

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



**ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ**

«Μοντελοποίηση της ναυλαγοράς ξηρού φορτίου με χρήση τεχνητών νευρωνικών δικτύων λαμβάνοντας υπ' όψιν επιπλέον μακροοικονομικούς παράγοντες.»

Διπλωματική Εργασία

Κονταξάκης Γεώργιος

ΙΟΥΛΙΟΣ 2010

ΑΘΗΝΑ

Κονταξάκης Γεώργιος

«Μοντελοποίηση της ναυλαγοράς ξηρού φορτίου με χρήση τεχνητών νευρωνικών δικτύων λαμβάνοντας υπ' όψιν επιπλέον μακροοικονομικούς παράγοντες.»

ΙΟΥΛΙΟΣ 2010

Διπλωματική Εργασία

Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών

Συγγραφέας: Κονταξάκης Γεώργιος

Τριμελής Επιτροπή:

Δημήτριος Β. Λυρίδης, Επ. Καθηγητής ΕΜΠ (Επιβλέπων)

Χαρίλαος Ν. Ψαραύτης, Καθηγητής ΕΜΠ

Γεώργιος Ζαραφωνίτης, Επ. Καθηγητής ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ

Σύνοψη

Η ναυτιλιακή βιομηχανία είναι ένας χώρος που υπόκειται σε μεταβολές και έντονες διακυμάνσεις, πράγμα που προσδίδει στις ναυτιλιακές επενδύσεις μεγάλη επικινδυνότητα. Αυτό καθιστά τη μελέτη των ναύλων και γενικότερα ναυτιλιακών δεικτών ιδιαίτερα ενδιαφέροντα, ειδικά όταν αυτή εστιάζει σε περίοδο οικονομικής κρίσης. Στην παρούσα εργασία θα εστιάσουμε στην πρόσφατη κρίση που έκανε την εμφάνισή της το δεύτερο μισό του 2008.

Ένα επιστημονικό και άξιο προσοχής εργαλείο στην πρόβλεψη μεγεθών αποτελούν τα νευρωνικά δίκτυα. Βρίσκονται ακόμα σε περίοδο ανάπτυξης και αυτό τα καθιστά ελκυστικά προς περεταίρω έρευνα. Στην παρούσα διπλωματική γίνεται μία μελέτη για το πόσο αποτελεσματικά μπορούν να είναι τα νευρωνικά στην πρόβλεψη μίας κρίσης και πιο συγκεκριμένα σε αυτή του 2008.

Αρχικά γίνεται αναφορά στις βασικές έννοιες και στη λειτουργία της ναυλαγοράς, όπως επίσης και στην οικονομική κρίση του 2008. Έπειτα αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο των νευρωνικών δικτύων προκειμένου να γίνει η λειτουργία τους πιο κατανοητή στον αναγνώστη. Με βάση την λειτουργία της ναυλαγοράς και πιο συγκεκριμένα αυτής των φορτηγών πλοίων ξηρού φορτίου, αλλά και τη φύση της κρίσης του 2008, τις συνέπειες της οποίας ακόμα βιώνουμε, αντλούνται οι τιμές ναυτιλιακών και μακροοικονομικών μεταβλητών. Πιο συγκεκριμένα οι ναυτιλιακές μεταβλητές πάρθηκαν από τον οίκο Clarkson, ενώ οι μακροοικονομικές δόθηκαν από τον υποψήφιο διδάκτορα Μανό Νικόλαο (δίκτυο Bloomberg). Τα δεδομένα αυτά με τη μορφή χρονοσειρών χρησιμοποιήθηκαν από μια πληθώρα τεχνικών νευρωνικών δικτύων και μετά από επεξεργασία εξήχθησαν προβλέψεις για το δείκτη Baltic Dry Index δύο, τέσσερις, έξι και οκτώ μήνες μετά τον Ιούνιο του 2008.

Η χρήση μακροοικονομικών μεταβλητών για πρόβλεψη ναυτιλιακών μεγεθών, στη συγκεκριμένη περίπτωση του δείκτη Baltic Dry Index, από νευρωνικά δίκτυα είναι κάτι καινούριο, πράγμα που κάνει την διπλωματική αυτή ενδιαφέρουσα προς ανάγνωση. Επίσης πέρα από την κλασική μεθοδολογία που ακολουθείται σε παλαιότερες εργασίες ακολουθείται και μια νέα προκειμένου να γίνει σύγκριση.

Η επιδιωκόμενη πρόβλεψη δεν αποσκοπεί στην ακριβή προσέγγιση των τιμών του Baltic Dry Index, αλλά στην προσέγγιση των απότομων μεταβολών της τάσης της χρονοσειράς αυτής την χειρότερη περίοδο της οικονομικής κρίσης, δηλαδή τον Ιούνιο του 2008.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι αρκετά αξιόλογα υποδεικνύοντας τη χρήση μακροοικονομικών μεταβλητών πέρα από τις ναυτιλιακές αρκετά ωφέλιμη και τις νέες μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν αρκετά αποτελεσματικές. Επίσης επιβεβαιώνεται ακόμη μία φορά πως τα τεχνικά νευρωνικά δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία λήψης αποφάσεων, αρκεί να χρησιμοποιούνται σωστά.

Λέξεις Κλειδιά: Πρόβλεψη, Ναυλαγορά, Οικονομική κρίση, Τεχνητά νευρωνικά δίκτυα.

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία δεν θα είχε περατωθεί χωρίς την ουσιαστική βοήθεια του επιβλέποντα καθηγητή κ. Δημήτριου Λυρίδη, του διδάκτορα Παναγιώτη Ζαχαριουδάκη και του υποψήφιου διδάκτορα Νικόλαου Μανού. Όλοι τους ήταν συνεργάσιμοι, άμεσοι και πρόθυμοι να με καθοδηγήσουν. Η εκπόνηση της εργασίας αυτής ήταν μία υπέροχη εμπειρία για εμένα. Για τους λόγους αυτούς τους απευθύνω τις ευχαριστίες μου.

Πέρα όμως από τους ανθρώπους του εκπαιδευτικού χώρου θα ήθελα να ευχαριστήσω εγκάρδια όλη μου την οικογένεια, που με στηρίζει στην πορεία μου όλα αυτά τα χρόνια με υπομονή και αγάπη. Πιο συγκεκριμένα τους γονείς μου Νίκο και Δήμητρα, τον παππού μου Σταμάτη, τη γιαγιά μου Χαρίκλεια και τον αδελφό μου Σταμάτη. Τέλος απευθύνω ένα μεγάλο ευχαριστώ στη Στέλλα για την ηθική της υποστήριξη όλο αυτόν τον καιρό.

Περιεχόμενα Κεφαλαίων

Σύνοψη.....	3
Ευχαριστίες.....	4
Περιεχόμενα Κεφαλαίων.....	5
Κατάλογος πινάκων.....	9
Κατάλογος σχημάτων.....	12

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Σκοπός συγγραφής της εργασίας.....	14
1.2 Προγενέστερη έρευνα.....	15
1.3 Αντικειμενικοί στόχοι της έρευνας.....	15
1.4 Δομή της Εργασίας.....	16
1.5 Αναμενόμενα αποτελέσματα.....	16

Κεφάλαιο 2: Ναυλαγορά

2.1 Η Ναυλαγορά Ξηρού Φορτίου.....	17
2.2 Οι Ναυλαγορές Charter και Liner.....	18
2.2.1 Η ναυλαγορά Charter.....	19
2.2.2 Η ναυλαγορά Liner.....	19
2.3 Βασικές έννοιες της Ναυλαγοράς.....	19
2.4 Μηχανισμός λειτουργίας της τιμής του στιγμιαίου ναύλου.....	26
2.4.1 Καμπύλη Προσφοράς.....	26
2.4.2 Καμπύλη Ζήτησης.....	26
2.4.3 Οριακό πλοίο.....	27

2.4.4	Παράγοντες διαμόρφωσης ναύλων.....	28
2.5	Η διαδικασία της ναύλωσης.....	31
2.5.1	Το Ναυλοσύμφωνο.....	31
2.5.2	Η Φορτωτική.....	32
2.5.3	Καθήκοντα Πλοιοκτήτη και Ναυλωτή	32
2.6	Ο Ναυτιλιακός Κύκλος.....	33
2.7	Οικονομική κρίση.....	34
2.7.1	Οικονομική Κρίση του 2008.....	35
2.7.2	Οικονομική Κρίση 2008 και Ναυλαγορά.....	37
2.7.3	Αγορά μεταφοράς χύδην ξηρού φορτίου και Οικονομική κρίση 2008.....	37

Κεφάλαιο 3: Νευρωνικά Δίκτυα

3.1	Ιστορική Αναδρομή.....	39
3.2	Σχέση Βιολογικών - Τεχνητών Νευρώνων.....	40
3.3	Δομή Τεχνητού Νευρώνα – Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου.....	42
3.4	Κατηγορίες Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων.....	46
3.5	Εκπαίδευση Τεχνικών Νευρωνικών Δικτύων.....	49
3.5.1	Ορισμός εκπαίδευσης-μάθησης.....	49
3.5.2	Σφάλμα.....	49
3.5.3	Αλγόριθμοι εκπαίδευσης.....	50
3.5.4	Τερματισμός εκπαίδευσης.....	53
3.6	Το μοντέλο Perceptron.....	53
3.7	Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα Τεχνικών Νευρωνικών Δικτύων.....	55
3.8	Εφαρμογές Τεχνικών Νευρωνικών Δικτύων.....	57
3.9	Η πρόβλεψη χρονοσειρών.....	59

Κεφάλαιο 4: Επεξεργασία Δεδομένων και Αποτελέσματα

4.1	Μεθοδολογία.....	60
4.2	Συλλογή δεδομένων.....	61
4.3	Επεξεργασία δεδομένων.....	68
4.4	Δίκτυα τύπου Modular Neural Networks.....	77
4.4.1	Περιγραφή των Modular Neural Networks.....	77
4.4.2	Αποτελέσματα και αξιολόγηση αποτελεσμάτων νευρωνικών τύπου Modular Neural Networks.....	79
4.5	Δίκτυα τύπου Generalized Feedforward, Principal component analysis networks (PCAs), Radial basis function (RBF), Self-organizing feature maps (SOFMs).....	83
4.5.1	Περιγραφή δικτύων τύπου Generalized Feedforward, Principal component analysis networks (PCAs), Radial basis function (RBF), Self-organizing feature maps (SOFMs).....	83
4.5.2	Αποτελέσματα και αξιολόγηση αποτελεσμάτων νευρωνικών δικτύων τύπου Generalized Feedforward.....	84
4.5.3	Αποτελέσματα και αξιολόγηση αποτελεσμάτων νευρωνικών δικτύων τύπου Principal Component Analysis(PCA).....	85
4.5.4	Αποτελέσματα και αξιολόγηση αποτελεσμάτων νευρωνικών δικτύων τύπου Radial basis function (RBF).....	87
4.5.5	Αποτελέσματα και αξιολόγηση αποτελεσμάτων νευρωνικών δικτύων τύπου Self-Organising Feature Map Network.....	88
4.5.6	Σχολιασμός Αποτελεσμάτων.....	89
4.6	Αξιολόγηση Μεθόδων.....	90
4.6.1	Σχολιασμός Αποτελεσμάτων.....	111

Κεφάλαιο 5: Περίληψη & Συμπεράσματα και Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα

5.1 Περίληψη και Συμπεράσματα.....116

5.2 Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα.....123

Βιβλιογραφία.....124

Παράρτημα Α: Διαγράμματα συσχετίσεων με χρονική καθυστέρηση (cross correlation).....126

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Συσχέτιση δεδομένων με την προς πρόβλεψη μεταβλητή.

Πίνακας 2 : Συσχέτιση μεταβλητών μεταξύ τους.

Πίνακας 3: Χρονικές καθυστερήσεις μεταβλητών για μέγιστη συσχέτιση με την χρονοσειρά προς πρόβλεψη.

Πίνακας 4: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών τύπου Modular Neural Networks για χρονικό ορίζοντα 2 μηνών.

Πίνακας 5: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών τύπου Modular Neural Networks για χρονικό ορίζοντα 4 μηνών.

Πίνακας 6: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών τύπου Modular Neural Networks για χρονικό ορίζοντα 6 μηνών.

Πίνακας 7: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών τύπου Modular Neural Networks για χρονικό ορίζοντα 8 μηνών.

Πίνακας 8: Πίνακας πρόβλεψης του δείκτη Baltic Dry Index 2,4,6 και 8 μήνες μετά τον Ιούνιο του 2008 των νευρωνικών τύπου Modular Neural Networks με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα διασταύρωσης και εκπαίδευσης.

Πίνακας 9: Αξιολόγηση πρόβλεψης νευρωνικών τύπου Modular Neural Networks με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα διασταύρωσης (cross validation) με βάση την τάση (άνοδος ή κάθοδος) του Baltic Dry Index.

Πίνακας 10: Αξιολόγηση πρόβλεψης νευρωνικών τύπου Modular Neural Networks με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα εκπαίδευσης (training) με βάση την τάση (άνοδος ή κάθοδος) του Baltic Dry Index.

Πίνακας 11: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων τύπου Generalized Feedforward 2,4,6 και 8 μήνες μετά τον Ιούνιο του 2008.

Πίνακας 12: Αξιολόγηση προβλεπόμενης τάσης του δείκτη BDI από τα νευρωνικά δίκτυα τύπου Generalized Feedforward.

Πίνακας 13: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων τύπου Principal Component Analysis(PCA) 2,4,6 και 8 μήνες μετά τον Ιούνιο του 2008.

