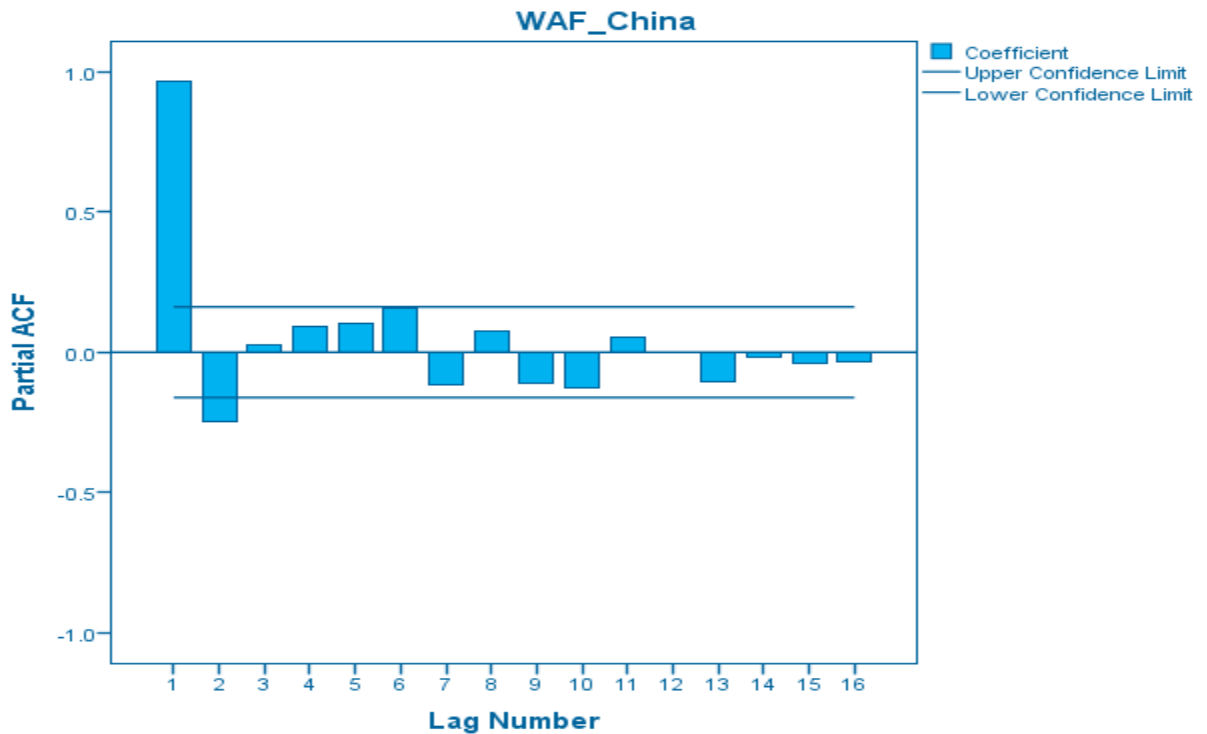
12) WAF → CHINA

Πίνακας 37: Μερικές Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Partial Autocorrelations

WAF_China

Lag	Partial Autocorrelation	Std. Error
1	.966	.081
2	-.246	.081
3	.027	.081
4	.093	.081
5	.102	.081
6	.157	.081
7	-.117	.081
8	.076	.081
9	-.111	.081
10	-.128	.081
11	.052	.081
12	-.002	.081
13	-.107	.081
14	-.016	.081
15	-.038	.081
16	-.033	.081



Σχήμα 46: Διάγραμμα Μερικών Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

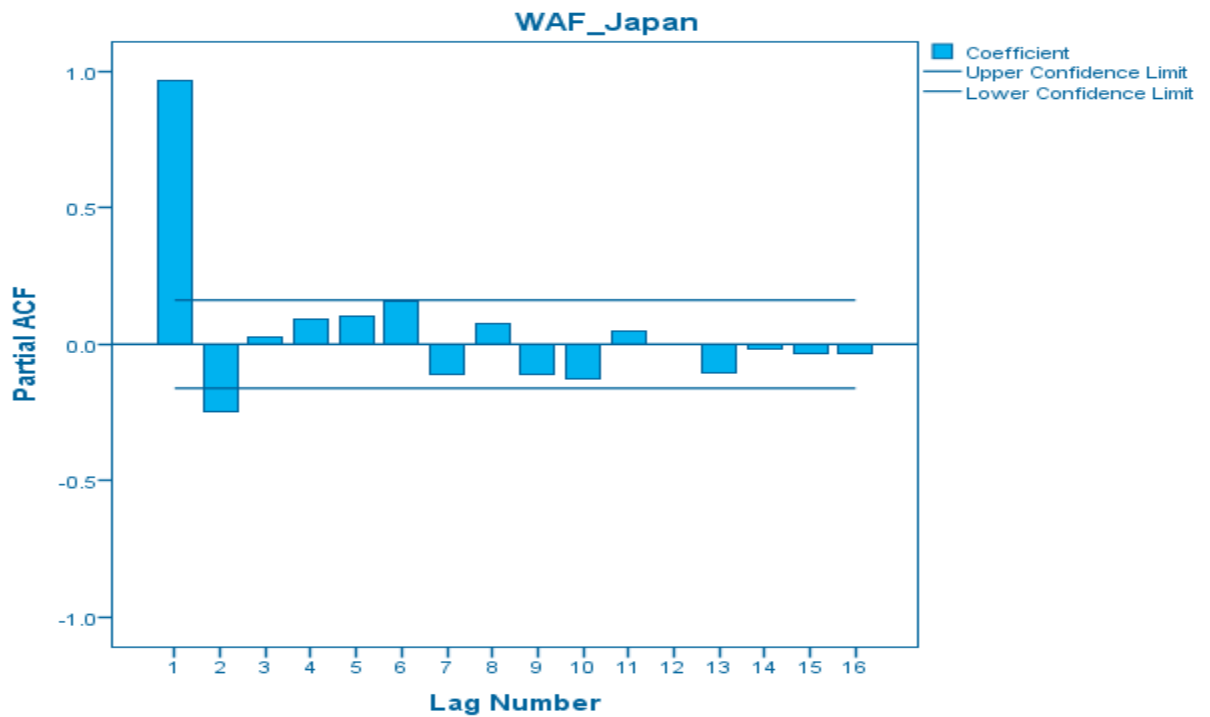
13) WAF → JAPAN

Πίνακας 38: Μερικές Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Partial Autocorrelations

WAF_Japan

Lag	Partial Autocorrelation	Std. Error
1	.966	.081
2	-.245	.081
3	.028	.081
4	.093	.081
5	.102	.081
6	.155	.081
7	-.113	.081
8	.074	.081
9	-.110	.081
10	-.126	.081
11	.050	.081
12	.001	.081
13	-.106	.081
14	-.017	.081
15	-.035	.081
16	-.036	.081



Σχήμα 47: Διάγραμμα Μερικών Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

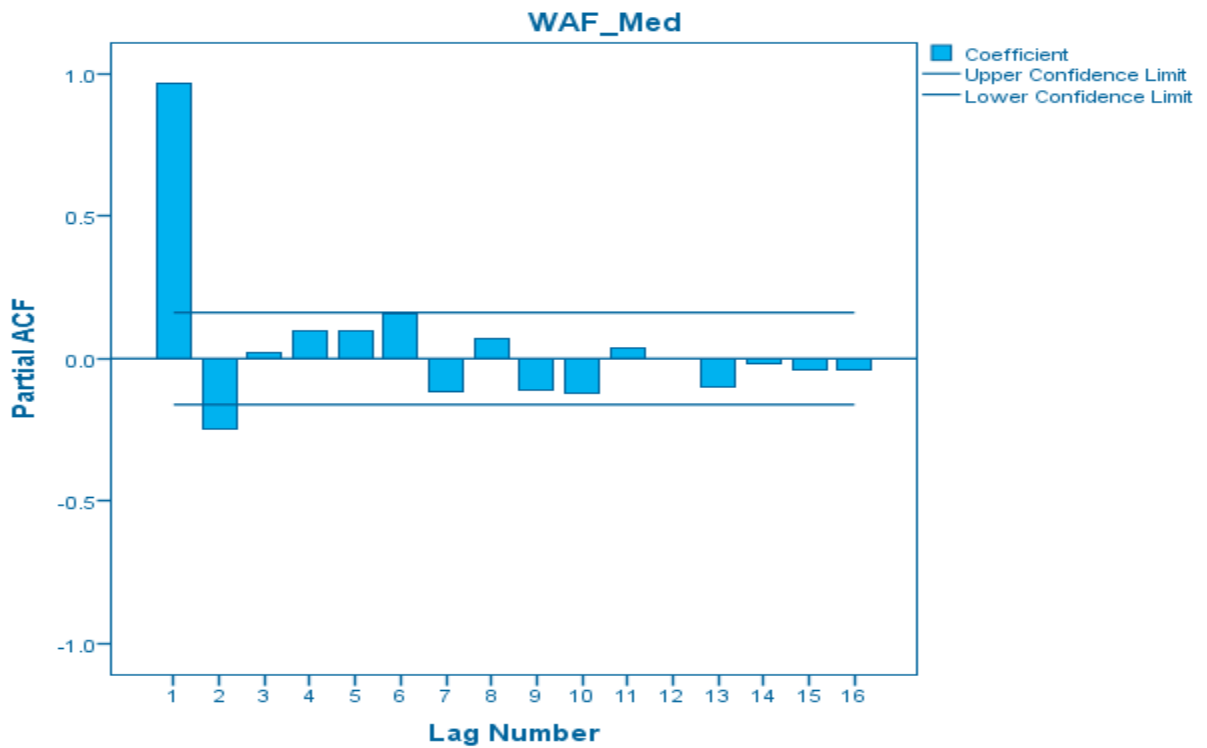
14) WAF → MED

Πίνακας 39: Μερικές Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Partial Autocorrelations

WAF_Med

Lag	Partial Autocorrelation	Std. Error
1	.964	.081
2	-.246	.081
3	.022	.081
4	.097	.081
5	.095	.081
6	.159	.081
7	-.114	.081
8	.067	.081
9	-.109	.081
10	-.121	.081
11	.040	.081
12	.001	.081
13	-.099	.081
14	-.018	.081
15	-.038	.081
16	-.042	.081



Σχήμα 48: Διάγραμμα Μερικών Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

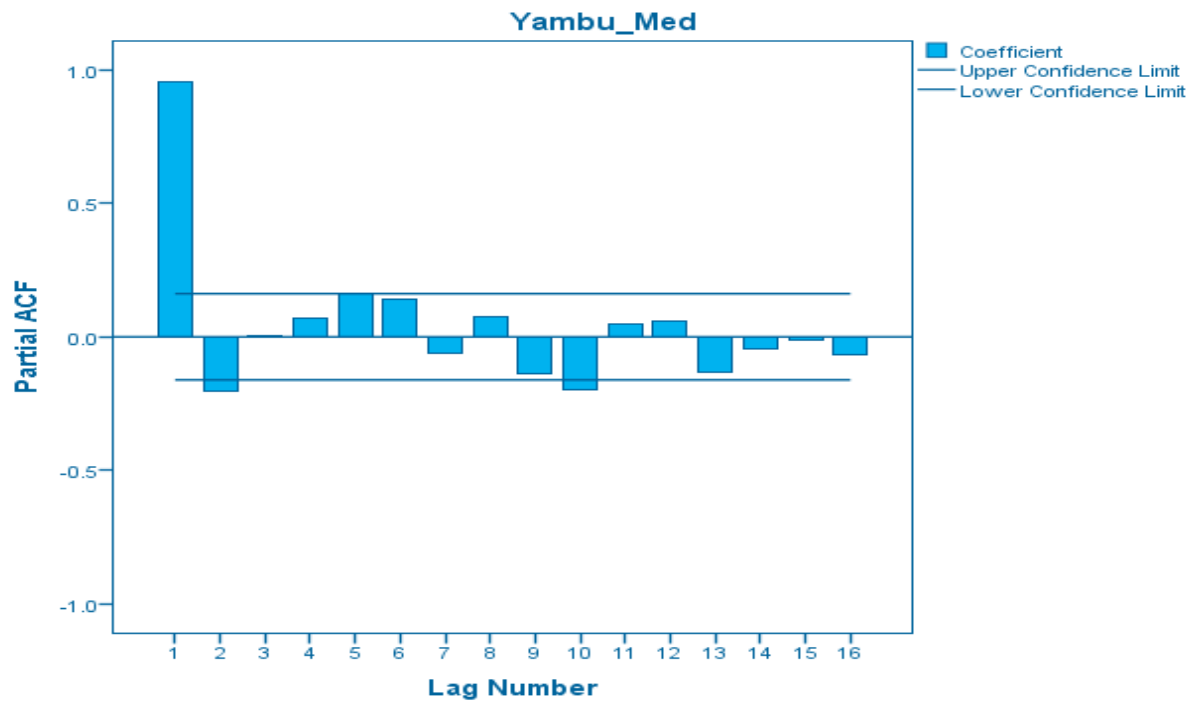
15) YANBU → MED

Πίνακας 40: Μερικές Αυτοσυσχετίσεις ναύλων ανά 10ήμερο.