Πίνακας 14: Αξιολόγηση πρόβλεψης νευρωνικών τύπου Principal Component Analysis(PCA) με βάση την τάση (άνοδος η κάθοδος) της χρονοσειράς Baltic Dry Index.

Πίνακας 15: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων τύπου Radial basis function (RBF) 2,4,6 και 8 μήνες μετά τον Ιούνιο του 2008

Πίνακας 16: Αξιολόγηση πρόβλεψης νευρωνικών τύπου Radial basis function (RBF) με βάση την τάση (άνοδος η κάθοδος) της χρονοσειράς Baltic Dry Index.

Πίνακας 17: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων τύπου Self-Organising Feature Map Network 2,4,6 και 8 μήνες μετά τον Ιούνιο του 2008.

Πίνακας 18: Αξιολόγηση πρόβλεψης νευρωνικών τύπου Self-Organising Feature Map Network με βάση την τάση (άνοδος η κάθοδος) της χρονοσειράς Baltic Dry Index.

Πίνακας 19: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων πρώτης μεθόδου για την πρόβλεψη 2 μηνών.

Πίνακας 20: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων πρώτης μεθόδου για την πρόβλεψη 4 μηνών.

Πίνακας 21: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων πρώτης μεθόδου για την πρόβλεψη 6 μηνών.

Πίνακας 22: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων πρώτης μεθόδου για την πρόβλεψη 8 μηνών.

Πίνακας 23: Προβλέψεις 2,4,6 και 8 μηνών 1^{ης} μεθόδου για νευρωνικά με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα διασταύρωσης και εκπαίδευσης.

Πίνακας 24: Αξιολόγηση 1^{ης} μεθόδου με βάση την τάση (άνοδος ή κάθοδος).

Πίνακας 25: Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν τελικά από τα νευρωνικά της 1^{ης} μεθόδου για την πρόβλεψη των 2 μηνών.

Πίνακας 26: Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν τελικά από τα νευρωνικά της 1^{ης} μεθόδου για την πρόβλεψη των 4 μηνών.

Πίνακας 27: Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν τελικά από τα νευρωνικά της 1^{ης} μεθόδου για την πρόβλεψη των 6 μηνών.

Πίνακας 28: Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν τελικά από τα νευρωνικά της 1^{ης} μεθόδου για την πρόβλεψη των 8 μηνών.

Πίνακας 29: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων δεύτερης μεθόδου για την πρόβλεψη 2 μηνών.

Πίνακας 30: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων δεύτερης μεθόδου για την πρόβλεψη 4 μηνών.

Πίνακας 31: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων δεύτερης μεθόδου για την πρόβλεψη 6 μηνών.

Πίνακας 32: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων δεύτερης μεθόδου για την πρόβλεψη 8 μηνών.

Πίνακας 33: Προβλέψεις 2,4,6 και 8 μηνών 2^{ης} μεθόδου για νευρωνικά με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα διασταύρωσης και εκπαίδευσης.

Πίνακας 34: Αξιολόγηση 2^{ης} μεθόδου με βάση την τάση (άνοδος ή κάθοδος) για τα νευρωνικά με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα διασταύρωσης (cross validation).

Πίνακας 35: Αξιολόγηση 2^{ης} μεθόδου με βάση την τάση (άνοδος ή κάθοδος) για τα νευρωνικά με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα εκπαίδευσης (training).

Πίνακας 36: Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν τελικά από τα νευρωνικά της 2^{ης} μεθόδου για την πρόβλεψη των 2 μηνών.

Πίνακας 37: Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν τελικά από τα νευρωνικά της 2^{ης} μεθόδου για την πρόβλεψη των 4 μηνών.

Πίνακας 38: Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν τελικά από τα νευρωνικά της 2^{ης} μεθόδου για την πρόβλεψη των 6 μηνών.

Πίνακας 39: Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν τελικά από τα νευρωνικά της 2^{ης} μεθόδου για την πρόβλεψη των 8 μηνών.

Πίνακας 40: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων τρίτης μεθόδου για την πρόβλεψη 2 μηνών.

Πίνακας 41: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων τρίτης μεθόδου για την πρόβλεψη 4 μηνών.

Πίνακας 42: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων τρίτης μεθόδου για την πρόβλεψη 6 μηνών.

Πίνακας 43: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων τρίτης μεθόδου για την πρόβλεψη 8 μηνών.

Πίνακας 44: Προβλέψεις 2,4,6 και 8 μηνών 3^{ης} μεθόδου για νευρωνικά με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα διασταύρωσης και εκπαίδευσης.

Πίνακας 45: Αξιολόγηση 3^{ης} μεθόδου με βάση την τάση (άνοδος ή κάθοδος).

Πίνακας 46: Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν τελικά από τα νευρωνικά της 3^{ης} μεθόδου για την πρόβλεψη των 2 μηνών.

Πίνακας 47: Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν τελικά από τα νευρωνικά της 3^{ης} μεθόδου για την πρόβλεψη των 4 μηνών.

Πίνακας 48: Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν τελικά από τα νευρωνικά της 3^{ης} μεθόδου για την πρόβλεψη των 6 μηνών.

Πίνακας 49: Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν τελικά από τα νευρωνικά της 3^{ης} μεθόδου για την πρόβλεψη των 8 μηνών.

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1: Το ενιαίο μοντέλο της ναυτιλιακής αγοράς. Πηγή: Stopford M. (1997), Maritime Economics, Routledge, London.

Σχήμα 2: Καμπύλη Προσφοράς. Πηγή: Ψαραύτης Χαρίλαος (2005), Σημειώσεις μαθήματος: Οικονομική Θαλασσιών Μεταφορών 1, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Μελέτης Πλοίου και Θαλασσιών Μεταφορών.

Σχήμα 3: Οριακό πλοίο. Πηγή: Ψαραύτης Χαρίλαος (2005), Σημειώσεις μαθήματος: Οικονομική Θαλασσιών Μεταφορών 1, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Μελέτης Πλοίου και Θαλασσιών Μεταφορών.

Σχήμα 4: Μεταβολή της Προσφοράς. Πηγή: Ψαραύτης Χαρίλαος (2005), Σημειώσεις μαθήματος: Οικονομική Θαλασσιών Μεταφορών 1, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Μελέτης Πλοίου και Θαλασσιών Μεταφορών.

Σχήμα 5: Μεταβολή της Ζήτησης. Πηγή: Ψαραύτης Χαρίλαος (2005), Σημειώσεις μαθήματος: Οικονομική Θαλασσιών Μεταφορών 1, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Μελέτης Πλοίου και Θαλασσιών Μεταφορών.

Σχήμα 6: Η διαδικασία της ναύλωσης. Πηγή: Γκιζιάκης Κωνσταντίνος, Καρλής Αθανάσιος (2007), Σημειώσεις μαθήματος: Εισαγωγή στις Ναυλώσεις, Πανεπιστήμιο Πειραιά, Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών.

Σχήμα 7: Τα στοιχεία του Νευρώνα

Σχήμα 8: Δομή Τεχνητού Νευρώνα

Σχήμα 9: Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο

Σχήμα 10: Παράδειγμα ενός feed forward network

Σχήμα 11: Παράδειγμα ενός feed back νευρωνικού. Πηγή: Christos Stergiou and Dimitrios Siganos, Neural Networks, paper.

Σχήμα 12: Στοιχεία εκπαίδευσης

Σχήμα 13: Στοιχεία εκπαίδευσης

Σχήμα 14: Αρχιτεκτονική νευρωνικών τύπου Modular Neural Network που θα χρησιμοποιηθούν

Σχήμα 15: Πρόβλεψη νευρωνικών τύπου Modular Neural Networks

Σχήμα 16: Πρόβλεψη νευρωνικών τύπου Generalized Feedforward

Σχήμα 17: Πρόβλεψη νευρωνικών τύπου Principal Component Analysis(PCA)

Σχήμα 18: Πρόβλεψη νευρωνικών τύπου Radial basis function (RBF)

Σχήμα 19: Πρόβλεψη νευρωνικών τύπου Self-Organising Feature Map Network

Σχήμα 20: Πρόβλεψη 1^{ης} μεθόδου

Σχήμα 21: Πρόβλεψη 2^{ης} μεθόδου

Σχήμα 22: Πρόβλεψη 3^{ης} μεθόδου

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

1.1 Σκοπός

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μοντελοποίηση της ναυτιλιακής αγοράς λαμβάνοντας υπ' όψιν, πέρα από ναυτιλιακές, και μακροοικονομικές μεταβλητές, ούτως ώστε να μπορεί να περιγραφεί επιτυχώς ακόμη και σε περιπτώσεις έντονων διακυμάνσεων, όπως παραδείγματος χάρη στην χρονική περίοδο Ιούνιος 2008 έως Δεκέμβριος 2008. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων θα εμπλουτίσει το μέχρι τώρα γνωστικό αντικείμενο και θα εμβαθύνει σε σημεία που ποτέ άλλοτε προγενέστερες έρευνες δεν είχαν.

Τα νευρωνικά δίκτυα αν και δεν έχουν πλήρως αναπτυχθεί, βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο και χρησιμοποιούνται ευρέως για την πρόβλεψη οικονομικών μεγεθών της αγοράς.

Πλήθος οικονομολόγων και ερευνητών έχουν ασχοληθεί με το αντικείμενο της ανάπτυξης συστημάτων λήψης αποφάσεων για οικονομικά θέματα. Βέβαια, η στατιστική πρόβλεψη είναι μια πολύ μικρή σε έκταση εφαρμογή για αυτό και η έρευνα σκοπεύει να αναλύσει τους παράγοντες εκείνους που επηρεάζουν τη σωστή πρόβλεψη κάνοντας διάφορες τροποποιήσεις στη βάση δεδομένων που θα χρησιμοποιηθεί και στη μεθοδολογία.

Η πρόβλεψη οικονομικών μεγεθών στη ναυλαγορά ξηρού φορτίου είναι μια έρευνα μεγάλης σημασίας ιδιαίτερα τις εποχές που ζούμε σήμερα λόγω της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης και συνεπώς της κρίσης στο χώρο της ναυτιλίας. Η εργασία αυτή θα προξενήσει μεγάλο ενδιαφέρον στον αναγνώστη της διότι η επιστήμη των νευρωνικών δικτύων είναι μια επιστήμη που συνεχώς εξελίσσεται και δίνει το έναυσμα για περαιτέρω έρευνα.

1.2 Προγενέστερη έρευνα

Πολλοί ερευνητές έχουν ασχοληθεί με τη χρήση των τεχνικών νευρωνικών δικτύων ως εργαλεία για την πρόβλεψη οικονομικών μεγεθών. Διάφορα μοντέλα έχουν αναπτυχθεί, που αφορούν τη δομή και την εκπαίδευση των νευρωνικών. Η χρήση τους βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο. Το κατάλληλο δίκτυο για πρόβλεψη σε κάθε περίπτωση δίνεται από συνεχείς δοκιμές. Παρακάτω γίνεται αναφορά σε προγενέστερες έρευνες που έχουν γίνει:

- Ο Lippmann προτείνει ένα τεχνικό νευρωνικό δίκτυο τριών στρωμάτων με τόσους νευρώνες στο πρώτο στρώμα όσος είναι και ο αριθμός των δεδομένων εισόδου, στο δεύτερο στρώμα τους διπλάσιους από ότι στο πρώτο και ακόμα έναν και στο τρίτο στρώμα εξόδου ένα νευρώνα.[1]
- Οι Albert Willem Veenstra και Phillip Hans Franses ανέπτυξαν ένα διανυσματικό μοντέλο για ένα δείγμα τιμών ναύλωσης πλοίων ξηρού φορτίου. Αν και οι χρονοσειρές των ναύλων ήταν αρκετά ασταθείς παρατηρήθηκε μία σταθερή μακροπρόθεσμη συμπεριφορά μεταξύ τους. Η αξιολόγηση των προβλέψεων που προκύπτουν από το μοντέλο υποδεικνύει ότι οι προδιαγραφές για αυτές τις μακροχρόνιες σχέσεις δεν βελτιώνει την ακρίβεια των βραχυπρόθεσμων ή μακροπρόθεσμων προβλέψεων. Τα αποτελέσματα αυτά ερμηνεύονται ως επιβεβαίωση της υπόθεσης της δραστήριας αγοράς.[2]
- Ο Voudris, Athanasios V. πραγματοποίησε μελέτη για την πρόβλεψη ναύλων ταξιδιού πλοίου τύπου Capesize 145.000 τόνων ωφέλιμου φορτίου μεταφοράς μεταλλεύματος για τη διαδρομή Tubarao - Rotterdam με τη χρήση τεχνικών νευρωνικών δικτύων. Τα νευρωνικά αυτά χρησιμοποίησαν γενετικούς αλγόριθμους και τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν σχετικά ακριβή μέχρι και την πρόβλεψη 18 μήνες μπροστά. Εξάγεται το συμπέρασμα ότι τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα προσφέρουν μια ικανοποιητική προσέγγιση για την πρόβλεψη της αγοράς χύδην φορτίου όταν συνδυάζεται με την αποδοτική μοντελοποίηση της αγοράς.[3]
- Ο Lai Tingjia ανέπτυξε μοντέλο για την πρόβλεψη των κυκλικών κινήσεων της μηνιαίας τιμής μεταχειρισμένων πλοίων ξηρού χύδην φορτίου τύπου Capesize, Panamax και Handymax κατά την περίοδο Ιανουάριος 1996 έως Δεκέμβριος 2007 με τη χρήση των μεθόδων X11 και Phase average Trend.[4]

1.3 Αντικειμενικοί στόχοι

Αντικειμενικοί στόχοι της παρούσας διπλωματικής είναι η εξαγωγή συμπερασμάτων για τη χρήση χρηματοοικονομικών μεταβλητών στην πρόβλεψη του δείκτη Baltic Dry

Index και η αξιολόγηση νέων μεθόδων, που έχουν να κάνουν με την επεξεργασία των δεδομένων πριν την χρήση τους από τα νευρωνικά, διαφορετικών από τις κλασικές μεθόδους που ακολουθούνται σε παλαιότερες εργασίες. Επίσης θα γίνει γνωστό εάν τα τεχνικά νευρωνικά δίκτυα χρησιμοποιώντας τις προαναφερόμενες μεταβλητές και μεθόδους θα ήταν σε θέση να προβλέψουν την έντονη διακύμανση του Baltic Dry Index την περίοδο της οικονομικής κρίσης του 2008 όταν αυτή χτύπησε την παγκόσμια οικονομία.

1.4 Δομή

Στο παρόν εισαγωγικό πρώτο κεφάλαιο ο αναγνώστης κατατοπίζεται για το τι διαπραγματεύεται η παρούσα διπλωματική. Γίνεται αναφορά στο σκοπό και τους στόχους της εργασίας, στη δομή της και στα αναμενόμενα αποτελέσματα.

- I. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται βασικές έννοιες της ναυλαγοράς. Επίσης περιγράφεται η λειτουργία της ναυλαγοράς. Επειδή η διπλωματική εστιάζει χρονικά στην κρίση του 2008 γίνεται αναφορά και σε αυτή, αλλά και το πώς επηρεάστηκε η αγορά των πλοίων χύδην. Μέσα από αυτή την ανάλυση παρουσιάζεται η λογική για την τελική επιλογή των μεταβλητών προς χρήση από τα νευρωνικά δίκτυα.
- II. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο των νευρωνικών δικτύων σε τέτοιο βαθμό που να είναι κατανοητά σε οποιονδήποτε αναγνώστη δεν έχει ξαναέρθει σε επαφή με αυτά.
- III. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση κάθε μεταβλητής που επιλέχθηκε και η επεξεργασία τους. Παρουσιάζεται η κάθε μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε και τα αποτελέσματά της.
- IV. Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη χρήση και τα αποτελέσματα των νευρωνικών. Γίνονται επίσης προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

1.5 Αναμενόμενα αποτελέσματα

Μια άποψη που υποστηρίζουν πολλοί μελετητές είναι, πως τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα έχουν την ικανότητα να προσαρμόζονται πολύ καλά σε ιδιομορφίες και ασυνήθιστα φαινόμενα χρονοσειρών. Με βάση αυτή την άποψη, αλλά και τα αποτελέσματα άλλων ερευνών τα αποτελέσματα αναμένονται αξιολογικά. Τα τεχνικά νευρωνικά δίκτυα δηλαδή θα καταφέρουν να προβλέψουν πτώση του δείκτη Baltic Dry Index την περίοδο της κρίσης. Επίσης τα μακροοικονομικά στοιχεία αναμένεται να βοηθήσουν αρκετά στην πρόβλεψη της κρίσης, καθώς εμπεριέχουν την ‘πληροφορία’ για τη γενικότερη άστατη εικόνα της αγοράς πριν επέλθει η κρίση.

Κεφάλαιο 2 Ναυλαγορά

2.1 Η Ναυλαγορά Ξηρού Φορτίου

Για την καλύτερη προσέγγιση της σημερινής κατάστασης της ναυλαγοράς, η μελέτη των ναύλων και των διακυμάνσεων τους καθίσταται απαραίτητη. Η έννοια της ναυλαγοράς μπορεί να ορισθεί ως το σύστημα με το οποίο καθορίζονται οι ναύλοι[5].

Η ανάλυση αυτού του συστήματος θα πρέπει να συμπεριλάβει τέσσερα βασικά χαρακτηριστικά: το χώρο που προσδιορίζει την αγορά, τους συμπεριλαμβανομένους που δρουν σε αυτήν, τον τρόπο λειτουργίας της και την εξήγηση του τρόπου με τον οποίο όλοι αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

Πιο συγκεκριμένα η ναυλαγορά είναι:

- Ο γεωγραφικός εκείνος χώρος μέσα στον οποίο γίνεται ο καθορισμός των ναύλων ή η πραγματοποίηση των μεταφορών.
- Το σύνολο φυσικών και νομικών προσώπων που συμπεριφέρονται και δρουν με διαφορετικούς τρόπους ο καθένας, εκφράζοντας διαφορετικά συμφέροντα, για τον καθορισμό των ναύλων.
- Το σύστημα από αλληλεξαρτώμενα πρόσωπα, παράγοντες και καταστάσεις που καθορίζουν τα ναύλα και τις θαλάσσιες μεταφορές μέσω οικονομικών μηχανισμών και διαδικασιών.

Η ανάλυση των μορφών ναυλαγοράς έχει να κάνει[6]: με τον τύπο των πλοίων, τον τύπο και τη μορφή του μεταφερόμενου φορτίου, το γεωγραφικό καταμερισμό και τη χρονική διάρκεια της ναύλωσης.

Μία κατηγορία φορτίων με την οποία θα ασχοληθούμε στην παρούσα διπλωματική είναι τα φορτία τύπου χύδην. Χύδην φορτίο ορίζεται “οποιοδήποτε φορτίο μεταφέρεται δια θαλάσσης σε μεγάλες παρτίδες, με σκοπό να μειωθεί το μεταφορικό κόστος ανά μονάδα (unit cost)”[5]. Η προσέγγιση αυτή μπορεί να θεωρηθεί οικονομική.

Η ελαχιστοποίηση του μεταφορικού κόστους με πλοία που ήταν ικανά για γρήγορη φορτοεκφόρτωση, μηδενικού κόστους συσκευασία και όλα τα άλλα πλεονεκτήματα που

χαρακτηρίζουν τη χύδην μεταφορά, είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση σε στόλο, μέγεθος πλοίων αλλά και στην αύξηση του ελεύθερου ανταγωνισμού. Η ναυλαγορά των πλοίων χύδην φορτίου κατηγοριοποιείται σε σχέση με το μέγεθος των πλοίων, το είδος του εμπορεύματος που μεταφέρουν και τις διαδρομές που αυτές πραγματοποιούν.

Τα χύδην φορτία μπορούν να ταξινομηθούν με βάση τις παρακάτω πέντε μονάδες[5]:

- Χύδην υγρά φορτία(liquid bulk cargoes)
- Ομογενή χύδην ξηρά φορτία(homogenous dry bulk cargoes)
- Φορτία-μονάδες(unit load cargoes)
- Τροχοφόρα φορτία(wheeled cargoes)
- Κατεψυγμένα φορτία(refrigerated cargoes)

Μια υποκατηγορία (με βάση το είδος των πλοίων) είναι η ναυλαγορά των φορτηγών χύδην ξηρού φορτίου που βρίσκονται στη Charter αγορά. Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα ασχοληθούμε με αυτά ακριβώς τα πλοία και πιο συγκεκριμένα με το δείκτη Baltic Dry Index.

Τα πλοία που συναντάμε σε αυτή την κατηγορία είναι[7]:

- Μικρά πλοία 3000-12000 tons dwt με δικό τους εξοπλισμό φορτοεκφόρτωσης, που δραστηριοποιούνται παγκοσμίως.
- Handysize:18000-35000 tons dwt με δικό τους εξοπλισμό φορτοεκφόρτωσης.
- Handymax:35000-50000 tons dwt με δικό τους εξοπλισμό φορτοεκφόρτωσης.
- Ultra Handymax:50000-60000.
- Panamax:50000-80000 tons dwt με μέγεθος κατάλληλο για δίοδο από το κανάλι του Παναμά, συνήθως χωρίς δικό τους εξοπλισμό φορτοεκφόρτωσης και μεταφέρουν σιτηρά, άνθρακα και σιδηρομεταλλεύματα.
- Capesize:80000-120000.
- Capebulk:120000-175000.
- Large Cape Bulk:175000-200000.
- Very Large Ore Bulk:200000 και άνω.

2.2 Οι ναυλαγορές Charter και Liner

Οι θαλάσσιες μεταφορές από οικονομική σκοπιά χωρίζονται σε δύο ναυλαγορές, την Charter και την Liner [8].

2.2.1 Η ναυλαγορά Charter

Στην αγορά **Charter**, με την οποία ασχολείται η παρούσα εργασία, ναυλώνεται ολόκληρο το πλοίο, με το πλήρωμά του ή χωρίς, για ένα ταξίδι ή για κάποιο χρονικό διάστημα που μπορεί να είναι από λίγες ημέρες μέχρι ακόμα και δεκαετίες. Οι όροι μεταξύ των εμπλεκόμενων καθορίζονται με συμβόλαια ναύλωσης. Οι τιμές των ναύλων διαμορφώνονται από τους υγιείς νόμους του τέλειου ανταγωνισμού όπου η σχέση προσφοράς και ζήτησης αυξάνει, μειώνει ή διατηρεί σταθερές τις τιμές τους. Ο τύπος των πλοίων που συναντάμε στην charter αγορά είναι εξειδικευμένα, όπως Tanker, Bulk carriers, Chemical Tankers και OBO. Τα μεταφερόμενα εμπορεύματα έχουν χαμηλή ειδική αξία και δίνεται περισσότερη έμφαση στον περιορισμό των λειτουργικών εξόδων του πλοίου. Συνεπώς τα πλοία που δραστηριοποιούνται σε αυτή την αγορά κινούνται με ταχύτητες της τάξεως των 15 κόμβων.

2.2.2 Η ναυλαγορά Liner

Στην αγορά **Liner** αναλαμβάνονται μεταφορές προϊόντων για συγκεκριμένα δρομολόγια. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στους παρέχοντες υπηρεσίες να έχουν οργανωθεί σε κοινοπραξίες ελέγχοντας και διαμορφώνοντας τα ναύλα για αυτές τις διαδρομές και τη δύναμη να «απωθούν» πιθανούς ανταγωνιστές. Ο στόλος που δραστηριοποιείται στην αγορά liners απαρτίζεται από πλοία γενικού φορτίου, Container ships, εξειδικευμένα Ro-Ro και επιβατηγά. Οι ταχύτητες με τις οποίες κινούνται κυμαίνονται στους 20 κόμβους. Τα μεταφερόμενα εμπορεύματα είναι υψηλής ειδικής αξίας και σπάνια ομοιογενή. Τα συμβόλαια αναφέρονται στη μεταφορά συγκεκριμένου εμπορεύματος σε συγκεκριμένο χρόνο από το ένα μέρος στο άλλο. Βασικό μέλημα είναι η ασφάλεια του φορτίου έναντι ζημιών και ο χρόνος παράδοσης.

2.3 Βασικές έννοιες της Ναυλαγοράς

- **Προσφορά (Supply)**

Όταν αναφερόμαστε στην προσφορά εννοούμε κάποιο «μέγεθος» που περιγράφει προσφερόμενα αγαθά ή υπηρεσίες. Στο χώρο των θαλασσιών μεταφορών η προσφορά αντιστοιχεί στη δυναμικότητα του στόλου για μεταφορά φορτίων[6].

Η Προσφορά είναι πιο δυσμετάβλητη και δυσπροσάρμοστη στις μεταβολές της ζήτησης. Ο εμπορικός στόλος των πλοίων αντιπροσωπεύει τη σταθερή θαλάσσια μεταφορική ικανότητα. Η προσφορά μπορεί να ανταποκριθεί στην ζήτηση με νέες κατασκευές πλοίων.

Η προσφορά πλοίων ελέγχεται και επηρεάζεται από τις εξής ομάδες:

- τους πλοιοκτήτες,
- τους φορτωτές/ναυλωτές,
- τις ναυτιλιακές τράπεζες και
- διάφορες αρχές θέσπισης κανονισμών.

Οι πλοιοκτήτες παίρνουν καθοριστικές αποφάσεις όσον αφορά τις παραγγελίες για νέα πλοία και για διάλυση παλαιότερων πλοίων, ενώ οι ναυλωτές /φορτωτές επηρεάζουν τις αποφάσεις των πλοιοκτητών.

Ως μονάδα μέτρησης συνήθως χρησιμοποιείται το άθροισμα του νεκρού βάρους (dwt) των πλοίων χωρίς να αποκλείεται η χρήση άλλων μονάδων όπως συνολική καθαρή χωρητικότητα, όγκος φορτίου κ.α. Η προσφορά είναι ένα ενδεικτικό μέγεθος του στόλου των πλοίων χύδην ξηρού φορτίου, όσον αφορά τη συγκεκριμένη εργασία.

Οι βασικές μεταβλητές για την προσφορά θαλάσσιων μεταφορών είναι οι εξής:

- Οι ομάδες λήψης αποφάσεων (decision makers)
- Η χωρητικότητα του παγκόσμιου στόλου εμπορικών πλοίων (world fleet capacity)
- Η παραγωγικότητα του παγκόσμιου εμπορικού στόλου (world fleet productivity)
- Οι παραδόσεις νεότευκτων πλοίων (shipbuilding deliveries)
- Οι διαλύσεις και απώλειες πλοίων (scrapping & losses)
- Οι προσδοκίες για την εξέλιξη των ναύλων (freight rates & expectations)

Η προσφορά κατά κανόνα θα προσαρμόζεται στη ζήτηση όταν οι πλοιοκτήτες κρίνουν επιτυχώς ποιά θα είναι η τιμή της ναύλωσης.