Partial Autocorrelations

Yambu_Med

Lag	Partial Autocorrelation	Std. Error
1	.958	.081
2	-.205	.081
3	.005	.081
4	.067	.081
5	.163	.081
6	.144	.081
7	-.064	.081
8	.077	.081
9	-.136	.081
10	-.200	.081
11	.049	.081
12	.060	.081
13	-.133	.081
14	-.046	.081
15	-.014	.081
16	-.066	.081



Σχήμα 49: Διάγραμμα Μερικών Αυτοσυσχετίσεων ναύλων ανά 10ήμερο.

3.3.3 Συμπεράσματα Μερικής Αυτοσυσχέτισης

Λαμβάνοντας υπόψη την κρίσιμη τιμή $\pm 1.96/\sqrt{n}$ επιβεβαιώνεται πως οι μεταβλητές δεν αποτελούν λευκό θόρυβο αλλά εξαρτώνται μεταξύ τους τουλάχιστον για ένα βήμα. Αυτό γίνεται αντιληπτό, αφού σε κανένα από τα 15 διαγράμματα, παραπάνω από 2 διαδοχικές τιμές δεν ξεπερνούν την κρίσιμη τιμή (2 οριζόντιες γραμμές). Τέλος, από τα παραπάνω δεν μπορούμε να σιγουρευτούμε για την εποχικότητα (seasonality) των μεταβλητών, την ύπαρξη δηλαδή ή μη, εποχικών κύκλων.

4. Εφαρμογή Μοντέλου Χρονολογικής Πρόβλεψης

4.1 Μεθοδολογία

4.1.1 Υπόδειγμα ARIMA (p,d,q)

Παρακάτω θα ορισθεί και θα αναλυθεί το μοντέλο ARIMA για χρονολογικές σειρές και προβλέψεις σε αυτές (Makrydakis, 1997).

Έστω ότι έχουμε το μοντέλο παλινδρόμησης :

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_p X_p + e \quad (1)$$

Όπου Y είναι η μεταβλητή πρόβλεψης, X_1 έως X_p οι μεταβλητές της εξίσωσης, b_1 έως b_p οι γραμμικοί συντελεστές και e το σφάλμα. Στο μοντέλο που θα εξετασθεί, οι μεταβλητές X_1 έως X_p αντιστοιχούν σε τιμές ναύλων LPG (spot freight).

Έχοντας την υπόθεση ότι οι μεταβλητές αυτές του X ορίζονται ως εξής:

$$X_1 = Y_{t-1}, X_2 = Y_{t-2}, \dots, X_p = Y_{t-p},$$

η προηγούμενη εξίσωση μετασχηματίζεται σε:

$$Y = b_0 + b_1 Y_{t-1} + b_2 Y_{t-2} + \dots + b_p Y_{t-p} + e_t \quad (2)$$

Η οποία αποτελεί εξίσωση παλινδρόμησης με μόνη διαφορά ότι στην πρώτη εξίσωση οι συντελεστές X_t , στο δεξί μέλος, είναι ανεξάρτητοι από την πρόβλεψη Y_t , ενώ στην δεύτερη είναι εξαρτώμενες από αυτές. Οι μεταβλητές της εξίσωσης (2) εξαρτώνται από το εκάστοτε βήμα t και επομένως χρησιμοποιείται ο όρος αυτοπαλινδρόμηση (AR) για να περιγράψουν εξισώσεις της μορφής (2).

Το ερώτημα που προκύπτει εξετάζοντας της εξίσωσης (2) είναι γιατί η αυτοπαλινδρόμηση, θα πρέπει να εξετάζεται διαφορετικά από τα συνηθισμένα μοντέλα παλινδρόμησης. Η απάντηση αποτελείται από δύο σκέλη :

Αρχικά, στην αυτοπαλινδρόμηση η υπόθεση της ανεξαρτησίας του σφάλματος, μπορεί να παραβιαστεί, αφού οι συντελεστές X_t , στο δεξί μέλος της εξίσωσης (2), εξαρτώνται από τη μεταβλητή της πρόβλεψης Y_t .

Και έπειτα, ο προσδιορισμός των μεταβλητών Y_t , δεν είναι μια απλή διαδικασία.

Επιπροσθέτως, υπάρχει ένα μοντέλο χρονοσειράς, το οποίο χρησιμοποιεί τις τιμές των προηγούμενων σφαλμάτων e_t , ως μεταβλητές της εξίσωσης. Αυτό έχει τη μορφή :

$$Y_t = b_0 + b_1 e_{t-1} + b_2 e_{t-2} + \dots + b_p e_{t-p} + e_t \quad (3)$$

Εδώ υπάρχει μια εξάρτηση μεταξύ των διαδοχικών όρων σφάλματος και η εξίσωση καλείται εξίσωση κινητού μέσου (MA).

Η εξίσωση (3) περιγράφει ένα μοντέλο γνωστό ως μοντέλο κινητού μέσου, επειδή καθορίζεται από τη κινητή μέση τιμή των όρων σφάλματος της χρονοσειράς, e_t .

Τα AR μοντέλα (αυτοανάδρομα) συνδέονται με μοντέλα κινητού μέσου (MA) και δημιουργούν ένα μικτό υπόδειγμα – μοντέλο (ARMA), το οποίο αποτελεί ένα συνδυασμό μιας αυτοπαλίνδρομης (autoregressive) συνιστώσας και μιας δεύτερης, αυτή του κινητού μέσου (moving average). Αυτό το νέο είδος μοντέλου, μπορεί χρησιμοποιείται μόνο όταν τα δεδομένα είναι στάσιμα. Ακόμη, μπορεί να επεκταθεί και για μη στάσιμη χρονοσειρά, με κατάλληλο μετασχηματισμό, παίρνοντας τις πρώτες ή και τις δεύτερες διαφορές ώστε να καταστεί στάσιμη. Αυτό καλείται αυτοανάδρομο ενσωματωμένο μοντέλο κινητού μέσου (autoregressive integrated moving average ARIMA). Με δημοφιλέστερο το μοντέλο Box and Jenkins.

Υπάρχουν πολλά είδη υποδειγμάτων ARIMA. Το γενικό μη-εποχικό υπόδειγμα είναι γνωστό σαν ARIMA (p,d,q), όπου :

AR: p = η τάξη της αυτοπαλίνδρομης συνιστώσας

I: d = ο βαθμός των διαφορών

MA: q = η τάξη της συνιστώσας του κινητού μέσου.

Το υπόδειγμα λευκού θορύβου συμβολίζεται ως ARIMA (0,0,0), αφού η συνιστώσα AR δεν υπάρχει (το Y_t δεν εξαρτάται από το Y_{t-1}), δεν παίρνουμε τις διαφορές, και δεν υπάρχει συνιστώσα MA (το Y_t δεν εξαρτάται από το e_{t-1}). Όμοια, ένα υπόδειγμα τυχαίου περιπάτου (random walk) συμβολίζεται ως ARIMA (0,1,0), επειδή δεν υπάρχει συνιστώσα AR και MA και εμφανίζει μια πρώτη διαφορά.

Αξίζει να σημειωθεί ότι εάν κάποιο από τα p , d , q είναι ίσο με το μηδέν, το υπόδειγμα γράφεται και με τη μορφή συντομογραφίας, παραλείποντας τα μηδενικά στοιχεία. Για παράδειγμα το μοντέλο (2,0,0) μπορεί να γράφει AR(2) αφού δεν υπάρχουν διαφορές και η συνιστώσα κινητού μέσου (MA). Παρόμοια ένα ARIMA (1,0,1) μπορεί να γραφεί ως ARMA (1,1) και ένα ARIMA (0,1,1) μπορεί ως IMA (1,1).

4.1.2 Εποχικότητα και Υποδείγματα ARIMA (seasonality and ARIMA models)

Όπως προαναφέραμε, σημαντικό ρόλο σε ένα ARIMA μοντέλο, λαμβάνει η εποχικότητα (seasonality). Με τον τρόπο που διαδοχικά δεδομένα συνθέτουν το AR, MA και κατ' επέκταση το υπόδειγμα ARMA ή ARIMA, έτσι και δεδομένα μιας χρονικής περιόδου (για παράδειγμα ένα έτος), μπορούν να συνθέσουν ένα αντίστοιχο υπόδειγμα (Makrydakis, 1997).

Σύμφωνα με τα παραπάνω, ένα μοντέλο ARIMA μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για να παρουσιαστούν οι εποχιακές πτυχές μιας χρονοσειράς και η γενική συντομογραφία του έχει την μορφή:

ARIMA (p, d, q) (P, D, Q)_s

Όπου (p, d, q) η μη εποχιακή συνιστώσα του μοντέλου, (P, D, Q)_s η εποχιακή συνιστώσα του μοντέλου και s ο αριθμός των περιόδων ανά χρονικό διάστημα.

Έστω το γενικό μοντέλο ARIMA (1,1,1)(1,1,1)₄ :

$$(1 - \phi_1 B)(1 - \phi_1 B^4)(1 - B)(1 - B^4)Y_t = (1 - \theta_1 B)(1 - \theta_1 B^4)e^t$$

$\phi_1 \rightarrow$ μη εποχιακή AR(1)

$\Phi_1 \rightarrow$ εποχιακή AR(1)

(1-B) \rightarrow μη εποχιακή διαφοροποίηση

(1-B⁴) \rightarrow εποχιακή διαφοροποίηση

$\theta_1 \rightarrow$ μη εποχιακή MA(1)

$\Theta_1 \rightarrow$ εποχιακή MA(1)

Στην περίπτωση που όλοι οι παράγοντες πολλαπλασιαστούν το μοντέλο παίρνει την παρακάτω μορφή :

$$Y_t = (1 + \phi_1)Y_{t-1} - \phi_1 Y_{t-2} + (1 + \phi_1)Y_{t-4} - (1 + \phi_1 + \Phi_1 + \phi_1 \Phi_1)Y_{t-5} - (\phi_1 + \phi_1 \Phi_1)Y_{t-6} - \Phi_1 Y_{t-8} + (\Phi_1 + \phi_1 \Phi_1)Y_{t-9} - \phi_1 \Phi_1 Y_{t-10} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \Theta_1 e_{t-4} - \theta_1 \Theta_1 e_{t-5}$$

Σε αυτό το στάδιο, μόλις υπολογιστούν οι συντελεστές ϕ_1 , Φ_1 , θ_1 και Θ_1 , είναι έτοιμη να χρησιμοποιηθεί για πρόβλεψη (forecasting). Να σημειωθεί ότι ο σταθερός όρος παραλείπεται για απλότητα. Εάν αντικαταστήσουμε το Y_t με το $(Y_t - \mu)$, όπου μ είναι η μέση τιμή των τιμών του Y , ένας σταθερός όρος θα εμφανιζόταν στο δεξί μέλος της εξίσωσης.