- **Ζήτηση (Demand)**

Η Ζήτηση μέσα από την δραστηριότητα διαφόρων βιομηχανιών, δημιουργεί τα αγαθά που απαιτούν θαλάσσια μεταφορά. Η Ζήτηση υπολογίζεται αφαιρώντας το νεκρό βάρος των πλοίων που δεν πραγματοποιούν μεταφορές από τη συνολική προσφορά. Έτσι προκύπτει ο όρος «πλεόνασμα», που αναλύεται παρακάτω[6].

Οι σημαντικές μεταβλητές ζήτησης θαλάσσιων μεταφορών είναι:

- Η παγκόσμια οικονομία (world economy)
- Οι διαδρομές θαλάσσιου εμπορίου των φορτίων (sea borne commodity trades)

- Η μέση διανυόμενη απόσταση θαλάσσιων διαδρομών(average haul)
- Εξωγενείς παράγοντες (exogenous factors)
- Το κόστος μεταφοράς (transport cost)

Οι εξωγενείς παράγοντες είναι κυρίως απρόβλεπτοι και τυχαίοι, όπως οι φυσικοί, δηλαδή οι φυσικές καταστροφές και καιρικές συνθήκες. Ακόμη, μπορεί να είναι πολιτικής, κοινωνικής και οικονομικής φύσεως επηρεάζοντας θετικά ή αρνητικά τη ζήτηση θαλάσσιων μεταφορών και προκαλώντας θετικές ή αρνητικές μεταβολές στις τιμές των ναύλων.

- **Πλεόνασμα (Surplus)**

Είναι το συνολικό νεκρό βάρος των πλοίων που ανήκουν σε μία από τις παρακάτω κατηγορίες:

- **Slow steaming:** πλοία που αναλαμβάνουν μεταφορές με χαμηλότερες ταχύτητες με σκοπό τη μείωση του λειτουργικού κόστους.
- **Παροπλισμένα (Laid up):** πλοία που δεν μπορούν να εισέλθουν στην αγορά, διότι τα έσοδα από τα ναύλα δεν καλύπτουν τα λειτουργικά έξοδα.
- **Αδρανή (Idle):** πλοία που για άλλους λόγους, όπως επισκευές, δεν πραγματοποιούν θαλάσσιες μεταφορές.

- **Νάυλος (Freight)-Μίσθωμα (hire)**

Οι τέσσερις βασικές κατηγορίες ναύλωσης είναι[9]:

- **Νάυλος μονού ταξιδιού (Single Voyage Rate, Voyage Charter):**Είναι μια βραχύχρονη μορφή ναύλωσης .Ο πλοιοκτήτης μεταφέρει για λογαριασμό του ναυλωτή συγκεκριμένη ποσότητα φορτίου σε συγκεκριμένα λιμάνια. Αυτός με τη σειρά του πρέπει να τον αποζημιώσει σύμφωνα με το μετρήσιμο ανά τόνο μεταφερόμενο φορτίο (US \$ / ton of cargo).Είναι ένα μέγεθος ευμετάβλητο που εκδηλώνει πολύ χαρακτηριστικά το φαινόμενο της οικονομίας κλίμακας. Με λεπτομερή συμβόλαια καθορίζονται οι υποχρεώσεις κάθε πλευράς.
- **Χρονονάυλωση (Time Charter):**Ο πλοιοκτήτης παραχωρεί στον ναυλωτή το πλοίο με το πλήρωμα του για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα που μπορεί να διαρκέσει από μερικές μέρες ή μήνες μέχρι και 5 χρόνια. Ο ναυλωτής αποφασίζει που θα κινηθεί το πλοίο και αναλαμβάνει τα έξοδα καυσίμου, λιμενικών τελών, φορτοεκφόρτωσης και άλλα. Η μονάδα μέτρησης για τη χρονονάυλωση αποτελεί το δολάριο Ηνωμένων Πολιτειών ανά ημέρα (US \$ / day). Ένας βασικός παράγοντας που επηρεάζει τη τιμή είναι το χρονικό

διάστημα (μήνες μέχρι χρόνια) για το οποίο ο ναυλωτής επιθυμεί να ναυλώσει το πλοίο.

- **Ναύλωση Γυμνού Πλοίου(Bareboat or Demise Charter):**Είναι μία μορφή μακροχρόνιας ναύλωσης, όπου ο πλοιοκτήτης παρέχει στον ναυλωτή το πλοίο “γυμνό” για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Ο ναυλωτής αναλαμβάνει αποκλειστικά σαν να ήταν ο πλοιοκτήτης όλο το πλοίο από την επάνδρωση μέχρι και την ασφάλιση του και πληρώνει τον πλοιοκτήτη σε τακτά χρονικά διαστήματα.
- **Ναύλωση Εργολαβικής Μεταφοράς(Contract of Affreightment):**Σε αυτή την περίπτωση έχουμε μια μακροχρόνια μορφή ναύλωσης όπου ο πλοιοκτήτης ικανοποιεί τις ανάγκες του ναυλωτή για τη μεταφορά των αγαθών μέσα σε ένα μεγάλο χρονικό διάστημα.

Ναύλος, αναφερόμενοι στη ναύλωση μονού ταξιδιού, είναι η αμοιβή από το ναυλωτή προς τον πλοιοκτήτη για την μεταφορά και παράδοση αγαθών στον τελικό τους προορισμό. Συνήθως ο ναύλος πληρώνεται σε USD ανά τόνο μεταφερόμενου φορτίου.

Όσον αφορά τη ναύλωση και το ναύλο ισχύουν τα παρακάτω[10]:

- Όταν έχει συμφωνηθεί ο ναύλος να πληρωθεί με την παράδοση των αγαθών δεν μπορεί να τον απαιτήσει ο πλοιοκτήτης μέχρι να παραδοθούν τα αγαθά.
- Ο πλοιοκτήτης έχει το δικαίωμα να πληρωθεί ολόκληρο το ναύλο ακόμη και αν τα αγαθά παραδοθούν με ζημιές.
- Όταν ο ναύλος υπολογίζεται στην φορτωθείσα ποσότητα ο πλοιοκτήτης δικαιούται όλο το ναύλο ακόμη και αν παραδώσει ελλιπές φορτίο.
- Ο ναύλος δεν πληρώνεται σε περίπτωση που όταν παραδοθούν τα αγαθά δεν είναι σε εμπορεύσιμη κατάσταση.
- Ο προπληρωμένος ναύλος δεν επιστρέφεται ακόμα και όταν το πλοίο και το φορτίο απολεσθούν ολοκληρωτικά.
- Ο κατ’ αποκοπή ναύλος πληρώνεται ολόκληρος ακόμη και αν δεν παραδοθεί όλο το φορτίο, αλλά ένα μέρος του.
- Ο ναύλος κατ’ αναλογία πληρώνεται μόνο όταν ο πλοιοκτήτης είναι ικανός και έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει το φορτίο στον προορισμό.
- Αν ο ιδιοκτήτης του μεταφερόμενου φορτίου απαιτήσει την παράδοση αυτού σε λιμάνι πριν τον προορισμό που έχει συμφωνηθεί ο ναύλος πληρώνεται κανονικά.

Στους τύπους ναύλωσης, όπως η χρονοναύλωση, η ναύλωση γυμνού πλοίου και η ναύλωση εργολαβικής μεταφοράς, όπου εμπεριέχεται το στοιχείο του χρόνου, η αμοιβή του πλοιοκτήτη για την εκμετάλλευση του πλοίου του από το ναυλωτή ονομάζεται μίσθωμα (hire). Το μίσθωμα συνήθως εκφράζεται σε δολάρια ανά ημέρα. Βέβαια, οι τρόποι αποπληρωμής ποικίλουν ανάλογα με τη συμφωνία των εμπλεκόμενων.

- **Δελτίο παραγγελιών (Order book)**

Είναι οι παραγγελίες που έχουν δεχθεί τα ναυπηγεία από πλοιοκτήτες για την κατασκευή καινούριων πλοίων. Το δελτίο παραγγελιών μπορεί να μας δώσει σαν πληροφορία τη δυναμική της αγοράς στο μέλλον.

- **Παραδόσεις πλοίων (future market)**

Είναι ο αριθμός των πλοίων εκείνων που πρόκειται να εισέλθουν στην αγορά της παγκόσμιας ναυτιλίας.

- **Κόστος καινούριου πλοίου (New building price)**

Είναι η τιμή με την οποία παραγγέλνουμε ένα πλοίο για κατασκευή σε κάποιο ναυπηγείο. Η τιμή αυτή είναι ενδεικτική, καθώς μπορεί να μεταβληθεί ανάλογα με το μέγεθος της παραγγελίας από τον πλοιοκτήτη ή ανάλογα με την καθυστέρηση κατασκευής κάποιου πλοίου από το ναυπηγείο. Όλοι οι σχετικοί όροι αναγράφονται σε συμβόλαιο που υπογράφουν πλοιοκτήτης και ναυπηγείο.

- **Κόστος μεταχειρισμένου πλοίου (Second-hand price)**

Το κόστος μεταχειρισμένου πλοίου είναι η ενδεικτική τιμή πώλησης ενός μεταχειρισμένου πλοίου που μπορεί να παραδοθεί σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα.

- **Διαλύσεις πλοίων (demolition)**

Είναι ο αριθμός των πλοίων εκείνων που έχουν φτάσει στο τέλος της ζωής τους και οδηγούνται σε γυάρδα διάλυσης.

- **Τιμή διάλυσης πλοίου (Demolition price, scrapping)**

Στο τέλος της ζωής του ένα πλοίο καταλήγει σε κάποια γιάρδα διάλυσης. Αρχικά ο πλοιοκτήτης προσπαθεί να εκμεταλλευτεί όσο το δυνατόν καλύτερα τη μηχανολογική εγκατάσταση του πλοίου και κάποια στοιχεία από τον εξοπλισμό . Το υπόλοιπο πλοίο έχει αξία ως πρώτη ύλη και κοστολογείται με βάση το βάρος της μεταλλικής του κατασκευής. Η τιμή αγοράς του πλοίου από τη γιάρδα ορίζεται ως τιμή διάλυσης του.

- **Πλοία τύπου OBO**

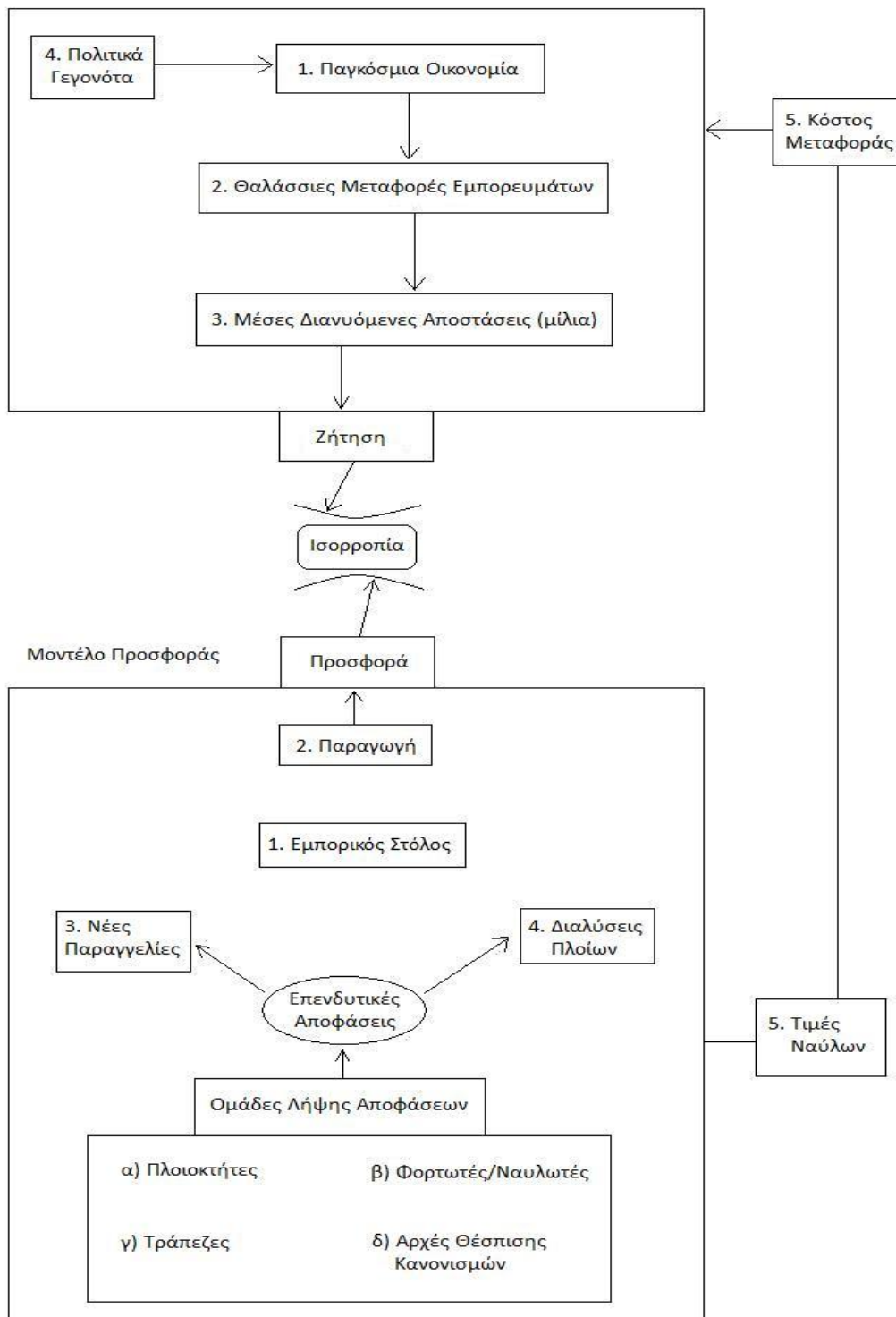
Τα πλοία αυτά είναι πλοία μικτού φορτίου που ανάλογα με την κατάσταση της αγοράς δραστηριοποιούνται είτε στην αγορά μεταφοράς υγρού φορτίου είτε στην αγορά μεταφοράς ξηρού φορτίου.