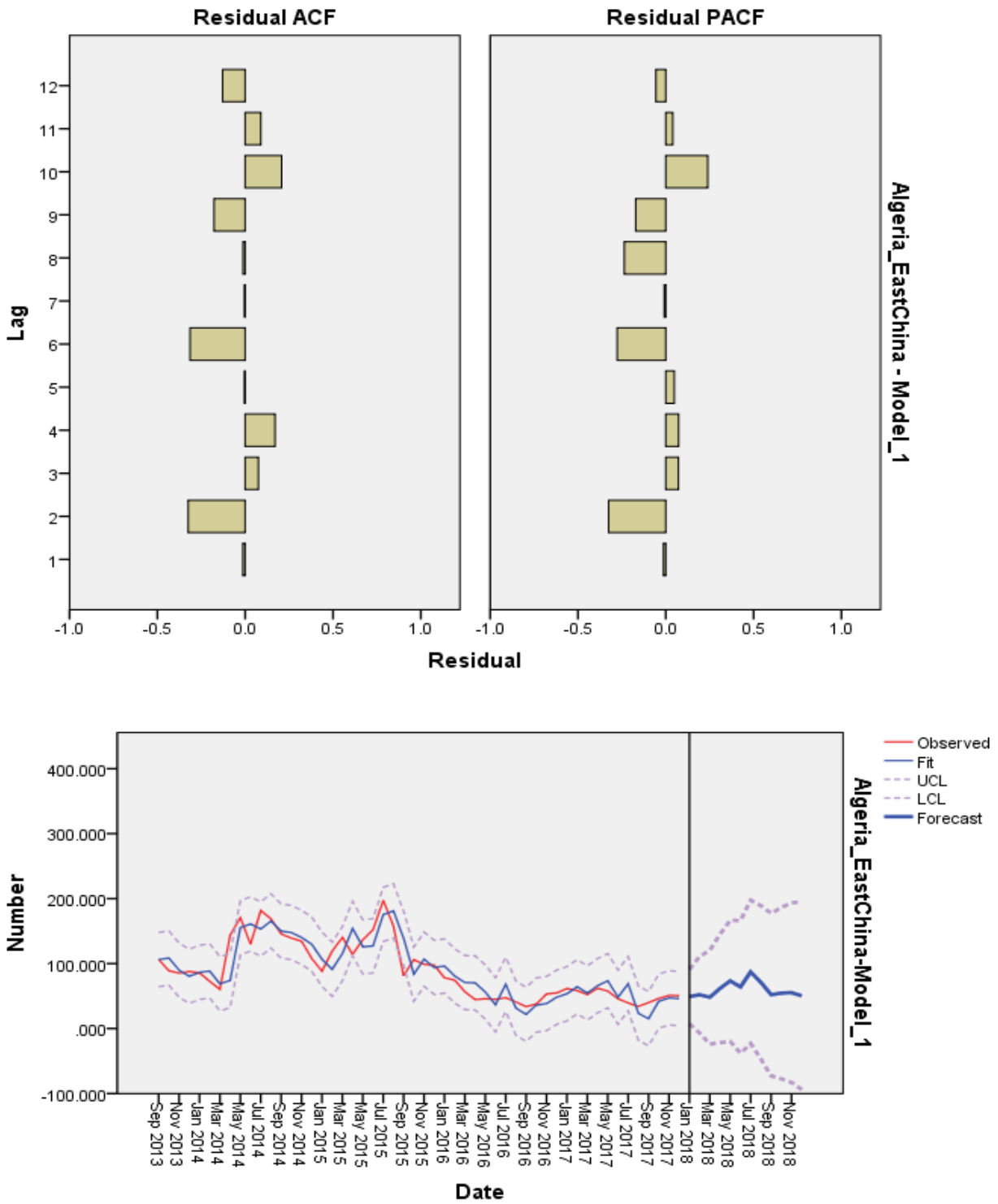
Η εποχιακή συνιστώσα ενός μοντέλου AR ή MA θα φανεί στα βήματα της μερικής αυτοσυσχέτισης (PACF) ή αυτοσυσχέτισης (ACF) που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Για παράδειγμα το εποχιακό MA ενός μοντέλου ARIMA (0,0,0)(0,0,1)₁₂ θα εμφανίσει ένα μόνο ακρότατο στο δωδέκατο (12^ο) βήμα στην αυτοσυσχέτιση και κανένα άλλο. Στην μερική

αυτοσυσχέτιση το μοντέλο θα εμφανίσει ακρότατα στο 12^ο βήμα και στα πολλαπλάσια αυτού, δηλαδή στα βήματα 12, 24, 36, κτλπ. Όμοια ένα μοντέλο ARIMA (0,0,0)(1,0,0)₁₂ (ένα εποχιακό AR μοντέλο) θα εμφανίσει ακρότατα στο 12^ο βήμα και στα πολλαπλάσια του στο διάγραμμα αυτοσυσχέτισης, και ένα μόνο ακρότατο στο δωδέκατο (12^ο) βήμα στο αντίστοιχο γράφημα της μερικής αυτοσυσχέτισης.

4.2 Προβλέψεις (*forecasting*) – Αποτελέσματα

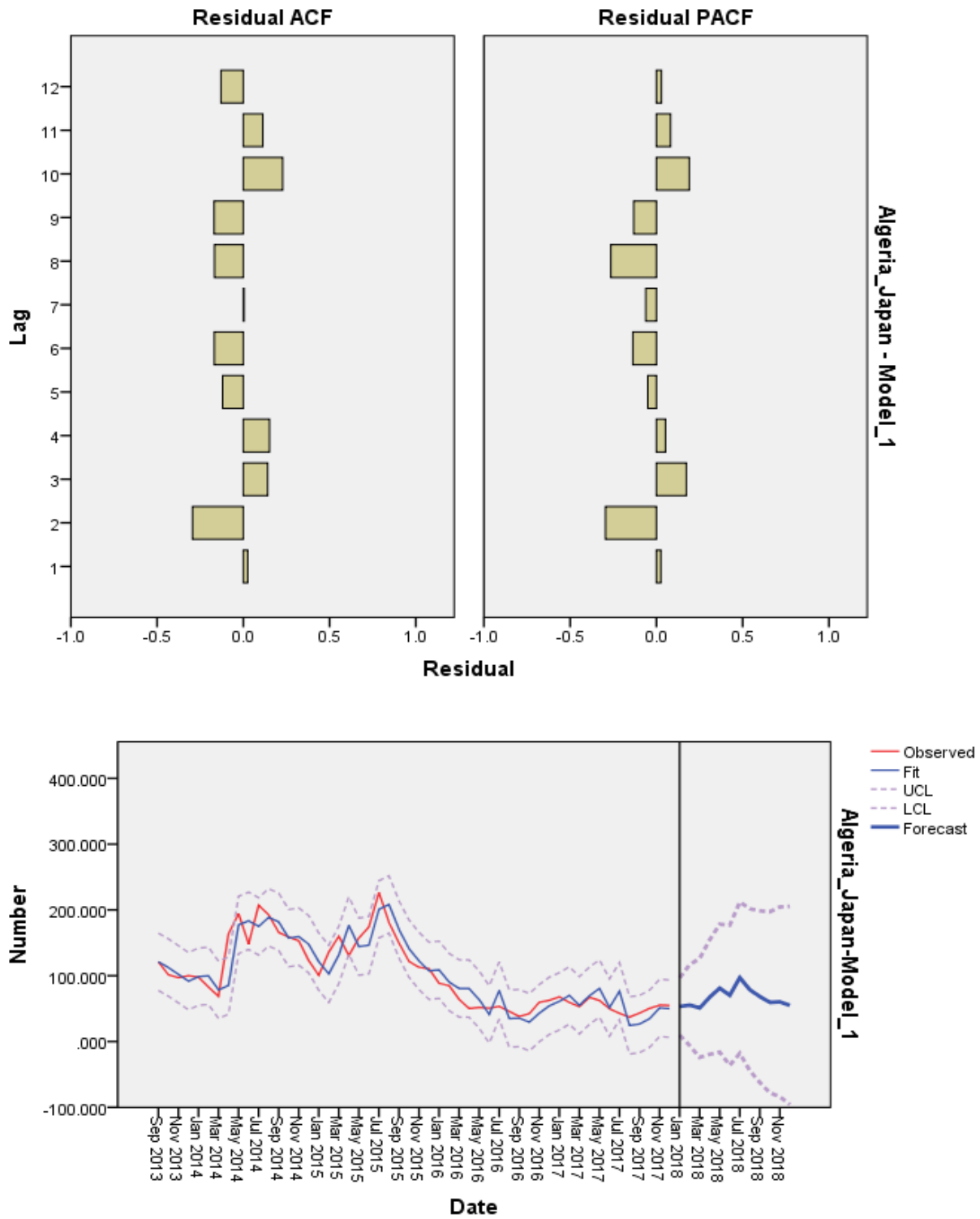
Εντούτοις, μετατράπηκαν οι ημερήσιες τιμές ναύλων LPG (daily spot rate) σε μηνιαίες λαμβάνοντας το κινητό μέσο (moving average) για κάθε μήνα. Πιο συγκεκριμένα, τα δεδομένα μας πλέον είναι οι spot τιμές ναύλων LPG για κάθε μήνα σε \$/ton. Με αυτόν τον τρόπο, εξασφαλίστηκε η στασιμότητα στο μοντέλο μας, η οποία αποτελεί αναγκαία συνθήκη για να προχωρήσουμε στο forecasting. Η πρόβλεψη γίνεται για όλο το έτος του 2018 για τις 15 διαφορετικές διαδρομές που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε, είναι το Exponential seasonal model που αποτελεί υποσύνολο της ARIMA και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στα παρακάτω Σχήματα 39-53.

1) ALGERIA → EAST CHINA



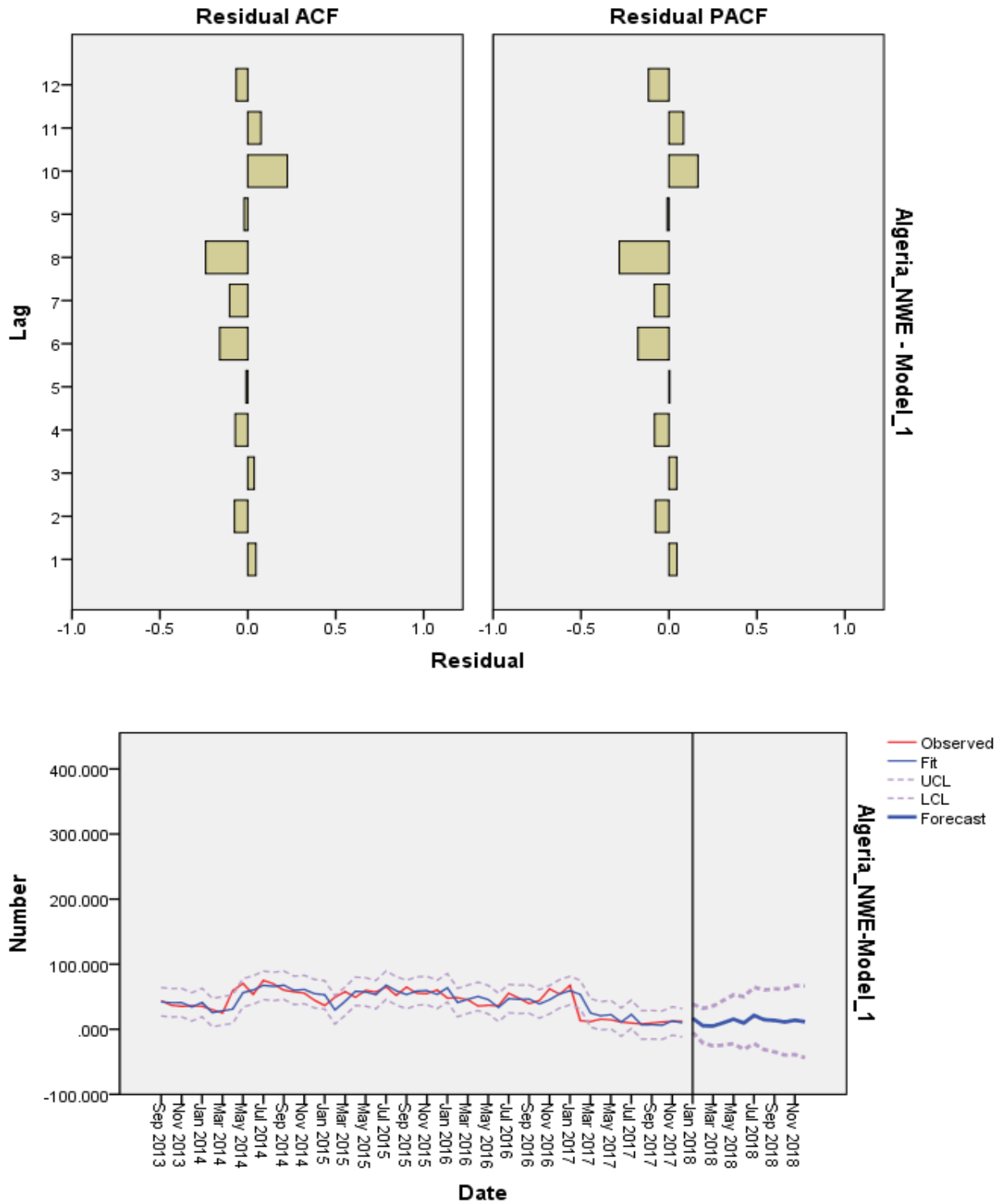
Σχήμα 50: Αποτελέσματα του Exponential seasonal model με τις αντίστοιχες Αυτοσυσχετίσεις και Μερικές Αυτοσυσχετίσεις τους.