- **Απώλειες πλοίων (losses)**

Είναι τα πλοία εκείνα που εξαιτίας κάποιου ατυχήματος βγαίνουν εκτός υπηρεσίας.

Παρακάτω απεικονίζεται το ενιαίο μοντέλο της ναυτιλιακής αγοράς κατά τον Stopford(Σχήμα 1).

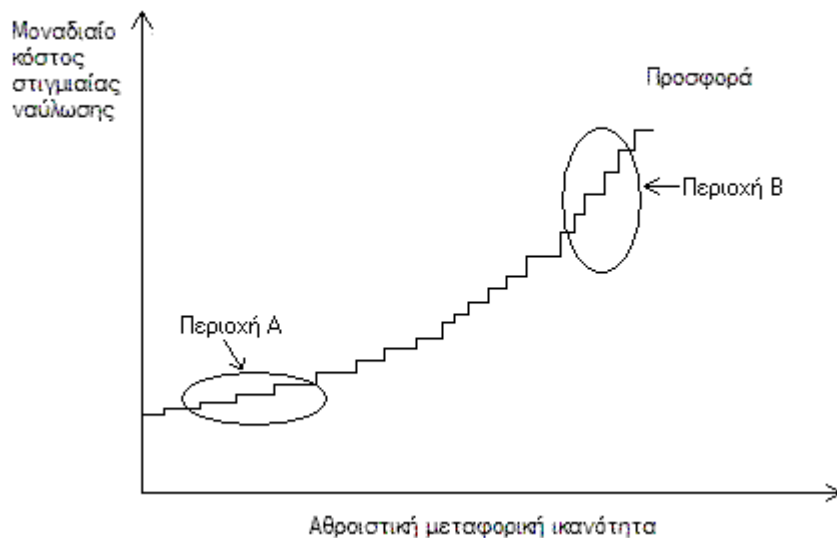
Μοντέλο Ζήτησης



Σχήμα 1: Το ενιαίο μοντέλο της ναυτιλιακής αγοράς. Πηγή: Stopford M. (1997), *Maritime Economics*, Routledge, London.

2.4 Μηχανισμός λειτουργίας της τιμής του στιγμιαίου ναύλου (Spot Rate)

2.4.1 Καμπύλη Προσφοράς



Σχήμα 2: Καμπύλη Προσφοράς. Πηγή: Ψαραύτης Χαρίλαος (2005), Σημειώσεις μαθήματος: Οικονομική Θαλασσίων Μεταφορών 1, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Μελέτης Πλοίου και Θαλασσίων Μεταφορών.

Στον κάθετο άξονα της καμπύλης προσφοράς (Σχήμα 2) υπάρχει το Μοναδιαίο Κόστος Στιγμιαίας Ναύλωσης [8]. Το ΜΚΣΝ είναι το ποσό που αν εισπράξει ο πλοιοκτήτης για τη στιγμιαία ναύλωση του πλοίου του θα καλύπτει ακριβώς τη διαφορά στα έξοδα μεταξύ λειτουργίας και παροπλισμού. Μετά τον υπολογισμό των ΜΚΣΝ των πλοίων που ανήκουν στη συγκεκριμένη διαδρομή για την οποία γίνεται μελέτη χαράζεται η παραπάνω καμπύλη προσφοράς.

Περιοχή Α: στην περιοχή αυτή παρατηρούμε χαμηλό ΜΚΣΝ και προφανώς αναφερόμαστε σε πλοία νεότευκτα, που με χαμηλές τιμές ναύλων έχουν τη δυνατότητα να εισέρχονται στην αγορά.

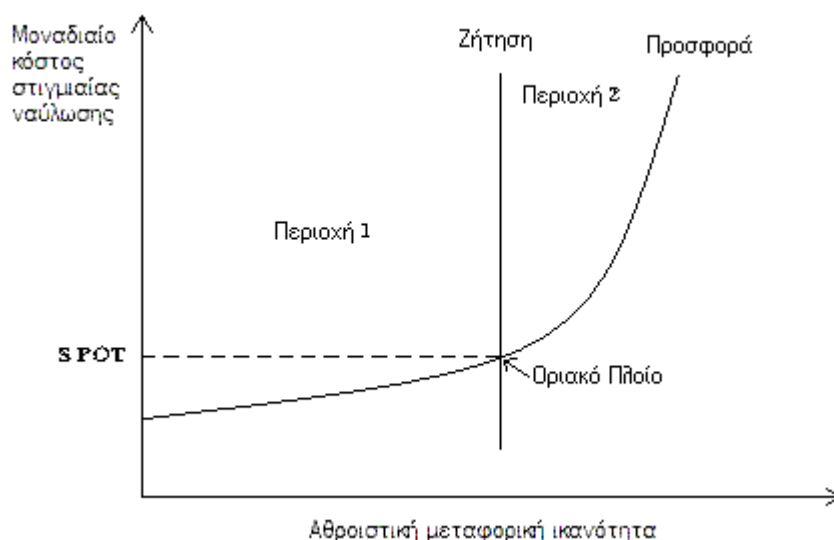
Περιοχή Β: το ΜΚΣΝ είναι υψηλό και τα πλοία που ανήκουν σε αυτή την περιοχή είναι μεγάλης ηλικίας. Προκειμένου να έχει όφελος ο πλοιοκτήτης να ναυλώσει τέτοιο πλοίο, η τιμή του ναύλου θα πρέπει να είναι αντίστοιχα υψηλή.

2.4.2 Καμπύλη Ζήτησης

Η καμπύλη της ζήτησης δεν είναι καθόλου εύκολο να κατασκευαστεί. Στο παρόν μοντέλο που αναλύουμε μπορούμε να θεωρήσουμε τη ζήτηση βραχυπρόθεσμα ανελαστική. Αυτό, γιατί οι ανάγκες για μεταφορά φορτίων στην παγκόσμια αγορά είναι συγκεκριμένες και εναλλακτικοί πιο οικονομικοί τρόποι μεταφοράς στις διαδρομές των πλοίων δεν υπάρχουν. Συνεπώς η ζήτηση δεν επηρεάζεται πολύ από την τιμή του ναύλου.

2.4.3 Οριακό πλοίο

Αν εξομαλύνουμε την καμπύλη προσφοράς και εισαγάγουμε στο ίδιο διάγραμμα και την καμπύλη ζήτησης προκύπτει:



Σχήμα 3: Οριακό πλοίο. Πηγή: Ψαράυτης Χαρίλαος (2005), Σημειώσεις μαθήματος: Οικονομική Θαλασσίων Μεταφορών 1, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Μελέτης Πλοίου και Θαλασσίων Μεταφορών.

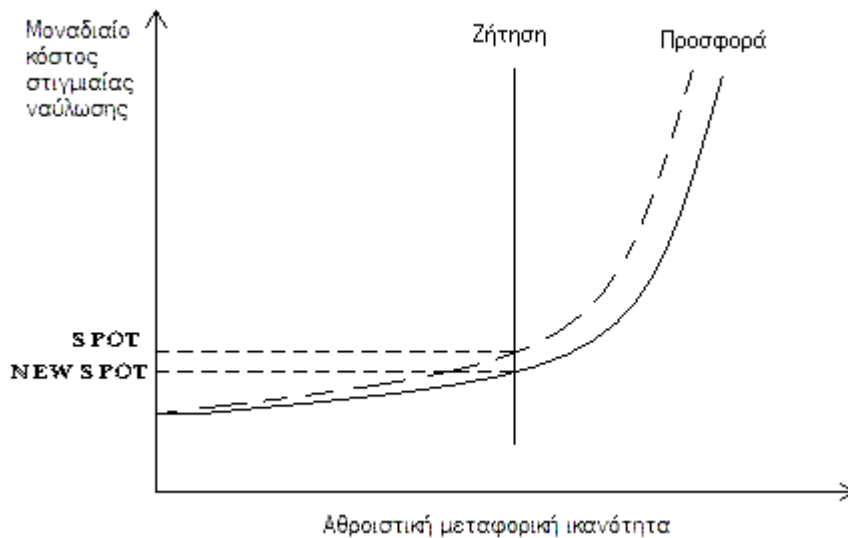
Το πλοίο για το οποίο ο ιδιοκτήτης του είναι αδιάφορος αν θα το έχει παροπλισμένο ή θα το λειτουργεί ονομάζεται οριακό πλοίο. Για το πλοίο αυτό το μοναδιαίο κόστος στιγμιαίας ναύλωσης ισούται με την τιμή των ναύλων στην αγορά[8].

Τα πλοία που βρίσκονται στην περιοχή 1 έχουν ΜΚΣΝ μικρότερο των απολαβών τους και για αυτό το λόγο απασχολούνται. Αντιθέτως τα πλοία στην περιοχή 2 δε συμφέρει να απασχολούνται, αφού τα έσοδά τους είναι μικρότερα από το ΜΚΣΝ.

2.4.4 Παράγοντες διαμόρφωσης ναύλων

Η τιμή του ναύλου υπόκειται σε συνεχείς διακυμάνσεις και εφόσον είναι μία βασική έννοια στη ναυτιλία αξίζει σε αυτό το σημείο να επισημάνουμε τους παράγοντες που διαταράσσουν την ισορροπία του [8].

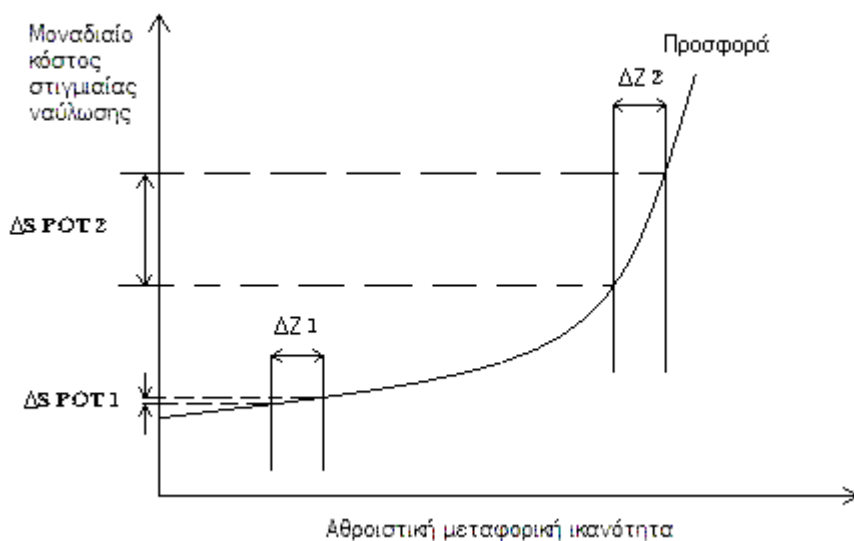
- **Μεταβολή της προσφοράς**



Σχήμα 4: Μεταβολή της Προσφοράς. Πηγή: Ψαράκης Χαρίλαος (2005), Σημειώσεις μαθήματος: Οικονομική Θαλασσίων Μεταφορών 1, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Μελέτης Πλοίου και Θαλασσίων Μεταφορών.

Τα νεότευκτα πλοία τοποθετούνται στο αριστερό άκρο της καμπύλης προσφοράς, με αποτέλεσμα τη μετατόπισή της προς τα δεξιά. Έτσι, για την ίδια ζήτηση με την παραγγελία νέων πλοίων η τιμή των ναύλων πέφτει.

- **Μεταβολή της ζήτησης**



Σχήμα 5: Μεταβολή της Ζήτησης. Πηγή: Ψαραύτης Χαρίλαος (2005), Σημειώσεις μαθήματος: Οικονομική Θαλασσίων Μεταφορών 1, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Μελέτης Πλοίου και Θαλασσίων Μεταφορών.

Όταν οι τιμές των ναύλων κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα, δηλαδή βρισκόμαστε στο αριστερό άκρο της καμπύλης προσφοράς, μία μεταβολή στη ζήτηση προκαλεί μικρή διαφοροποίηση του ναύλου. Αντιθέτως στην δεξιά πλευρά της καμπύλης, όπου η ζήτηση για μεταφορική ικανότητα είναι μεγάλη και τα ναύλα κυμαίνονται σε υψηλά επίπεδα, η ίδια μεταβολή στη ζήτηση προκαλεί τεράστια διαφοροποίηση στις τιμές των ναύλων. Σε περίπτωση μεταβολής της ζήτησης η αγορά θα αντιδράσει με εξισορροπιστικές κινήσεις του ισοζυγίου προσφοράς και ζήτησης. Οι αντιδράσεις αυτές μπορούν να διαχωριστούν σε τέσσερις βασικές κατηγορίες:

- **Βραχυπρόθεσμη αντίδραση:** Σε περίπτωση που η ζήτηση έχει την τάση να κινηθεί σε χαμηλά επίπεδα σαν άμεση αντίδραση θα παρατηρηθεί παροπλισμός πλοίων. Μειώνεται, δηλαδή, η προσφορά, ώστε να προσαρμοστεί στις λιγότερες απαιτήσεις της ζήτησης. Στο στάδιο αυτό οι τιμές των ναύλων πέφτουν.
- **Μακροπρόθεσμη αντίδραση:** Σαν αποτέλεσμα της προηγούμενης κατάστασης στην αγορά, δηλαδή μικρή ζήτηση, χαμηλά ναύλα και παροπλισμένα πλοία, οι πλοιοκτήτες δεν παραγγέλνουν νέα πλοία από ναυπηγεία.
- **Αντιστρέψιμη αντίδραση:** Αν κάποιος πλοιοκτήτης διαθέτει πλοία μικτού φορτίου και η κατάσταση της αγοράς στην οποία δραστηριοποιούνται δεν παρουσιάζει υψηλή ζήτηση και ικανοποιητικές τιμές ναύλων, τότε μπορεί να τα μετακινήσει σε κάποια άλλη αγορά.

- Μη αντιστρέψιμη αντίδραση: Αν τα ναύλα έχουν πλησιάσει σε πολύ χαμηλές τιμές, τα παλαιότερα πλοία που έχουν περισσότερα έξοδα και είναι δύσκολο να ναυλωθούν οδεύουν προς διάλυση.

- **Εξωτερικοί παράγοντες**

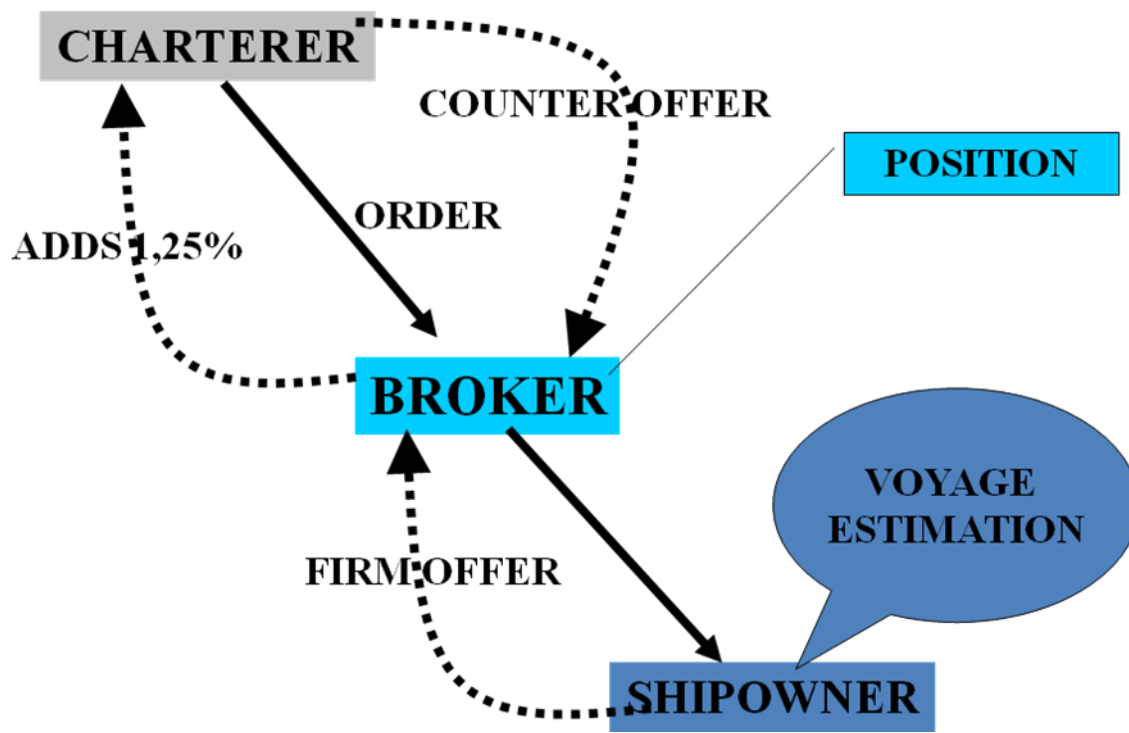
Στους εξωτερικούς παράγοντες καθορισμού των ναύλων ανήκουν

- Η πορεία της παγκόσμιας οικονομίας. Όταν η παγκόσμια οικονομία βρίσκεται σε περίοδο ανάπτυξης η ζήτηση για την παραγωγή αγαθών και συνεπώς για τη μεταφορά τους είναι αυξημένη.
- Στρατιωτικά και πολιτικά γεγονότα. Κατά τη διάρκεια ενός πολέμου καταστρέφονται παραγωγικές μονάδες και αποκλείονται περιοχές από το θαλάσσιο εμπόριο διαταράσσοντας την ισορροπία του.
- Φυσικά αίτια. Μία έντονη ξηρασία μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την παραγωγή σιτηρών αυξάνοντας τη ζήτησή τους. Επίσης ένας τυφώνας μπορεί να μην επιτρέψει σε πλοία να εκτελέσουν δρομολόγια.
- Τεχνολογικά αίτια. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας στον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών, όπως για παράδειγμα η είσοδος της αυτοματοποίησης στο χειρισμό του φορτίου, καθιστά πιο περιζήτητα τα νεότερα και τεχνολογικά εξελιγμένα πλοία από τα παλαιότερα.

- **Εσωτερικοί παράγοντες**

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η απόφαση ενός πλοιοκτήτη να χρησιμοποιήσει ένα πλοίο του μειώνοντας το λειτουργικό του κόστος. Αυτό συνήθως επιτυγχάνεται κινώντας το πλοίο με χαμηλότερη ταχύτητα (slow steaming). Έτσι οι πλοιοκτήτες που τα πλοία τους στην καμπύλη προσφοράς βρίσκονται σε θέσεις κοντά στην καμπύλη της ζήτησης άλλα προς τη μεριά των παροπλισμένων επιδιώκουν τη μείωση του λειτουργικού τους κόστους σε τιμές κάτω του στιγμιαίου ναύλου προκειμένου να μπου στην αγορά. Ο αριθμός των πλοίων που πλέουν σε κατάσταση slow steaming είναι σημαντικό μέγεθος για την εκτίμηση της κατάστασης της ναυλαγοράς.

2.5 Η διαδικασία της Ναύλωσης



Σχήμα 6: Η διαδικασία της ναύλωσης. Πηγή: Γκιζιάκης Κωνσταντίνος, Καρλής Αθανάσιος (2007), Σημειώσεις μαθήματος: Εισαγωγή στις Ναυλώσεις, Πανεπιστήμιο Πειραιά, Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών.

Ναύλωση ορίζεται ως η συμφωνία εμπορικής απασχόλησης ενός ελεύθερου πλοίου ανάμεσα στον πλοιοκτήτη (ship owner) και το ναυλωτή (charterer). Ο μεσάζον αυτής της συμφωνίας είναι ο broker.

Τα συμβόλαια της ναύλωσης είναι δύο: το Ναυλοσύμφωνο και η Φορτωτική. Παρακάτω αναλύονται αμφότερα.

2.5.1 Το Ναυλοσύμφωνο

Το ναυλοσύμφωνο είναι μία συμφωνία ναύλωσης και γίνεται μεταξύ εκναυλωτή/πλοιοκτήτη, που διαθέτει το πλοίο, και του ναυλωτή, αυτού στον οποίο διατίθεται το πλοίο. Εκεί αναγράφονται τα δικαιώματα και οι υποχρεώσεις των συμβαλλόμενων μερών. Οι όροι ενός ναυλοσυμφώνου κατηγοριοποιούνται σε[11] :

- Ρητούς και υπονοούμενους (express and implied terms). Ρητοί είναι αυτοί που περιγράφονται ρητά, ενώ υπονοούμενοι είναι όροι που δεν αναγράφονται στα ναυλοσύμφωνα, αλλά είναι αποδεκτοί από τους συμβαλλόμενους.

- Περιγραφές(representations). Έχουν να κάνουν με τις υποσχέσεις που δίνονται στις διαπραγματεύσεις. Αν αποδειχθεί ότι αποκλίνουν από την πραγματικότητα με στόχο την παραπλάνηση μπορεί να ακυρωθεί η συμφωνία.
- Προϋποθέσεις(conditions). Είναι όροι που αν αθετηθούν από τον ένα συμβαλλόμενο στη συμφωνία τότε ο άλλος δικαιούται ακύρωση της συμφωνίας και αποζημίωση. Παραδείγματα προϋποθέσεων είναι η θέση του πλοίου την ημερομηνία του ναυλοσυμφώνου, ο χρόνος απόπλου για το λιμάνι φόρτωσης και η εθνικότητα του πλοίου.
- Εγγυήσεις(warranties). Αποτελούν σημαντικούς όρους που η αθέτηση τους δίνει το δικαίωμα στο θιγόμενο μέρος να ζητήσει αποζημίωση. Παραδείγματα εγγυήσεων είναι, η ταχύτητα του πλοίου, τα καύσιμα κατά την παράδοση του πλοίου και η συντήρηση του πλοίου.
- Απροκαθόριστους όρους(innominate terms). Είναι όροι που η κατηγοριοποίηση και αντιμετώπισή τους σαν προϋποθέσεις (conditions) ή εγγυήσεις (warranties) εξαρτάται από την εξέταση των συνεπειών τους στο δικαστήριο.

2.5.2 Η Φορτωτική

Όταν γίνεται συμφωνία για μεταφορά φορτίου ο μεταφορέας, δηλαδή αυτός που μεταφέρει το φορτίο, πρέπει να εκδώσει τη λεγόμενη φορτωτική. Ο άλλος συμβαλλόμενος στη φορτωτική είναι ο φορτωτής, δηλαδή αυτός που επιθυμεί τη μεταφορά του φορτίου[5].

Μία φορτωτική περιλαμβάνει: την περιγραφή του φορτίου, το όνομα του πλοίου, την ημερομηνία που την υπέγραψε ο καπετάνιος, το όνομα του φορτωτή και του παραλήπτη, τα λιμάνια φόρτωσης, εκφόρτωσης, το ναύλο και τον τρόπο αποπληρωμής του, τον αριθμό φορτωτικών που εκδόθηκαν και τους όρους συμφωνίας.

Ο παραλήπτης πρέπει να παρουσιάσει έγκαιρα τη φορτωτική που του έχει δοθεί στον καπετάνιο προκειμένου να ξεκινήσει η εκφόρτωση. Διαφορετικά ο πλοίαρχος έχει δικαίωμα να μην παραδώσει το φορτίο.

2.5.3 Καθήκοντα Πλοιοκτήτη και Ναυλωτή

Σύμφωνα με το Καθ.Κ.Γκιζιάκη του Πανεπιστημίου Πειραιά, Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών, 2007, τα καθήκοντα των ομάδων λήψης αποφάσεων της προσφοράς και ζήτησης πλοίων χωρίζονται ως εξής [10]:

Πλοιοκτήτης

- Όταν ξεκινά η φόρτωση και πριν την αναχώρηση του πλοίου από το λιμάνι εκφόρτωσης το πλοίο πρέπει να είναι αξιόπλοο για το συγκεκριμένο ταξίδι και φορτίο.
- Το πλοίο πρέπει να φτάσει στον προορισμό του χωρίς αδικαιολόγητες καθυστερήσεις, διαφορετικά ο ναυλωτής αποζημιώνεται. Αν δε η αδικαιολόγητη καθυστέρηση είναι υπερβολική μπορεί να γίνει ακύρωση συμφωνίας.
- Η διαδρομή που θα ακολουθήσει το πλοίο πρέπει να είναι αυτή που έχει συμφωνηθεί. Παρέκκλιση από την πορεία δικαιολογείται μόνο για την ασφάλεια του φορτίου και για τη διάσωση ανθρώπινης ζωής.
- Όταν έχει οριστεί εκτιμώμενη ημερομηνία άφιξης του πλοίου τότε το πλοίο υποχρεούται να πλεύσει με την απαραίτητη ταχύτητα, ώστε να βρίσκεται εκεί τη αντίστοιχη χρονική στιγμή.
- Ο ναυλωτής έχει δικαίωμα να ακυρώσει τη συμφωνία όταν επέλθει η ημερομηνία ακύρωσης.

Ναυλωτής

- Το φορτίο δεν πρέπει να είναι επικίνδυνο, δηλαδή εύκολο να προκαλέσει ζημιά ή παράνομο.
- Ο φορτωτής είναι υποχρεωμένος να παραδώσει φορτίο.
- Αν η συμφωνία έγινε υπό συνθήκες παρανομίας ο ναυλωτής έχει δικαίωμα να μην δώσει φορτίο.
- Ο ναυλωτής υποχρεούται να φέρει το φορτίο παραπλεύρως του πλοίου για τη φόρτωση.
- Ο ναυλωτής πρέπει να φορτώσει πλήρες φορτίο.