2) ALGERIA → JAPAN



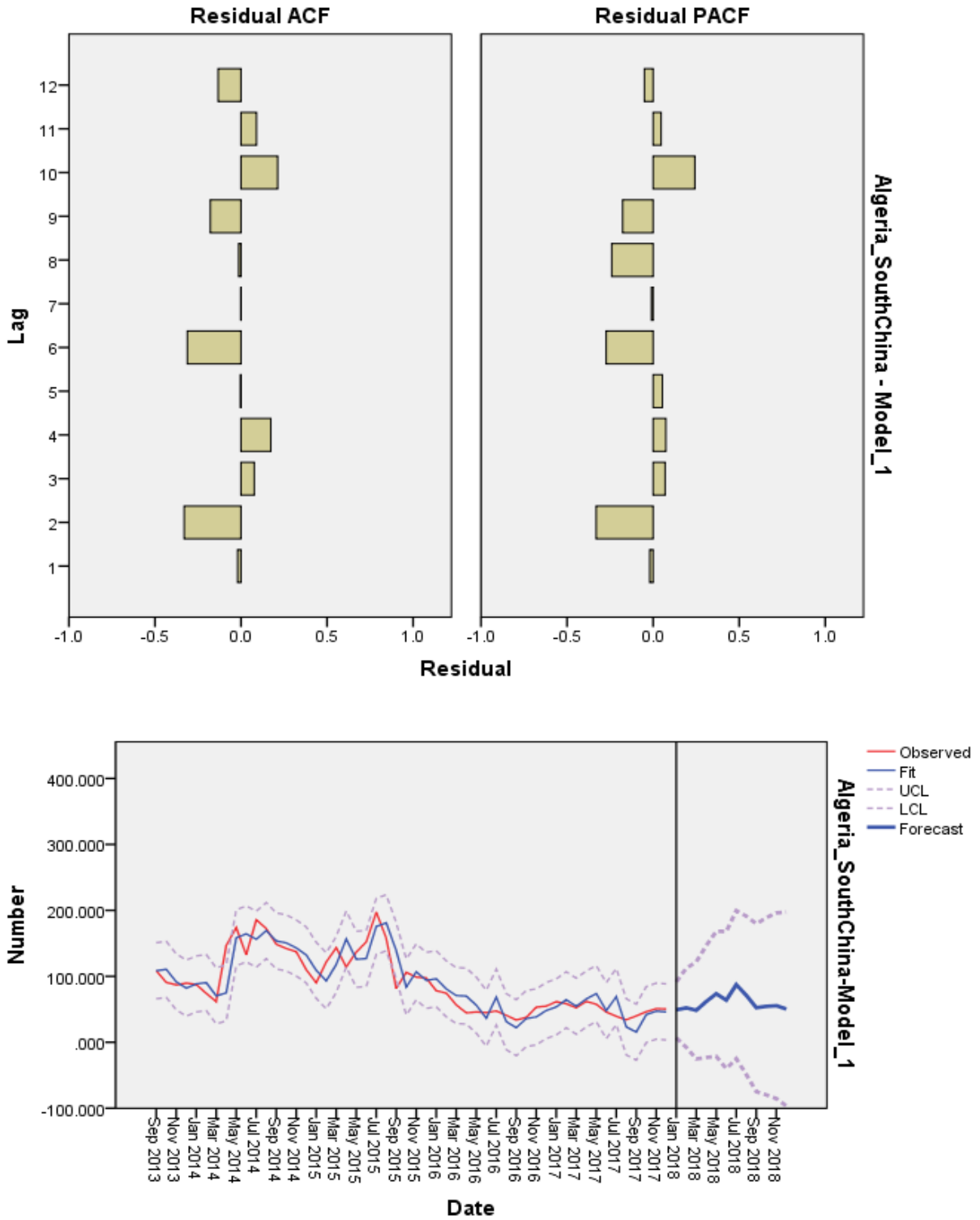
Σχήμα 51: Αποτελέσματα του Exponential seasonal model με τις αντίστοιχες Αυτοσυσχετίσεις και Μερικές Αυτοσυσχετίσεις τους.

3) ALGERIA → NEW



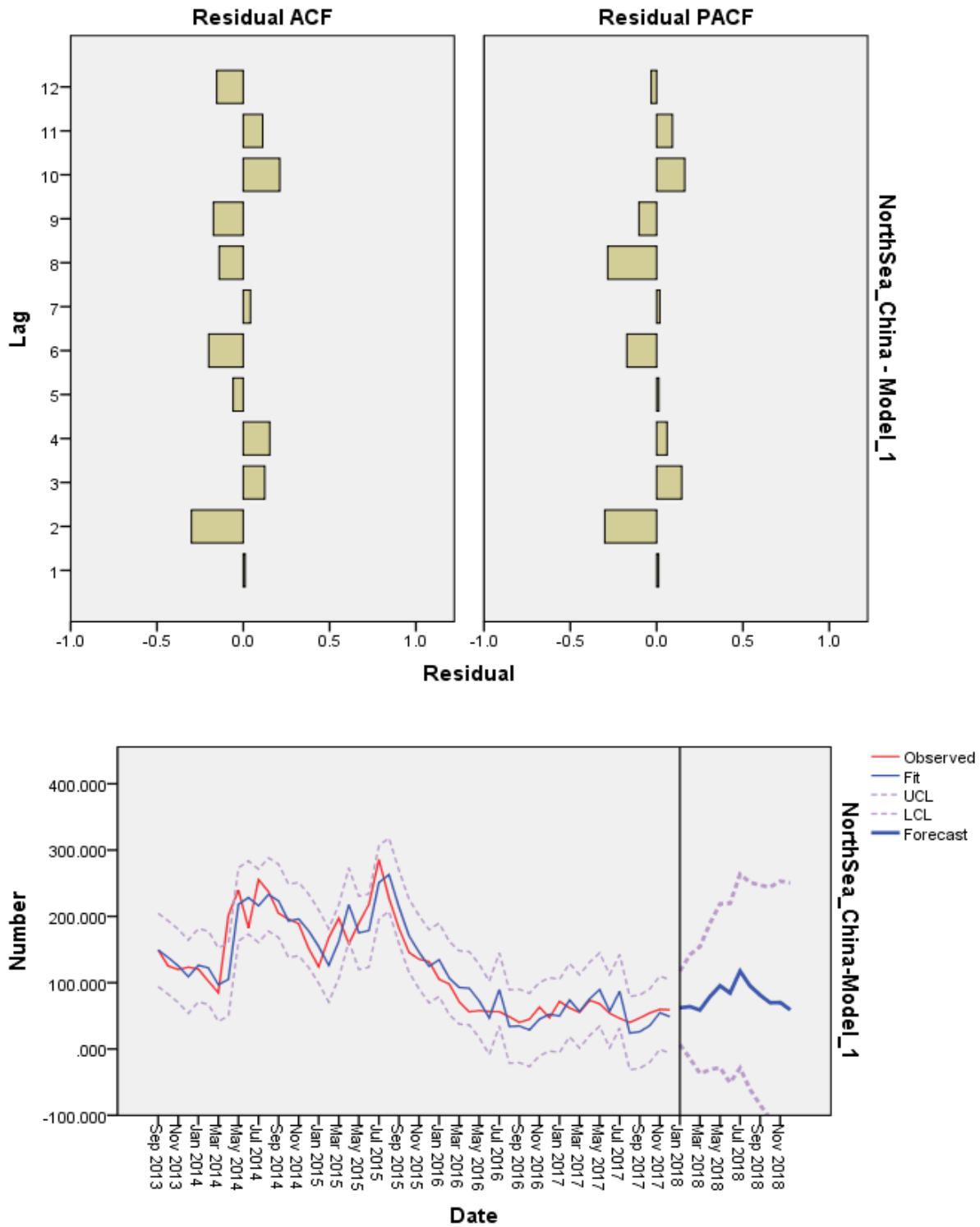
Σχήμα 52: Αποτελέσματα του Exponential seasonal model με τις αντίστοιχες Αυτοσυσχετίσεις και Μερικές Αυτοσυσχετίσεις τους.

4) ALGERIA → SOUTH CHINA



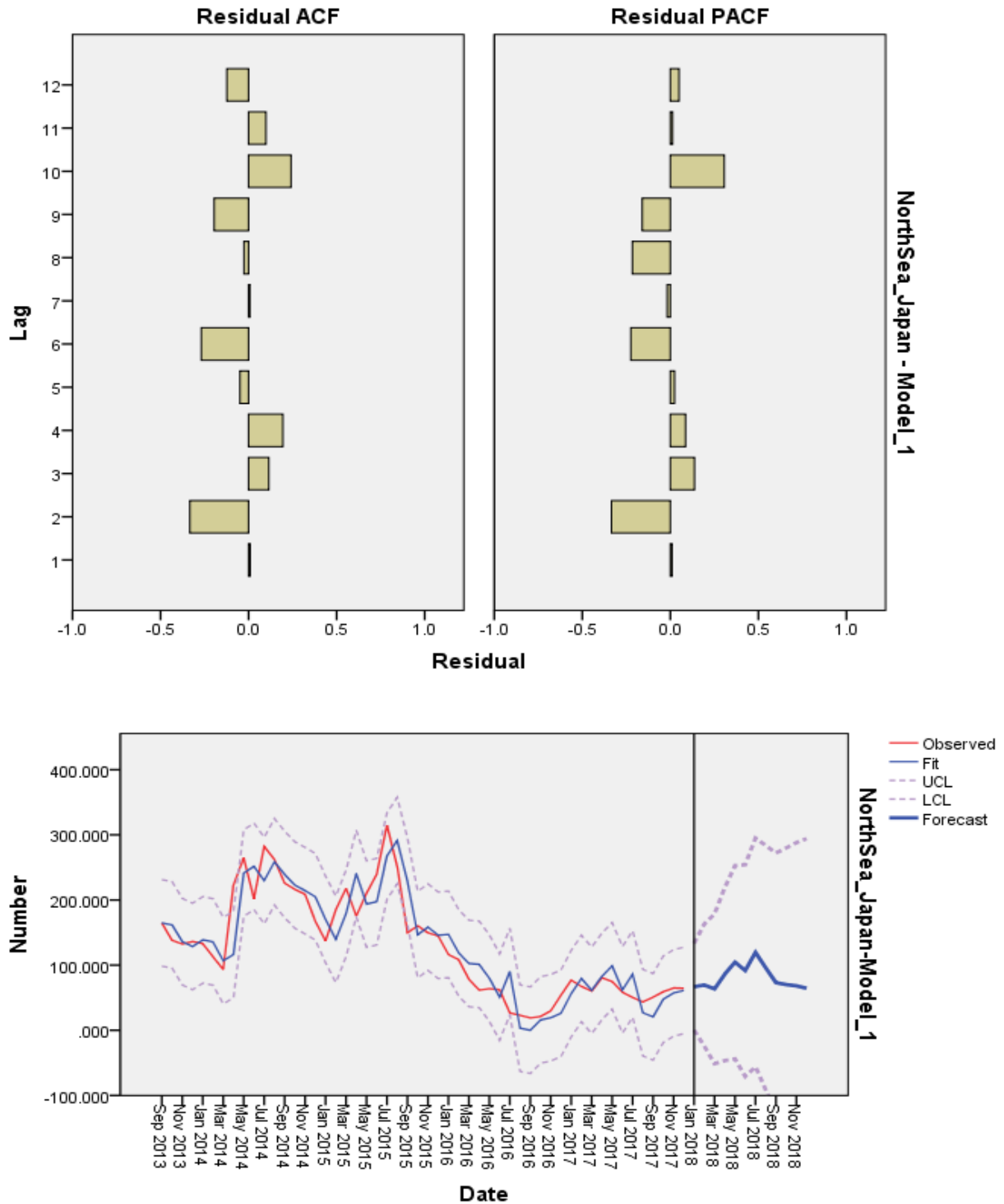
Σχήμα 53: Αποτελέσματα του Exponential seasonal model με τις αντίστοιχες Αυτοσυσχετίσεις και Μερικές Αυτοσυσχετίσεις τους.