2.6 Ο Ναυτιλιακός Κύκλος

Η βιομηχανία της ναυτιλίας είναι συνηθισμένη σε κύκλους. Βρίσκεται συνεχώς σε μία κατάσταση μεταβολών με συνεχή διακύμανση και σχεδόν καμία σταθερότητα. Ο ναυτιλιακός κύκλος ορίζεται ως ο μηχανισμός εκείνος που αποσκοπεί στην αποτροπή

ανισορροπιών μεταξύ προσφοράς και ζήτησης. Τα στάδια του κύκλου αυτού είναι τα παρακάτω[6]:

- **Δυσπραγία:** Υπάρχει πλεόνασμα στην χωρητικότητα των πλοίων, με αποτέλεσμα αυτά να συνωστίζονται στα λιμάνια. Τα πλοία που μεταφέρουν φορτίο κινούνται με πιο αργές ταχύτητες για λόγους οικονομίας. Οι τιμές των ναύλων πέφτουν και τα μη αποδοτικά πλοία παροπλίζονται. Τα χαμηλά επίπεδα των ναύλων και τα χαμηλά έσοδα, που σε αρκετές περιπτώσεις δεν ξεπερνούν το λειτουργικό κόστος, οδηγούν τους πλοιοκτήτες να πουλούν σε χαμηλές τιμές τα πλοία τους. Τα μεγάλης ηλικίας πλοία οδεύουν προς διάλυση. Το στάδιο της δυσπραγίας είναι το μακρύτερο χρονικά διάστημα στον ναυτιλιακό κύκλο και μπορεί να διαρκέσει αρκετά χρόνια.
- **Αναζωογόνηση:** Οι τιμές των ναύλων αυξάνονται σε μικρό βαθμό και τα πλοία καλύπτουν το κόστος λειτουργίας τους. Ένα μέρος των παροπλισμένων πλοίων βγαίνει στην αγορά. Τα έσοδα των ναυτιλιακών εταιρειών παρουσιάζουν μία αύξηση. Οι τιμές των μεταχειρισμένων πλοίων είναι μεγαλύτερες. Παρόλα αυτά το αίσθημα της αβεβαιότητας υπάρχει ακόμα στην αγορά.
- **Ευδαιμονία:** Η προσφορά και η ζήτηση βρίσκονται σε πλήρη ισορροπία, καθώς η πλεονάζουσα χωρητικότητα έχει απορροφηθεί. Τα ναύλα βρίσκονται σε πολύ υψηλά επίπεδα και τα πλοία κινούνται με μέγιστη ταχύτητα. Επικρατεί μία ευφορία στην αγορά. Οι τράπεζες και τα χρηματιστήρια χρηματοδοτούν την αγορά της ναυτιλίας με πολύ μεγάλη ευκολία. Οι παραγγελίες νεότευκτων πλοίων αυξάνονται. Τα μεταχειρισμένα πλοία παρουσιάζουν μεγάλη άνοδο στην τιμή τους και ορισμένα μικρότερης ηλικίας είναι ακριβότερα από τα αντίστοιχα καινούρια. Το ψυχολογικό αίσθημα στην αγορά είναι πολύ θετικό.
- **Ύφεση:** Μετά το κλίμα ευφορίας στην αγορά και τις πολλές παραγγελίες νεότευκτων πλοίων η προσφορά υπερβαίνει τη ζήτηση. Τα ναύλα παρουσιάζουν πτώση και τα πλοία ταξιδεύουν με μικρότερες ταχύτητες. Τα πλοία μεγάλης ηλικίας με μεγαλύτερο λειτουργικό κόστος αναμένουν φορτίο για μεταφορά. Οι ναυτιλιακές εταιρείες βρίσκονται σε κατάσταση σύγχυσης.

2.7 Οικονομική Κρίση

Το Εθνικό Γραφείο Οικονομικών Ερευνών ορίζει ύφεση την σημαντική μείωση της οικονομικής δραστηριότητας που εξαπλώνεται σε όλη την οικονομία. Διαρκεί περισσότερο από μερικούς μήνες, και είναι συνήθως ορατή στο πραγματικό ακαθάριστο εθνικό προϊόν (ΑΕΠ), στο πραγματικό εισόδημα, στην απασχόληση, στη βιομηχανική παραγωγή και στη χονδρική-λιανική πώληση [12].

Κατά τις περιόδους ύφεσης, η αγοραστική δύναμη είναι ένα θέμα για τον καθένα, είτε πρόκειται για ένα νέο προϊόν ή για πρώτες ύλες ή για τη μεταφορά προϊόντων. Όλοι

αναζητούν ένα πράγμα και αυτό είναι πώς να ελαχιστοποιήσουν το κόστος. Οι επιχειρηματίες ξεκινούν να περιορίζουν τις δαπάνες τους σε περιόδους ύφεσης. Αυτό μπορεί να σώσει ένα ποσοστό των εσόδων που θα χρησιμοποιηθούν ίσως σε άλλες υπηρεσίες. Η περικοπή του κόστους μπορεί να αποτελέσει τη βάση για μια εταιρεία να επιβιώσει σε περίπτωση που δέχεται ζημία μεγάλου χρονικού διαστήματος λόγω της ύφεσης [13]. Γενικά, σε περιόδους ύφεσης οι επιχειρήσεις προσπαθούν να ανακαλύψουν ποια τμήματα της εταιρείας ή ποια προϊόντα της εταιρείας θα επηρεαστούν περισσότερο.

Ακόμη και αν κάποιος έχει αρκετά χρήματα για να αγοράσουν αγαθά, συνήθως δεν το κάνουν, επειδή ο φόβος της ανεργίας ή της επερχόμενης αύξησης των τιμών, έχει ως αποτέλεσμα όλης αυτής της κατάστασης να μην κυκλοφορεί αρκετό χρήμα στην αγορά, η οποία με τη σειρά της επηρεάζει τον κόσμο των επιχειρήσεων με την ανεργία. Η Ύφεση επηρεάζει όλες τις επιχειρήσεις σε όλο τον κόσμο με τον ένα ή με τον άλλο τρόπο.

2.7.1 Οικονομική Κρίση του 2008

Η οικονομική κρίση για την οποία γίνεται λόγος είχε αφετηρία τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής[14]. Η πρόσφατη αυτή κρίση οφείλεται σε πολλούς παράγοντες, μεταξύ των οποίων μια δραματική αλλαγή στην ικανότητα να δημιουργηθούν νέες γραμμές πιστώσεων, που στέρεψε τη ροή του χρήματος και επιβράδυνε την οικονομική ανάπτυξη και την αγορά και πώληση των περιουσιακών στοιχείων. Αυτό έβλαψε τους ιδιώτες, τις επιχειρήσεις και τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα σκληρά. Πολλά χρηματοπιστωτικά ιδρύματα είχαν περιουσιακά στοιχεία με ενυπόθηκη εξασφάλιση, των οποίων η αξία είχε μειωθεί απότομα και δεν απέφεραν το ποσό των χρημάτων που απαιτούνται για την αποπληρωμή των αντίστοιχων δανείων. Αυτό στέρεψε τα διαθέσιμα μετρητά τους και συνεπώς την ικανότητά τους να κάνουν νέα δάνεια.

Υπήρχαν και άλλοι παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των χαμηλής εξασφάλισης πιστώσεων (subprime loans) πράγμα το οποίο κατέστησε πολύ εύκολο για τους ιδιώτες να αγοράσουν σπίτια ή να κάνουν άλλες επενδύσεις. Η χαμηλής εξασφάλισης πίστωση δημιούργησε περισσότερα χρήματα στο σύστημα και οι άνθρωποι ήθελαν να ξοδέψουν αυτά τα χρήματα. Δυστυχώς, πολλοί άνθρωποι ήθελαν να αγοράσουν το ίδιο πράγμα, με αποτέλεσμα να αυξηθεί η ζήτηση και να προκληθεί πληθωρισμός. Εταιρείες ιδιωτικού μετοχικού κεφαλαίου μόχλευσαν χρέη δισεκατομμυρίων δολαρίων για την αγορά εταιρειών και δημιούργησαν εκατοντάδες δισεκατομμύρια δολάρια πλούτου χωρίς να δημιουργήσουν οτιδήποτε που να έχει αξία. Αργότερα η κερδοσκοπία στις τιμές του πετρελαίου και η υψηλότερη ανεργία αύξησαν περαιτέρω τον πληθωρισμό.

Η αμερικανική οικονομία είναι βασισμένη στην πίστωση. Η πίστωση είναι ένα μεγάλο εργαλείο όταν χρησιμοποιείται με σύνεση. Για παράδειγμα, η πίστωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκκίνηση ή την επέκταση μιας επιχείρησης, που μπορεί να δημιουργήσει θέσεις εργασίας. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την αγορά παγίων αγαθών, όπως σπίτια και αυτοκίνητα. Και πάλι, οι περισσότερες θέσεις εργασίας

δημιουργούνται και οι ανάγκες των ανθρώπων ικανοποιούνται. Όμως, κατά την τελευταία δεκαετία, η πίστωση ήταν ανεξέλεγκτη.

Οι μεσίτες δανείων, λειτούργησαν μόνον ως μεσάζοντες, δίνοντας δάνεια, και στη συνέχεια, μετακυλώντας την ευθύνη για τα δάνεια αυτά σε άλλους, με τη μορφή ενυπόθηκης εξασφάλισης στοιχείων ενεργητικού (μετά τη λήψη ενός τέλους για τους εαυτούς τους). Εξωτικά και επικίνδυνα δάνεια κατέστησαν κοινό φαινόμενο και οι διαμεσολαβητές, ενέκριναν τα δάνεια αυτά απαλλάσσοντας τους εαυτούς τους από την ευθύνη ενοποιώντας τα με άλλα και μεταπωλώντας τα ως "επενδύσεις".

Χιλιάδες άνθρωποι πήραν δάνεια μεγαλύτερα από ό,τι θα μπορούσαν να αποπληρώσουν με την ελπίδα πώλησης του σπιτιού για το κέρδος ή την αναχρηματοδότηση αργότερα με χαμηλότερο επιτόκιο και με μεγαλύτερη αξία του σπιτιού τους - που θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν για την αγορά ενός άλλου σπιτιού 'επένδυση'.

Πολλοί άνθρωποι έγιναν πλούσιοι γρήγορα. Το μόνο που χρειάζονταν για να αγοράσουν ένα σπίτι ήταν ο λόγος τους ότι θα μπορούσαν να αποπληρώσουν το δάνειό τους. Οι μεσίτες δεν είχαν κανένα λόγο να μην πουλήσουν ένα σπίτι. Έκαναν μια περικοπή από την πώληση, στη συνέχεια συσκεύαζαν τα στεγαστικά δάνεια με μια ομάδα άλλων δανείων και δεν είχαν καμία προσωπική ευθύνη για το δάνειο.

Η κατάρρευση στον τομέα των σπιτιών πυροδότησε μια αλυσιδωτή αντίδραση στην οικονομία. Οι ιδιώτες και οι επενδυτές δεν μπορούσαν πλέον να πουλήσουν τα σπίτια τους για ένα γρήγορο κέρδος, τα ρυθμιζόμενα επιτόκια προσαρμόζονταν ανοδικά και τα στεγαστικά δάνεια δεν ήταν πλέον προσιτά για πολλούς ιδιοκτήτες ακινήτων. Χιλιάδες στεγαστικά δάνεια αθετήθηκαν, επιβαρύνοντας επενδυτές και χρηματοπιστωτικά ιδρύματα.

Αυτό προκάλεσε τεράστιες απώλειες στην τιτλοποίηση απαιτήσεων στεγαστικών δανείων και πολλές τράπεζες και επενδυτικές εταιρείες είχαν τρομερή έλλειψη χρημάτων. Επίσης, παρουσιάστηκε ένα πλεόνασμα κατοικιών στην αγορά, ρίχνοντας κατακόρυφα τις τιμές τους και επιβραδύνοντας το χτίσιμο νέων κατοικιών, βάζοντας χιλιάδες οικοδόμους και εργάτες στο χώρο της ανεργίας. Οι χαμηλές τιμές των κατοικιών προκάλεσαν περαιτέρω επιπλοκές, καθώς πολλά σπίτια άξιζαν πολύ λιγότερο από την αξία των δανείων και ορισμένοι ιδιοκτήτες επέλεξαν να μην πληρώσουν το δάνειό τους.

Αυτές οι τεράστιες απώλειες ανάγκασαν τις τράπεζες να αυξήσουν τις απαιτήσεις για δανεισμό, αλλά ήταν ήδη πολύ αργά. Αρκετές τράπεζες και χρηματοπιστωτικά ιδρύματα συγχωνεύθηκαν με άλλα όργανα ή απλά εξαγοράστηκαν. Άλλοι είχαν την τύχη να λάβουν χρηματική βοήθεια από κυβερνήσεις και λειτουργούν ακόμη. Πολλές εταιρείες όμως έκλεισαν.

Η οικονομική κρίση του 2008 θα μπορούσε να χαρακτηριστεί σαν μία κρίση φερεγγυότητας και ρευστότητας του χρηματοπιστωτικού συστήματος . Σύμφωνα με τον κ. Ι. Στουρνάρα, καθηγητή και Επιστημονικό Διευθυντή του IOBE, οι αιτίες της κρίσης αυτής ήταν οι παρακάτω[15]:

- Χαλαροί ρυθμιστικοί κανόνες.
- Το τραπεζικό σύστημα δεν εποπτευόταν επαρκώς.
- Οι εποπτικές αρχές δεν μπόρεσαν να συντονιστούν σε διεθνές επίπεδο.
- Δεν υπήρχε διαφάνεια.
- Αναπτύχθηκαν πολύπλοκα παράγωγα προϊόντα.

2.7.2 Οικονομική Κρίση 2008 και Ναυλαγορά

Η οικονομική κρίση το δεύτερο μισό του 2008 χτύπησε τον χρηματοοικονομικό και τραπεζικό τομέα[16]. Ως εκ τούτου οι τράπεζες δεν μπορούσαν να χρηματοδοτήσουν τον τομέα της ναυτιλίας και το παγκόσμιο εμπόριο παρέλυσε. Η ζημίες των τραπεζών και η μαζική ανάληψη χρημάτων από τους καταθέτες, λόγω του αισθήματος αβεβαιότητας για την αγορά, οδήγησε σε τρομερή έλλειψη ρευστού. Οι τράπεζες δεν εμπιστεύονταν η μία την άλλη και οι διατραπεζικές συναλλαγές πάγωσαν. Το έδαφος δεν ήταν πια εύφορο για επενδύσεις. Η ζήτηση έπεσε δραματικά και αποτέλεσμα της όλης κατάστασης ήταν η κρίση, την οποία ακόμα βιώνουμε. Η ύφεση, όπως ήταν επόμενο, επηρέασε και τη ζήτηση για μεταφορά υγρού φορτίου, χύδην φορτίου και εμπορευματοκιβωτίων. Αποτέλεσμα της όλης κατάστασης ήταν η πτώση των ναύλων, η μείωση της αξίας των πλοίων, το κλείσιμο ναυτιλιακών εταιριών, η επαναδιαπραγμάτευση ναυλοσυμφώνων, η πίεση από τις τράπεζες για αποπληρωμή δανείων με υψηλό επιτόκιο και η επείγουσα αναζήτηση χρηματοοικονομικών πόρων για την υποστήριξη της ναυτιλίας.