5) NORTH SEA → CHINA



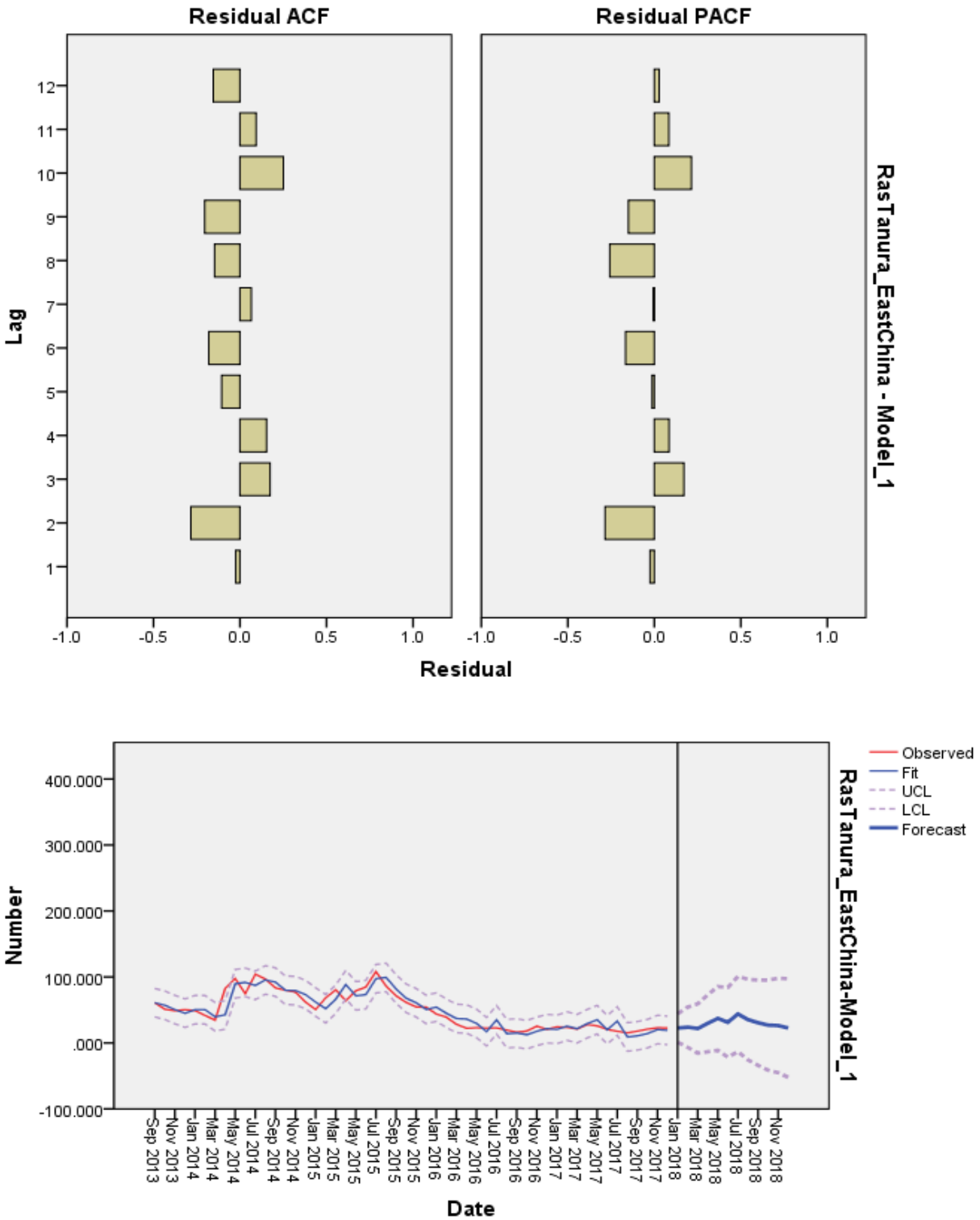
Σχήμα 54: Αποτελέσματα του Exponential seasonal model με τις αντίστοιχες Αυτοσυσχετίσεις και Μερικές Αυτοσυσχετίσεις τους.

6) NORTH SEA → JAPAN



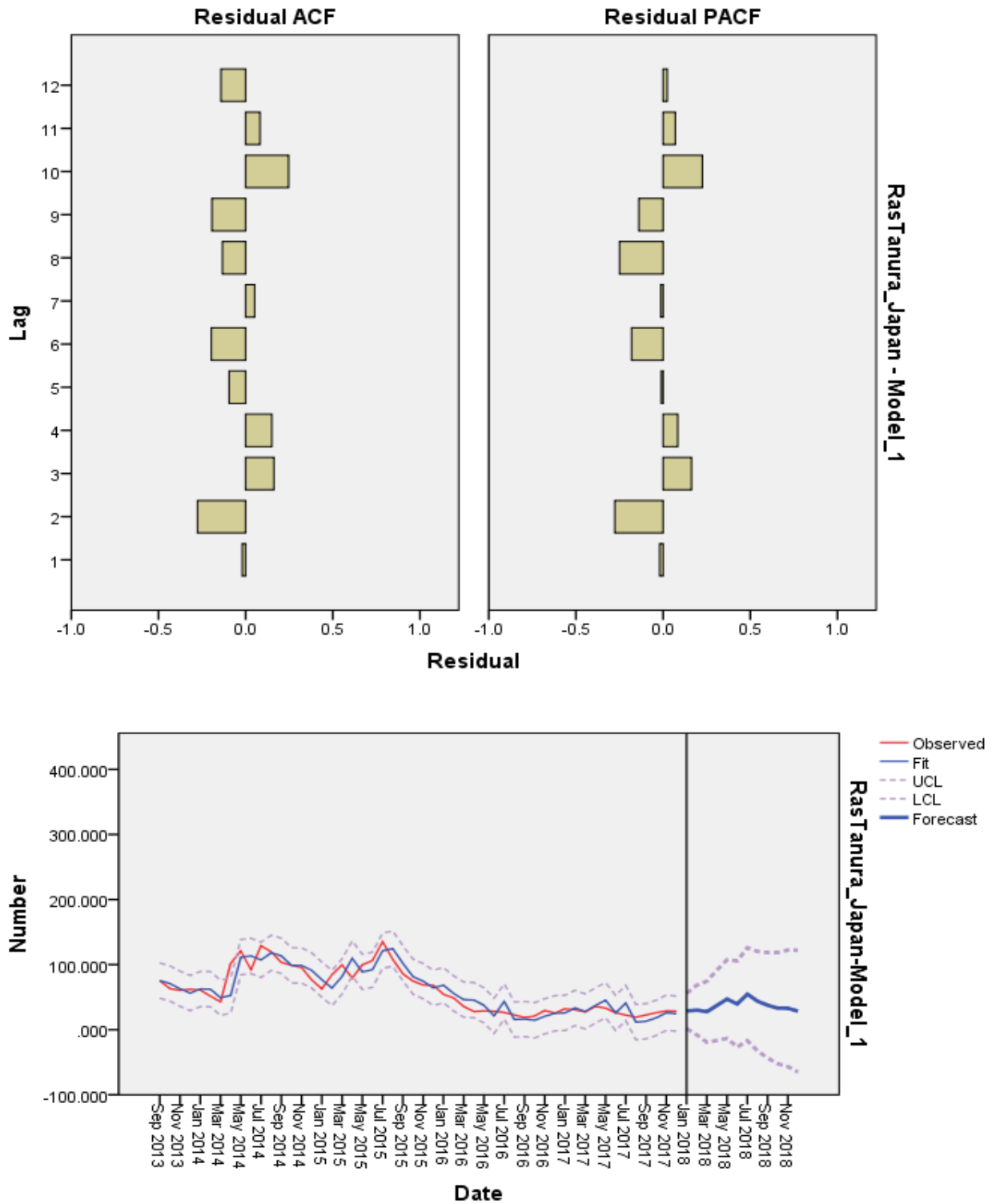
Σχήμα 55: Αποτελέσματα του Exponential seasonal model με τις αντίστοιχες Αυτοσυσχετίσεις και Μερικές Αυτοσυσχετίσεις τους.

7) RAS TANURA → EAST CHINA



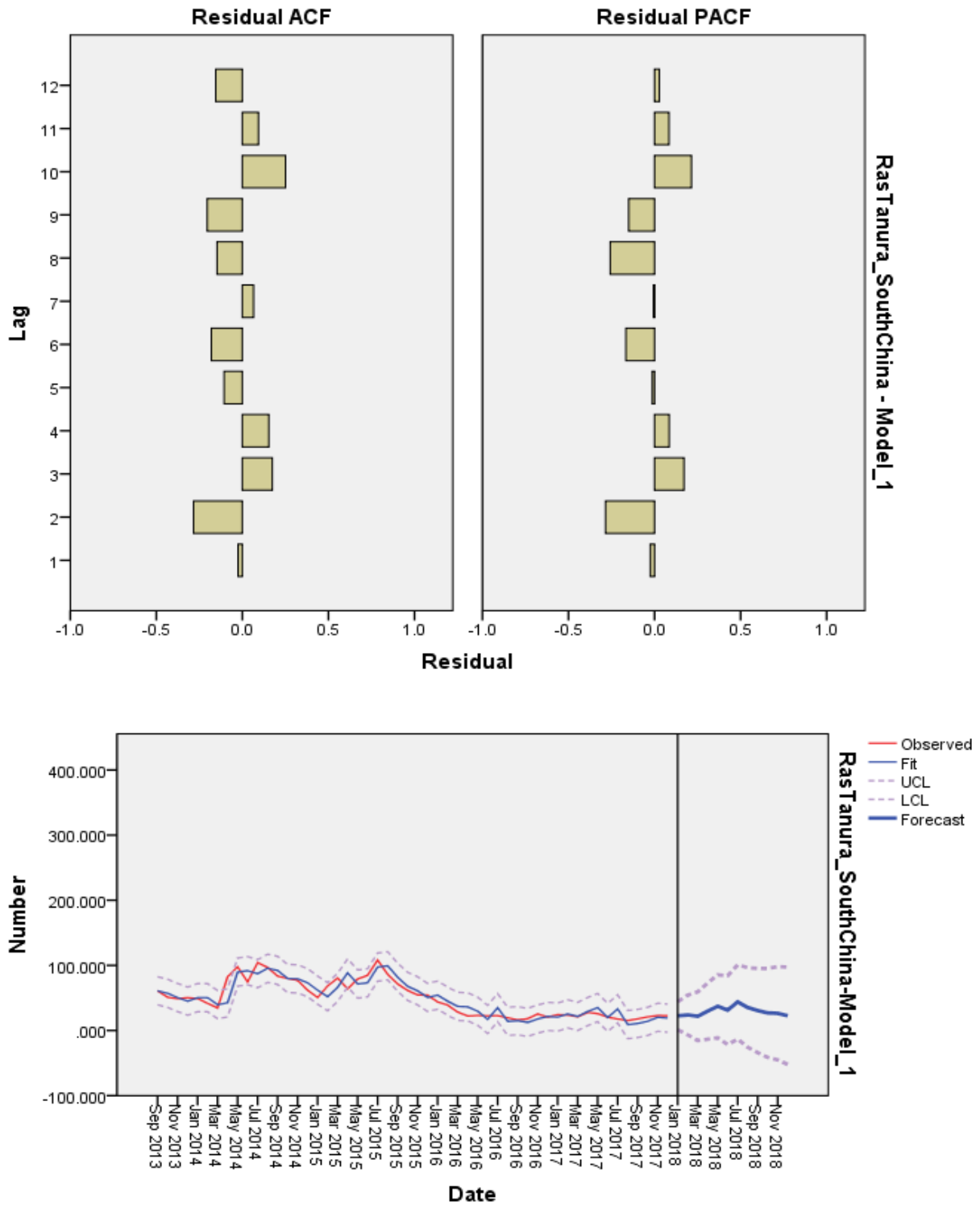
Σχήμα 56: Αποτελέσματα του Exponential seasonal model με τις αντίστοιχες Αυτοσυσχετίσεις και Μερικές Αυτοσυσχετίσεις τους.

8) RAS TANURA → JAPAN



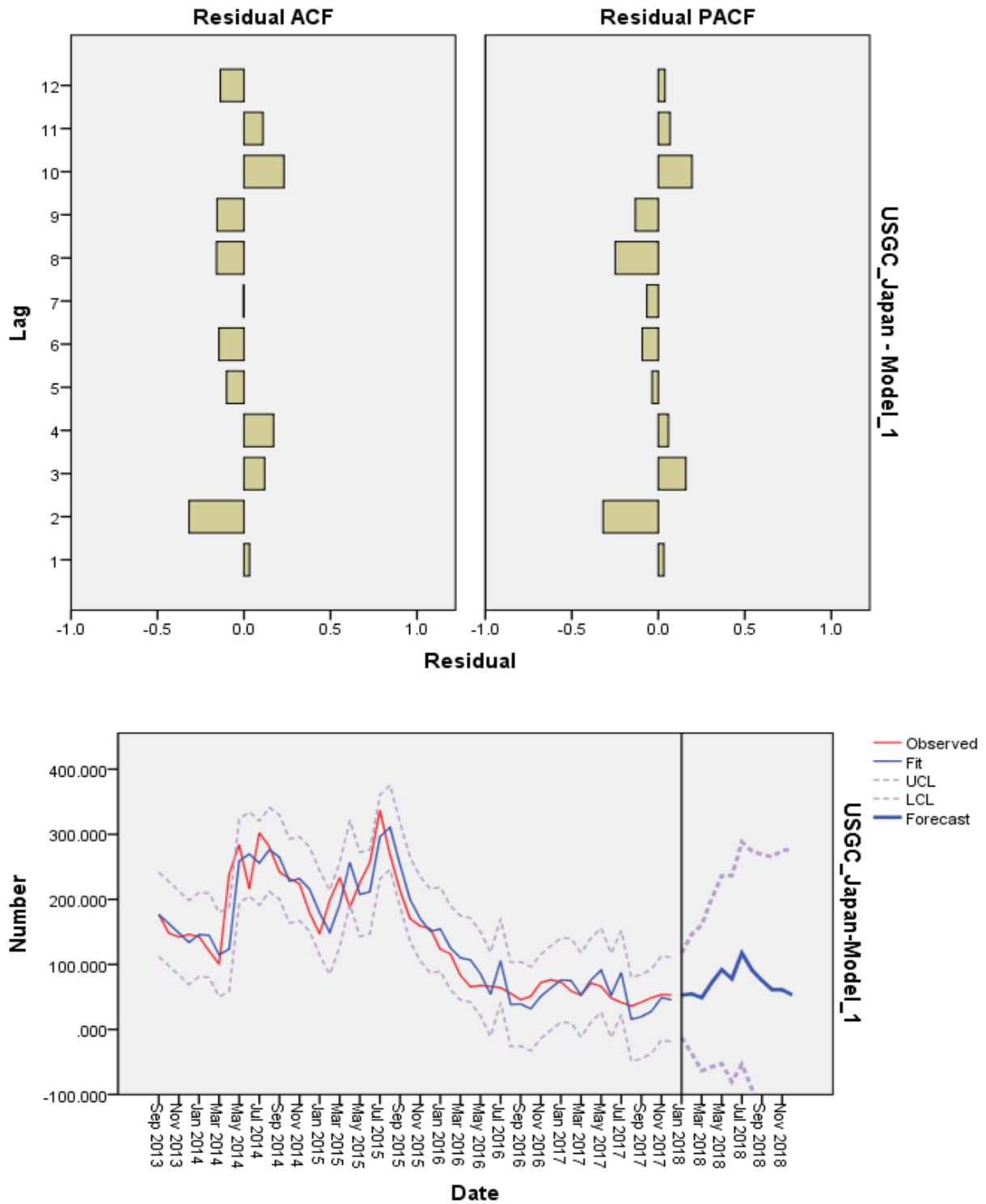
Σχήμα 57: Αποτελέσματα του Exponential seasonal model με τις αντίστοιχες Αυτοσυσχετίσεις και Μερικές Αυτοσυσχετίσεις τους.

9) RAS TANURA → SOUTH CHINA



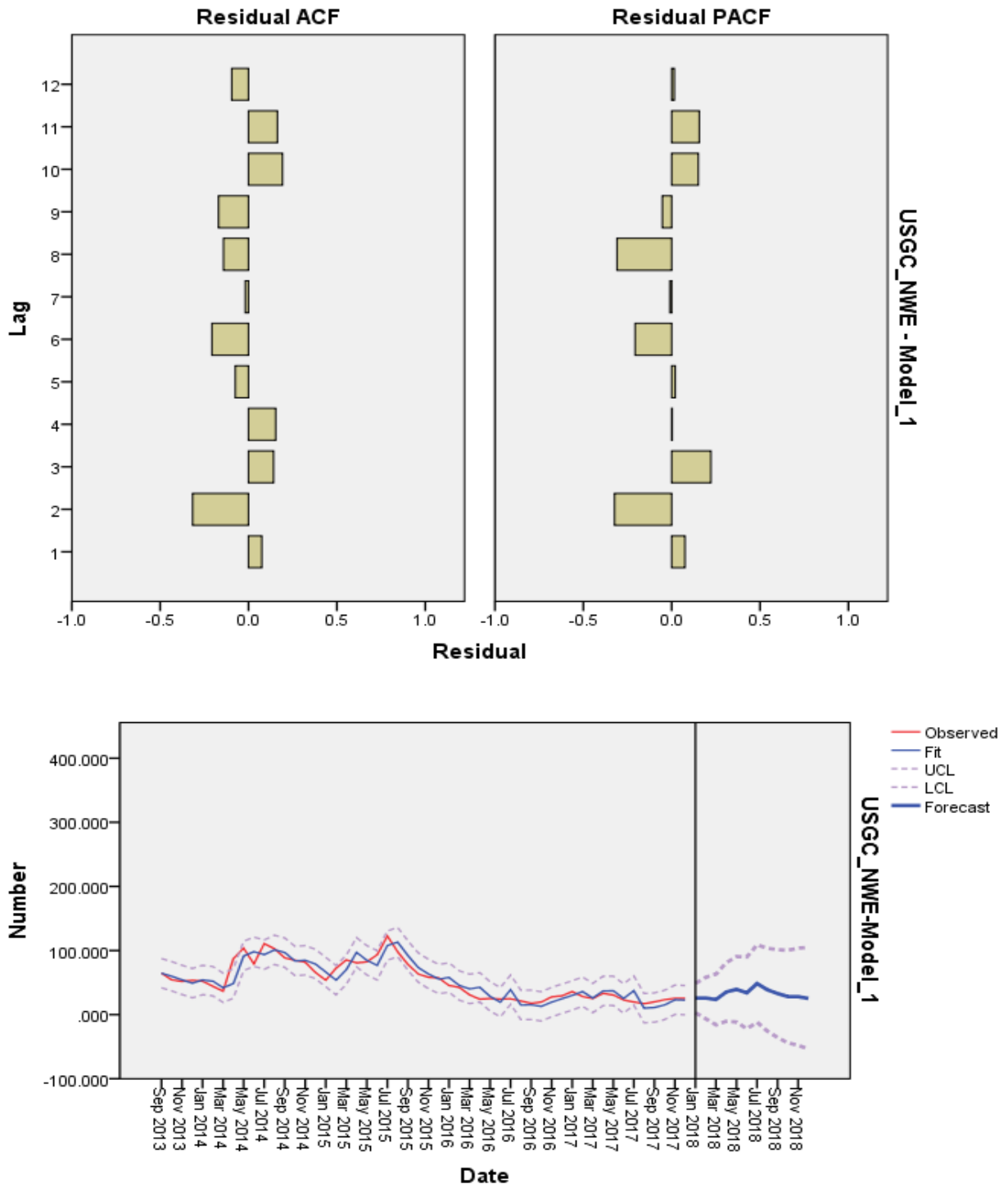
Σχήμα 58: Αποτελέσματα του Exponential seasonal model με τις αντίστοιχες Αυτοσυσχετίσεις και Μερικές Αυτοσυσχετίσεις τους.

10) USGC → JAPAN



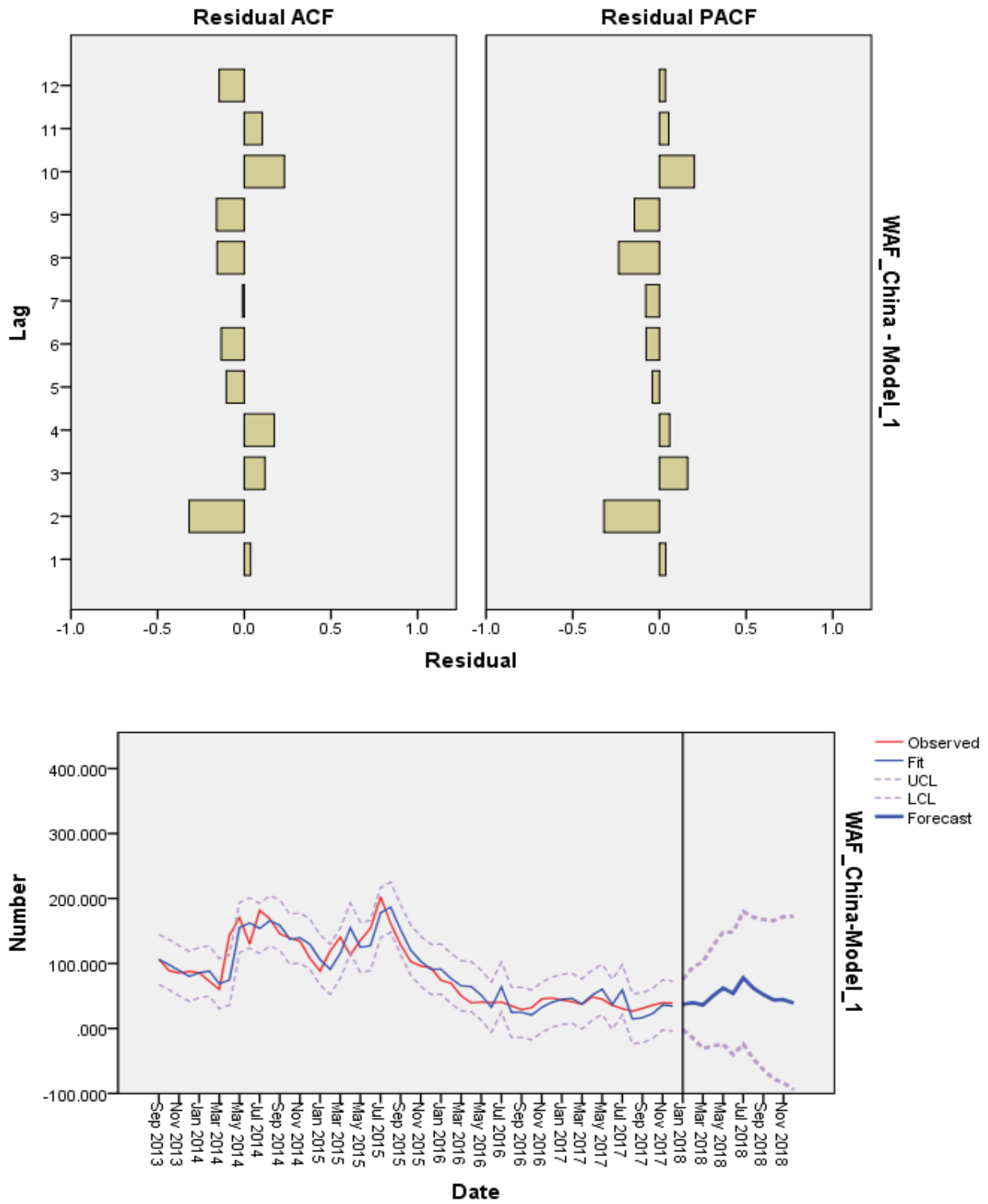
Σχήμα 59: Αποτελέσματα του Exponential seasonal model με τις αντίστοιχες Αυτοσυσχετίσεις και Μερικές Αυτοσυσχετίσεις τους.

11) USGC → NEW



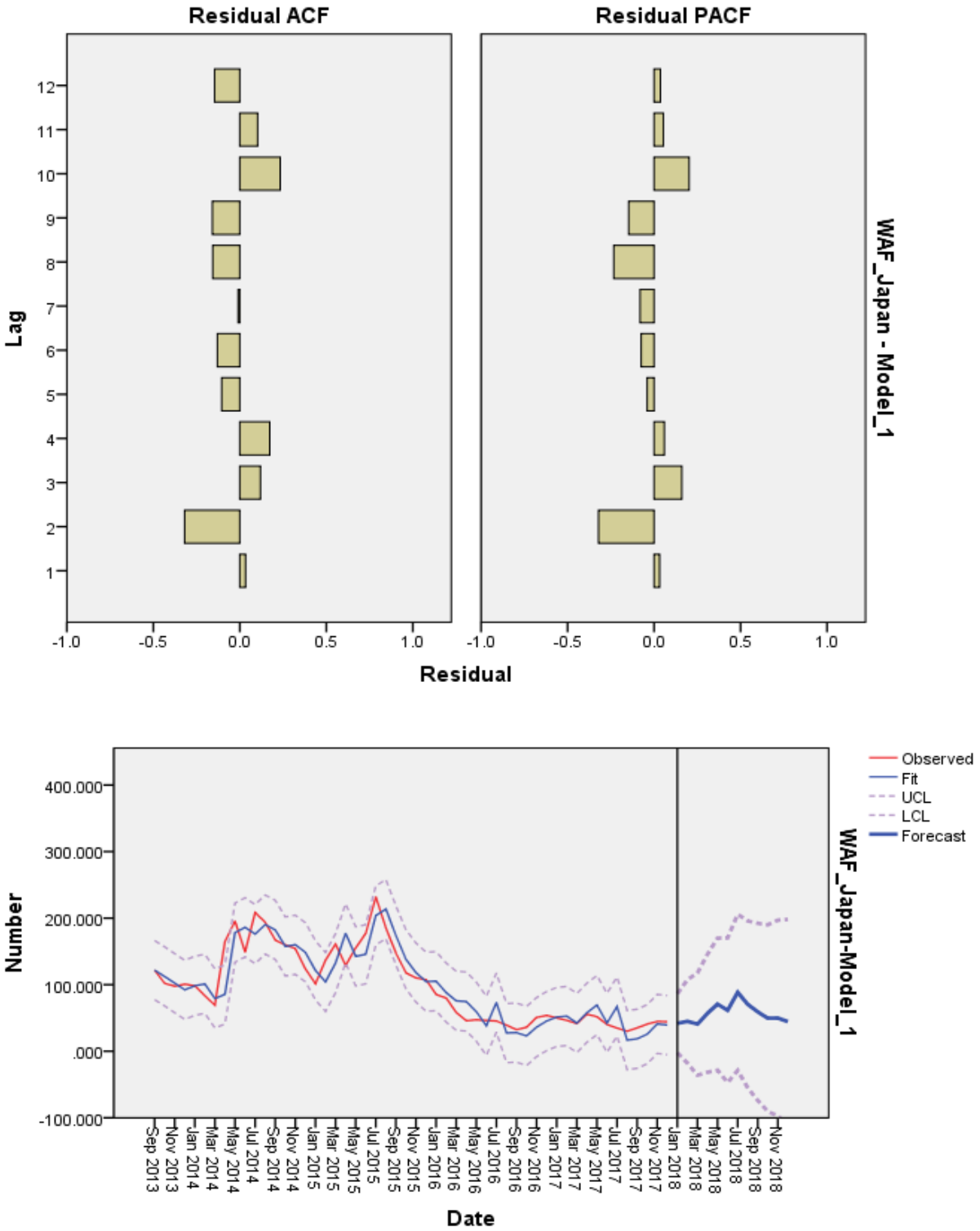
Σχήμα 60: Αποτελέσματα του Exponential seasonal model με τις αντίστοιχες Αυτοσυσχετίσεις και Μερικές Αυτοσυσχετίσεις τους.

12) WAF → CHINA



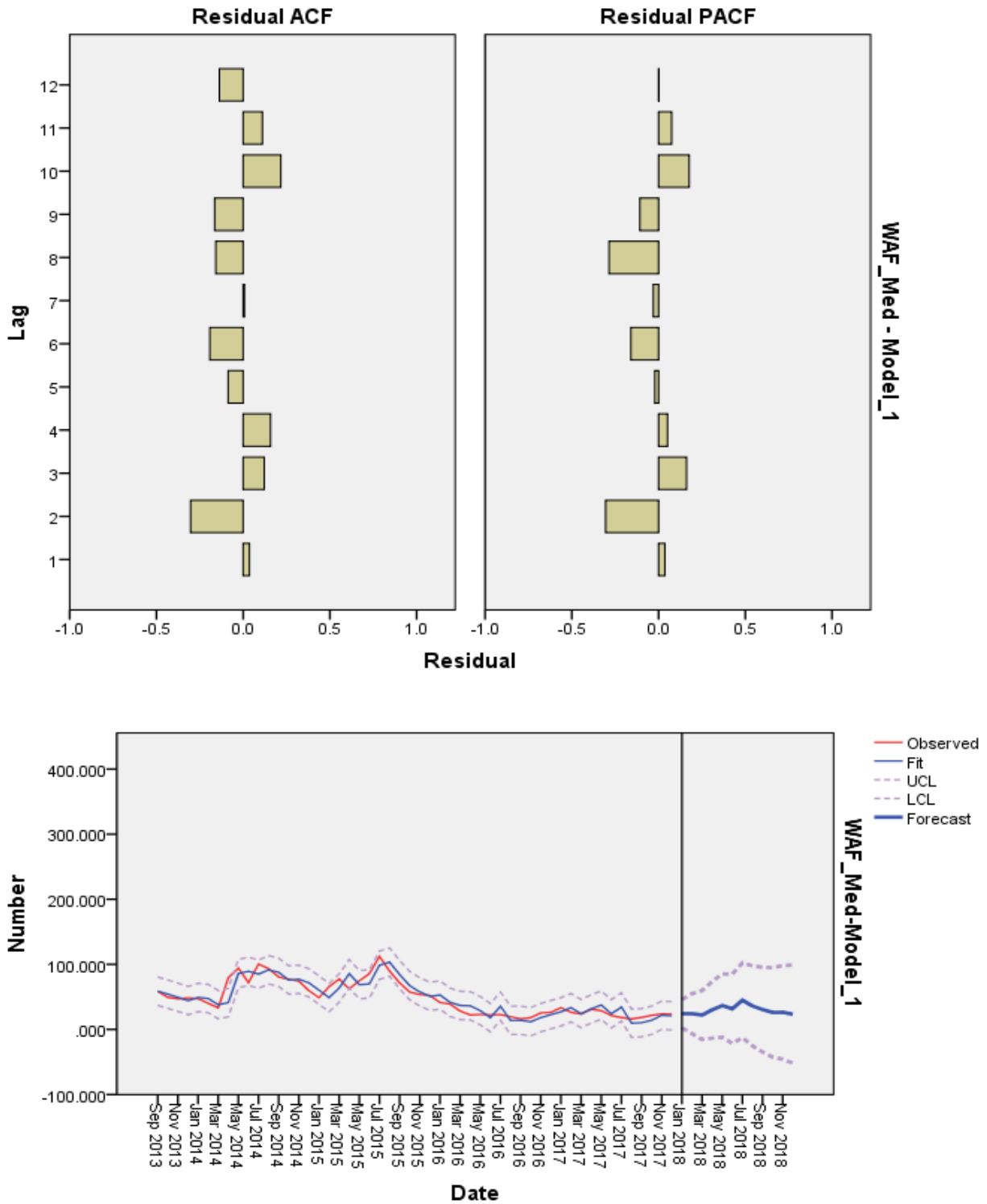
Σχήμα 61: Αποτελέσματα του Exponential seasonal model με τις αντίστοιχες Αυτοσυσχετίσεις και Μερικές Αυτοσυσχετίσεις τους.

13) WAF → JAPAN



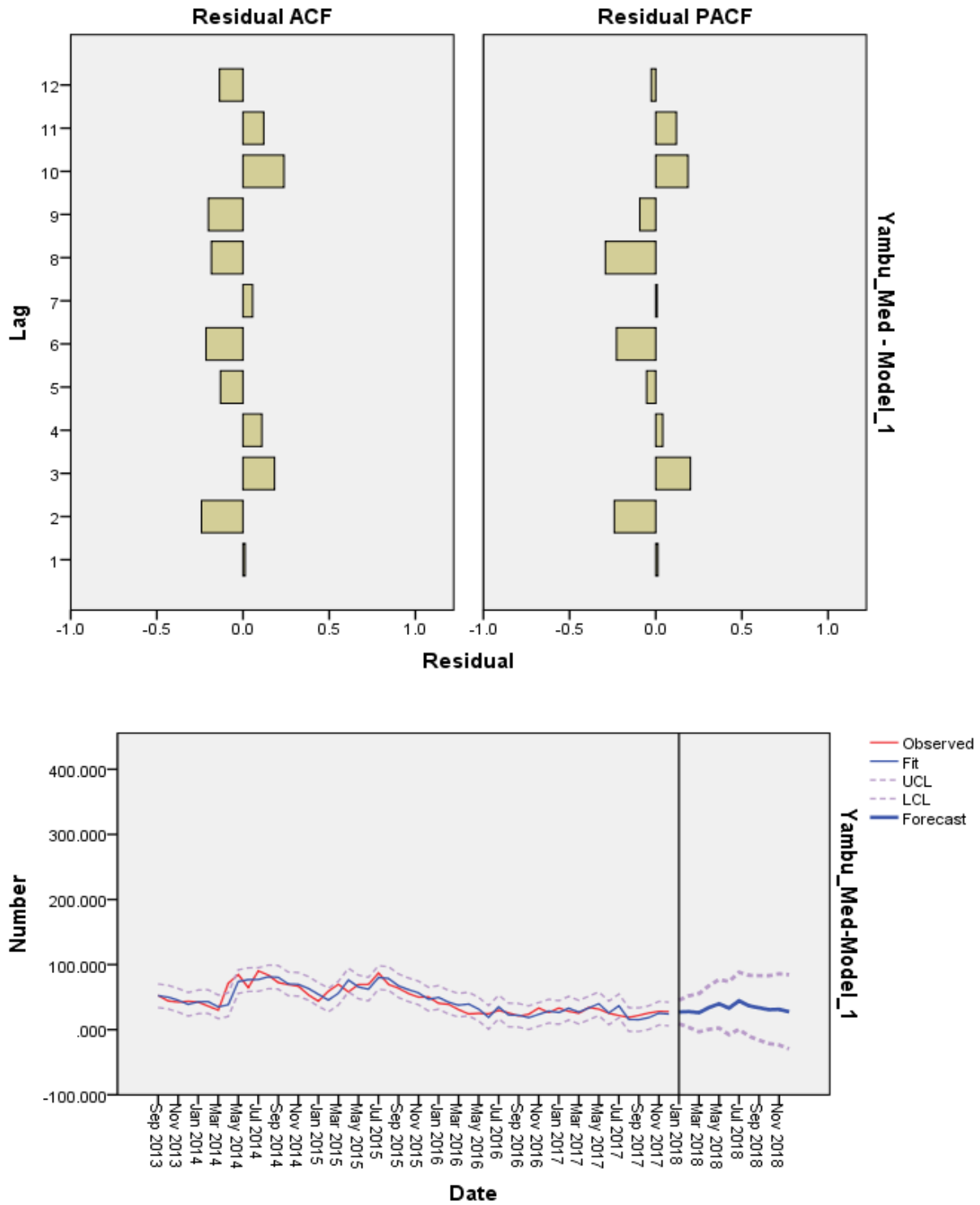
Σχήμα 62: Αποτελέσματα του Exponential seasonal model με τις αντίστοιχες Αυτοσυσχετίσεις και Μερικές Αυτοσυσχετίσεις τους.

14) WAF → MED



Σχήμα 63: Αποτελέσματα του Exponential seasonal model με τις αντίστοιχες Αυτοσυσχετίσεις και Μερικές Αυτοσυσχετίσεις τους.

15) YANBU → MED



Σχήμα 64: Αποτελέσματα του Exponential seasonal model με τις αντίστοιχες Αυτοσυσχετίσεις και Μερικές Αυτοσυσχετίσεις τους.

Πίνακας 41: Αποτελέσματα μεταβλητών ναυλαγοράς για όλες τις διαδρομές.

Model	Model Fit statistics			
	Stationary R-squared	R-squared	RMSE	MAPE
RasTanura_Japan	.670	.849	13.461	19.992
RasTanura_EastChina	.680	.852	10.754	19.731
RasTanura_SouthChina	.680	.852	10.754	19.731
Yambu_Med	.672	.810	9.019	16.762
Algeria_EastChina	.641	.788	20.775	19.555
Algeria_SouthChina	.646	.788	21.144	19.649
Algeria_Japan	.660	.832	21.665	18.383
NorthSea_Japan	.639	.828	33.060	27.509
NorthSea_China	.662	.842	27.520	20.781
USGC_Japan	.661	.856	32.195	21.717
Algeria_NWE	.559	.688	10.856	26.900
WAF_Med	.652	.836	10.824	20.425
WAF_Japan	.666	.849	22.105	20.198
WAF_China	.666	.850	19.198	20.032
USGC_NWE	.638	.853	11.382	20.103

Πίνακας 42: Αποτελέσματα μεταβλητών ναυλαγοράς για όλες τις διαδρομές.

Model	Model Fit statistics			
	MAE	MaxAPE	MaxAE	Normalized BIC
RasTanura_Japan	9.974	83.595	49.303	5.352
RasTanura_EastChina	7.969	87.451	39.836	4.903
RasTanura_SouthChina	7.969	87.451	39.836	4.903
Yambu_Med	6.870	68.075	32.942	4.551
Algeria_EastChina	15.234	74.985	69.797	6.220
Algeria_SouthChina	15.448	75.672	71.846	6.255
Algeria_Japan	16.211	78.673	78.581	6.303
NorthSea_Japan	24.124	237.932	106.897	7.149
NorthSea_China	20.871	87.790	96.915	6.782
USGC_Japan	23.903	110.975	115.513	7.096
Algeria_NWE	7.793	305.355	40.301	4.921
WAF_Med	8.179	87.611	38.064	4.916
WAF_Japan	16.328	93.865	79.337	6.344
WAF_China	14.187	94.422	69.214	6.062
USGC_NWE	8.693	90.008	38.942	5.016

Πίνακας 43: Αποτελέσματα μεταβλητών ναυλαγοράς για όλες τις διαδρομές.

Model	Ljung-Box Q(18)		
	Statistics	DF	Sig.
RasTanura_Japan	25.981	16	.054
RasTanura_EastChina	26.592	16	.046
RasTanura_SouthChina	26.592	16	.046
Yambu_Med	23.246	16	.107
Algeria_EastChina	37.672	16	.002
Algeria_SouthChina	37.978	16	.002
Algeria_Japan	23.966	16	.090
NorthSea_Japan	39.555	16	.001
NorthSea_China	25.871	16	.056
USGC_Japan	25.201	16	.066
Algeria_NWE	13.354	16	.647
WAF_Med	24.783	16	.074
WAF_Japan	25.166	16	.067
WAF_China	25.334	16	.064
USGC_NWE	27.864	16	.033

Όπως προαναφέρθηκε, για την πρόβλεψη των μεταβλητών της ναυλαγοράς, χρησιμοποιήθηκαν τα πρότυπα μοντέλα Exponential seasonal model. Τα κριτήρια για την αξιολόγηση των μοντέλων πρόβλεψης που εφαρμόστηκαν παραπάνω είναι τα : Stationary R-squared, R-squared, Root mean squared error, Mean absolute percentage error, Mean absolute error, Maximum absolute percentage error, Maximum absolute error, Normalized Bayesian Information Criterion, Ljung-Box Statistic(18) και P-value of the Ljung-Box Statistic.

Επιπρόσθετα μελετήθηκαν οι συναρτήσεις αυτοσυσχέτισης (ACF) και μερικής αυτοσυσχέτισης (PACF), ελέγχοντας την ύπαρξη ή μη, κάποιου συγκεκριμένου pattern το οποίο να μην έχει συμπεριληφθεί στο εκάστοτε μοντέλο πρόβλεψης.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα τελικά αποτελέσματα του forecasting (μέσες τιμές spot freight LPG) για καθεμία διαδρομή, των οποίων η γραφική απεικόνιση βρίσκεται στα παραπάνω Σχήματα 39-53.

Πίνακας 44: Αποτελέσματα πρόβλεψης μηνιαίου κινητού μέσου ναύλων σε κάθε διαδρομή.

ROUTE	Jan-18	Feb-18	Mar-18	Apr-18	May-18	Jun-18
RasTanura_Japan	28.845	30.241	27.655	37.596	47.084	39.519
RasTanura_EastChina	22.695	23.881	23.881	29.842	37.166	31.258
RasTanura_SouthChina	22.695	23.881	23.881	29.842	37.166	31.258
Yambu_Med	27.193	27.778	26.032	34.022	39.83	33.068
Algeria_EastChina	49.217	52.063	48.184	61.853	73.493	64.048
Algeria_SouthChina	49.309	52.249	48.415	61.786	73.565	63.909
Algeria_Japan	53.324	55.415	51.035	67.595	81.114	70.326
NorthSea_Japan	66.934	69.489	63.577	86.259	104.506	91.652
NorthSea_China	62.018	64.021	58.718	79.123	95.481	84.323
USGC_Japan	52.684	54.813	48.623	72.027	91.948	78.015
Algeria_NWE	16.865	5.343	5.071	9.982	15.407	9.536
WAF_MED	24.176	24.308	22.125	30.172	36.655	31.759
WAF_Japan	42.076	44.932	40.797	57.184	70.811	61.505
WAF_China	37.047	39.807	36.064	50.317	62.100	53.987
USGC_NWE	25.858	25.922	23.551	35.390	39.521	33.967

Πίνακας 45: Αποτελέσματα πρόβλεψης μηνιαίου κινητού μέσου ναύλων σε κάθε διαδρομή.

ROUTE	Jul-18	Aug-18	Sep-18	Oct-18	Nov-18	Dec-18
RasTanura_Japan	54.602	43.847	37.511	33.131	32.926	28.603
RasTanura_EastChina	43.874	35.214	30.697	26.922	26.468	22.633
RasTanura_SouthChina	43.874	35.214	30.697	26.922	26.468	22.633
Yambu_Med	44.332	36.601	33.521	30.731	31.201	27.870
Algeria_EastChina	87.272	71.169	52.211	54.451	55.313	50.494
Algeria_SouthChina	87.404	71.233	52.446	54.588	55.414	50.494
Algeria_Japan	97.133	78.783	68.256	59.575	60.317	54.846
NorthSea_Japan	119.555	96.107	73.175	70.097	68.176	64.425
NorthSea_China	117.474	95.096	81.216	69.714	70.038	59.194
USGC_Japan	117.375	91.464	75.174	61.114	61.160	53.102
Algeria_NWE	21.327	14.503	13.663	11.051	14.008	11.504
WAF_MED	44.888	36.061	30.525	26.080	26.281	23.505
WAF_Japan	88.477	70.386	59.114	49.656	49.912	44.398
WAF_China	77.957	62.125	52.142	43.990	44.229	39.174
USGC_NWE	48.543	38.543	32.852	28.066	28.085	25.246

5. Συμπεράσματα

Αρχικά, όταν αναφερόμαστε στην μελέτη ναυλαγοράς, ιδιαίτερα για τα LPG παρουσιάζονται αρκετές δυσκολίες. Το δυσκολότερο κομμάτι ήταν η άντληση και η συλλογή στοιχείων αφού προορίζονται για εσωτερική χρήση από τις εταιρείες. Το πρόβλημα αυτό, αντιμετωπίστηκε μέσω των Drewry's Shipping Statistics, της Eni S.p.A. (ιταλική πολυεθνική εταιρεία που ασχολείται με το πετρέλαιο και άλλες μορφές ενέργειας π.χ. LPG) αλλά και της Lloyd's Shipping Economist.

Η ναυτιλιακή αγορά επηρεάζεται από αρκετούς παράγοντες. Ιδιαίτερα στον τομέα των LPG θα έπρεπε να προσδιοριστούν αυτοί οι παράγοντες και να υπάρξει πλήρης κατανόηση της αγοράς και των μεταβλητών των ναύλων. Μελετήθηκαν όλες οι διαδρομές ξεχωριστά με γνώμονα τις τιμές των στιγμιαίων ναύλων, με σκοπό να απαλειφθεί η εποχικότητα και οι τάσεις που παρουσιάζουν ανά διαφορετική χρονική περίοδο. Έτσι, τα ναύλα συσχετίστηκαν μεταξύ τους και επιτεύχθηκε ικανοποιητικό αποτέλεσμα, το οποίο βέβαια χρήζει παραπάνω μελέτης.

Η πρόβλεψη των ναύλων πραγματοποιήθηκε με την χρήση του Exponential seasonal model. Έτσι έγινε εφικτή η εκτίμηση των ναύλων για τις 15 διαφορετικές διαδρομές για ολόκληρο το 2018. Είναι φανερό πως η ναυλαγορά επηρεάζεται ποικιλοτρόπως, οπότε τυχόν σφάλματα οφείλονται στο ότι κάθε μοντέλο εμπεριέχει μερικούς από αυτούς του παράγοντες και όχι όλους. Στο παραπάνω μοντέλο πρωταγωνιστικό ρόλο έχει ο ναύλος. Τα ατυχήματα, οι παραδόσεις πλοίων, άλλοι εξωτερικοί περιβαλλοντικοί παράγοντες και η οικονομική κρίση έχουν κομβικό ρόλο, όμως δεν θα μπορούσαν να εκτιμηθούν στο μοντέλο, παρόλο που επηρεάζουν άμεσα τις τελικές τιμές των ναύλων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο τυφώνας Χάρβεϊ, που έπληξε την Αμερική και ιδιαίτερα το λιμάνι του Χιούστον τον Αύγουστο του 2017 και οδήγησε τις εξαγωγές των LPG να σταματήσουν για τουλάχιστον δύο εβδομάδες.

Όσον αφορά την μελέτη που έγινε, παρατηρείται αύξηση στις τιμές των ναύλων για το πρώτο μισό έως και τον Ιούλιο του 2018, ενώ για τον υπόλοιπο χρόνο προβλέπεται σταδιακή μείωση. Όλες οι διαδρομές συμπεριφέρονται με τον ίδιο τρόπο, εκτός από τα δρομολόγια που ξεκινούν από τη Βόρεια Θάλασσα και τις Ηνωμένες Πολιτείες για την Ιαπωνία και την Κίνα αντίστοιχα, όπου παρατηρείται έντονη αστάθεια. Αυτό οφείλεται στις ραγδαίες μεταβολές που έκαναν οι τιμές των ναύλων την προηγούμενη πενταετία, γεγονός που χαρακτηρίζει τις διαδρομές με έντονη αβεβαιότητα και επιφυλακτικότητα πρόβλεψης.

Αποτελεσματικά η Drewry's Shipping Statistics, προβλέπουν αύξηση των ναύλων για τα VLGC της τάξης του 8% τουλάχιστον, κάτι που συμβαδίζει με το παραπάνω μοντέλο. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2 για τις παραγγελίες νεότευκτων πλοίων, η μείωση του αριθμού των πλοίων VLGC για ναυπήγηση θα επιφέρει αύξηση της ζήτησης που θα καλύψει την υπερπροσφορά που επικρατούσε το 2016-2017, όπου τα ναύλα έφτασαν ιστορικά χαμηλά επίπεδα. Πιο συγκεκριμένα, για την διαδρομή από την Αλγερία προς τα λιμάνια της Νότιας Κίνας ο μέσος στιγμιαίος ναύλος για τα VLGC στο πρώτο μισό του 2018 υπολογίστηκε στα 60.06 \$/ton, ενώ η

αντίστοιχη τιμή για το 2017 κυμάνθηκε στα 52.4 \$/ton. Τουτέστιν υπολογίζεται αύξηση στις τιμές των ναύλων κατά 14%, αριθμός που συνάδει με τις αναφορές από την Drewry's Shipping Statistics. Παράλληλα, στο δεύτερο μισό του 2018 προβλέπεται επαναφορά των ναύλων σε χαμηλότερα επίπεδα που δεν θα πλησιάζουν πάντως τις τιμές του 2017. Επανεξετάζεται η συμπεριφορά των τιμών κατά το τέλος του καλοκαιριού, όπου θα υπάρξει σαφέστερη εικόνα και θα είναι δυνατός ο προσδιορισμός τυχόν μεταβλητών που έχουν παραληφθεί.

Υπάρχουν αρκετές μεθοδολογίες που θα μπορούσαν να δώσουν ικανοποιητικά αποτελέσματα και θα βοηθούσαν στην επαλήθευση ή ακόμα και στην επανεξέταση του μοντέλου χρονολογικής πρόβλεψης που χρησιμοποιήθηκε. Η μοντελοποίηση του μηχανισμού μεταβολής της ζήτησης για LPG κατά τη διάρκεια ενός χρόνου θα μπορούσε να επιφέρει ασφαλή αποτελέσματα. Αυτό θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί με την χρήση Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων. Μάλιστα, χρησιμοποιώντας ως εργαλείο τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, ο προσδιορισμός των βασικών μεταβλητών εισόδου για το κατάλληλο δίκτυο θα αποτελούσε το κύριο αλλά μοναδικό υπαρκτό πρόβλημα της. Εντούτοις, σε περίπτωση άντλησης δεδομένων για τις τιμές των ναύλων στα VLGC για δύο ή τρία χρόνια ακόμα, προτείνεται η κατάστρωση Τεχνικού Νευρωνικού Δικτύου, ικανού να οδηγήσει σε αρκετά ασφαλή συμπεράσματα.

6. Βιβλιογραφία

Βάμβουκας Α. Γ., *Σύγχρονη Οικονομετρία*, Αθήνα, Δεκέμβριος 2008.

Ψαρούτης Χ. Ν., Καθηγητής Ε.Μ.Π., *Οικονομική Θαλάσσιων Μεταφορών Ι*, Αθήνα, Δεκέμβριος 2005.

Banchero Costa, *LPG Shipping Outlook*, November 2016.

<http://www.bancosta.com>

Drewry Maritime Research, *LPG Forecaster*, November 2017.

<https://www.drewry.co.uk>

International Maritime Organization.

<http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/Default.aspx>

Stopford M., *Maritime Economics 3rd edition*, Routledge, London 2009.

The World LPG Association, *Guide to LPG Use in Waterborne Vessels*, 2017.

Γενικές Αναφορές

Κουγιουμτζής Δ. Αν. Καθηγητής Α.Π.Θ., *Ανάλυση Χρονοσειρών*, Θεσσαλονίκη 2017.

Κουγιουμτζής Δ. Αν. Καθηγητής Α.Π.Θ., Θεοδώρου Γ., Καθηγητής Α.Π.Θ., *Υπολογιστικές Μέθοδοι Οικονομικής Φυσικής*, Θεσσαλονίκη 2014.

<http://users.auth.gr/dkugiu/Teach/TimeSeriesTHMMY/TimeSeriesNotes.pdf>

Chrzanowski I., *An introduction to Shipping Economics*, Fairplay Publications January 1985.

Clarkson Research Studies, *LPG and Ammonia*, 2015.

Eni S.p.A

https://www.eni.com/en_IT/home.page

Hampton M. J., *Long and Short Shipping Cycles: The Rhythms and Psychology of Shipping Markets*, Cambridge 1991.

IBM Corporation 1989, 2012, IBM SPSS Forecasting 21.

Kendall L. C., *The Business Of Shipping 5th edition*, London 1986.

Lloyd's Shipping Economist, Daily Reports.

<http://www.lloydslistintelligence.com>

Makridakis S, Wheelwright S. C., Hyndman R. J., *Forecasting: Methods and Applications 3rd edition*, New York, December 1997.

U.S. Departments of Transportation, *Impact of High Oil Prices on Freight Transportation*, October 2008.