2.7.3 Αγορά μεταφοράς χύδην ξηρού φορτίου και Οικονομική κρίση 2008

Η Morgan Stanley στη δημοσίευσή της Commodity Shipping Research 2/3/2009 αναφέρει πως το πλεόνασμα DWT ξηρού φορτίου αυξήθηκε[16]:

- 6,9% το 2005
- 5,3% το 2006
- 6,8% το 2007
- 6,5% το 2008

Η αύξηση της προσφοράς δεν ήταν τόσο μεγάλη όσο της ζήτησης. Η ζήτηση για μεταφορά χύδην φορτίου αυξήθηκε:

- 2,3% το 2005
- 8,1% το 2006
- 12,5% το 2007
- 5,5% το 2008

Συνέπεια αυτής της κατάστασης ήταν η εκτίναξη των τιμών των ναύλων και των πλοίων και η παραγγελία μεγάλου αριθμού νεότευκτων πλοίων. Η κατάσταση αυτή στην αγορά της ναυτιλίας αντιστοιχεί στο στάδιο της ευδαιμονίας του ναυτιλιακού κύκλου, όπως ανέλυσα παραπάνω. Η προσφορά όμως υπερέβη τη ζήτηση και με την εμφάνιση της χρηματοπιστωτικής κρίσης το δεύτερο μισό του 2008 η ναυτιλία πέρασε στο στάδιο της ύφεσης που ακόμα ζούμε.

Κεφάλαιο 3 Νευρωνικά Δίκτυα

3.1 Ιστορική Αναδρομή

Πολλά είναι ακόμη άγνωστα όσον αφορά τη λειτουργία του εγκεφάλου μας και πώς ο εγκέφαλος αντιλαμβάνεται και επεξεργάζεται το πλήθος πληροφοριών που δέχεται[17],[18].

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει έξαρση ενδιαφέροντος για τη λειτουργία και τη δομή του εγκεφάλου η οποία στη συνέχεια άνοιξε το δρόμο για την ανάπτυξη και μελέτη των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων. Πολλοί μελετητές και ερευνητές ανέπτυξαν το γνωστικό αντικείμενο των νευρώνων με αποτέλεσμα να το συναντάμε σε ένα ευρύ φάσμα επιστημονικών πεδίων.

Επιστήμονες θέλησαν να μιμηθούν την λειτουργία του εγκεφάλου, της (intelligence) εξυπνάδας και έτσι προσπάθησαν να αναπαράγουν αυτή τη λειτουργία δημιουργώντας συστήματα με παρόμοια δομή. Ουσιαστικά, ο άνθρωπος με την προσπάθειά του να ανακαλύψει τον ίδιο του τον εαυτό και τις λειτουργίες του πιο σημαντικού του εργαλείου, μπόρεσε να κωδικοποιήσει αυτές τις γνώσεις σε ένα τεχνολογικό επίτευγμα, τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα(ΤΝΔ). Τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα ουσιαστικά έχουν την σύνθετη και πολύπλοκη δομή του εγκεφάλου. Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα ως εργαλεία πρόβλεψης ανήκουν στα μη γραμμικά, σύνθετα μοντέλα πρόβλεψης.

Οι εφαρμογές νευρωνικών δικτύων αποτελούν σχετικά πρόσφατη ανακάλυψη. Ωστόσο, ο κλάδος αυτός είχε εδραιωθεί πριν την έλευση των υπολογιστών. Μετά από μια αρχική περίοδο ενθουσιασμού, το πεδίο επέζησε μια περίοδο απογοήτευσης. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, όταν η χρηματοδότηση και η επαγγελματική υποστήριξη ήταν ελάχιστη, σημαντικές μεταβολές έγιναν σύμφωνα με τους ερευνητές. Οι Minsky και Papert, δημοσίευσαν ένα βιβλίο (το 1969) στο οποίο συνοψίζεται το γενικό αίσθημα απογοήτευσης (έναντι νευρωνικών δικτύων) μεταξύ των ερευνητών, και έτσι ήταν αποδεκτό από τους περισσότερους χωρίς περαιτέρω ανάλυση. Επί του παρόντος, το πεδίο βρίσκεται σε μια αναζωπύρωση του ενδιαφέροντος και συνεπώς ακολουθείται μια αντίστοιχη αύξηση της χρηματοδότησης του. Τα Νευρωνικά δίκτυα προσεγγίζουν διαφορετικά την επίλυση προβλημάτων από ότι οι συμβατικοί υπολογιστές. Οι συμβατικοί υπολογιστές χρησιμοποιούν μια αλγοριθμική προσέγγιση, δηλαδή του υπολογιστή, ακολουθώντας μια σειρά οδηγιών για την επίλυση ενός προβλήματος. Τα

Νευρωνικά δίκτυα χρησιμοποιούν μια διαδικασία με τον ίδιο τρόπο που λειτουργεί και ο ανθρώπινος εγκέφαλος. Το δίκτυο αποτελείται από ένα μεγάλο αριθμό διασυνδεδεμένων στοιχείων επεξεργασίας (νευρώνες) που εργάζονται παράλληλα για την επίλυση ενός συγκεκριμένου προβλήματος. Δεν μπορεί να προγραμματιστεί για να εκτελέσει μια συγκεκριμένη εργασία.

Από την άλλη πλευρά, οι συμβατικοί υπολογιστές χρησιμοποιούν μια γνωστική προσέγγιση για την επίλυση προβλήματος. Οι οδηγίες που δίνονται στη συνέχεια μετατρέπονται σε υψηλού επιπέδου γλώσσα προγράμματος και στη συνέχεια σε κώδικα μηχανής που ο υπολογιστής μπορεί να καταλάβει. Οι μηχανές αυτές είναι απόλυτα προβλέψιμες και αν κάτι πάει στραβά οφείλεται στο λογισμικό ή σε βλάβη υλικού. Τα Νευρωνικά δίκτυα και οι συμβατοί αλγοριθμικοί υπολογιστές δεν βρίσκονται σε ανταγωνισμό, αλλά αλληλοσυμπληρώνονται. Υπάρχουν εργασίες που γίνονται πιο αποτελεσματικά με μια αλγοριθμική προσέγγιση αριθμητικών πράξεων. Ακόμη περισσότερο, ένα μεγάλο φάσμα προβλημάτων, απαιτούν την ύπαρξη συστημάτων που χρησιμοποιούν ένα συνδυασμό των δύο προσεγγίσεων (συνήθως ένας συμβατικός υπολογιστής χρησιμοποιείται για να επιβλέπει το νευρωνικό δίκτυο), προκειμένου να πραγματοποιηθούν με τη μέγιστη αποτελεσματικότητα. Τα Νευρωνικά δίκτυα δεν κάνουν θαύματα. Όμως, αν χρησιμοποιηθούν συνετά μπορούν να παραγάγουν μερικά καταπληκτικά αποτελέσματα.

Η ανάλυση ενός νευρωνικού δικτύου συζητείται εδώ και σχεδόν 50 χρόνια, αλλά είναι μόνο τα τελευταία 20 χρόνια που αναπτύχθηκε το λογισμικό εφαρμογών για την αντιμετώπιση πρακτικών προβλημάτων. Η ιστορία και θεωρία των νευρωνικών δικτύων, καθώς και ορισμένες ενδείξεις για μελλοντική χρησιμότητά τους περιγράφονται σε μια πληθώρα δημοσιευμάτων, για αυτό και μέσω αυτής εδώ της εργασίας θα εκθέσουμε εν συντομία τον τρόπο με τον οποίο τα νευρωνικά δίκτυα λειτουργούν.

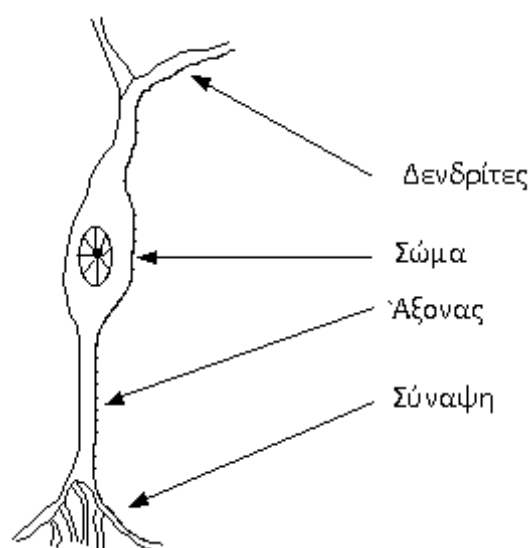
3.2 Σχέση Βιολογικών - Τεχνητών Νευρώνων

Όπως προαναφέρθηκε η ακριβής λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου είναι ακόμα ένα μυστήριο. Ωστόσο, είναι γνωστές ορισμένες πτυχές αυτού του καταπληκτικού επεξεργαστή. Ειδικότερα, το πιο βασικό στοιχείο του ανθρώπινου εγκεφάλου είναι ένας ειδικός τύπος κυττάρου, ο οποίος σε αντίθεση με το υπόλοιπο σώμα δεν αναγεννιέται. Επειδή αυτός ο τύπος κυττάρου είναι το μόνο μέρος του σώματος που δεν αντικαθίσταται με αργούς ρυθμούς, υποθέτουμε ότι αυτά τα κύτταρα είναι αυτά που μας δίνουν τις δυνατότητες μας για να θυμηθούμε, να σκεπτόμαστε και να εφαρμόζουμε τις προηγούμενες εμπειρίες σε κάθε δράση μας. Αυτά τα κύτταρα, και τα 100 δισεκατομμύρια από αυτά, είναι γνωστά ως νευρώνες. Κάθε ένας από αυτούς τους νευρώνες μπορεί να συνδέεται με έως και 200.000 άλλους νευρώνες, αν και 1.000 με 10.000 είναι το τυπικό φαινόμενο. Η δύναμη του ανθρώπινου μυαλού προέρχεται από τον απόλυτο αριθμό αυτών των βασικών εξαρτημάτων και τις πολλαπλές συνδέσεις

μεταξύ τους. Επίσης προέρχεται από τη χρήση γενετικού προγραμματισμού και της μάθησης.

Οι νευρώνες είναι πολύπλοκοι. Έχουν μεγάλο αριθμό εξαρτημάτων, υποσυστημάτων, και μηχανισμών ελέγχου. Μεταδίδουν πληροφορίες μέσω μια σειράς από ηλεκτροχημικά μονοπάτια. Υπάρχουν πάνω από εκατό διαφορετικές κατηγορίες νευρώνων, ανάλογα με τη μέθοδο κατάταξης που χρησιμοποιούν. Συνολικά αυτοί οι νευρώνες και οι συνδέσεις τους αποτελούν μια διαδικασία που δεν είναι δυαδική, δεν είναι σταθερή, και όχι συγχρονισμένη. Εν ολίγοις, δεν μοιάζει καθόλου με τους σημερινούς ηλεκτρονικούς υπολογιστές, ή ακόμα και τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα. Αυτά τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα προσπαθούν να αναπαράγουν μόνο τα πιο βασικά στοιχεία αυτού του περίπλοκου, ευέλικτου και ισχυρού οργανισμού. Το προσπαθούν με έναν πρωτόγονο τρόπο. Πρόκειται για μηχανήματα και ένα νέο τρόπο για την επίλυση προβλημάτων.

Ο νευρώνας αποτελεί το βασικό σώμα του κυττάρου το οποίο περιέχει πυρήνα και εξωτερική μεμβράνη στέλλοντας ηλεκτρικά ή χημικά σήματα[18]. Είναι το θεμελιώδες «σώμα» του νευρικού μας συστήματος. Η μελέτη του εγκεφάλου έχει προσελκύσει την προσοχή των μαθηματικών, των φυσικών, των μηχανολόγων και των επιστημόνων της πληροφορικής. Εξετάζουν τον εγκέφαλο γράφοντας εξισώσεις, κατασκευάζοντας υπολογιστικά μοντέλα ή και αυτόματες συσκευές που μιμούνται τους πραγματικούς νευρώνες μέσα στο κεφάλι μας. Στον ανθρώπινο εγκέφαλο, ένα τυπικός νευρώνας συλλέγει σήματα από άλλους μέσω συστημάτων που ονομάζονται «δενδρίτες». Ο νευρώνας (Σχήμα 7) στέλνει σήματα μέσω ενός ηλεκτροχημικού σήματος και κατέχει μία κατασκευή εισόδου που είναι οι денδρίτες, ο διάυλος επικοινωνίας των νευρώνων, όπου λαμβάνονται τα σήματα και μία κατασκευή εξόδου, που βρίσκεται ο άξονας (axon) και μετατρέπει τη δραστηριότητα από τον άξονα σε ηλεκτρικές επιπτώσεις που αναστέλλουν ή διεγείρουν δραστηριότητα. Τελικά βρίσκεται η σύναψη, η οποία επιτρέπει σε ένα νευρώνα να περάσει ένα ηλεκτρικό ή χημικό σήμα σε ένα άλλο κύτταρο.



Σχήμα 7: Τα στοιχεία του Νευρώνα

Σε σχέση με τους Ηλεκτρονικούς Υπολογιστές (computers), οι νευρώνες αποτελούν το σύνολο των στοιχείων μνήμης, λογικών κυκλωμάτων και εντολών λειτουργίας του εγκεφάλου.

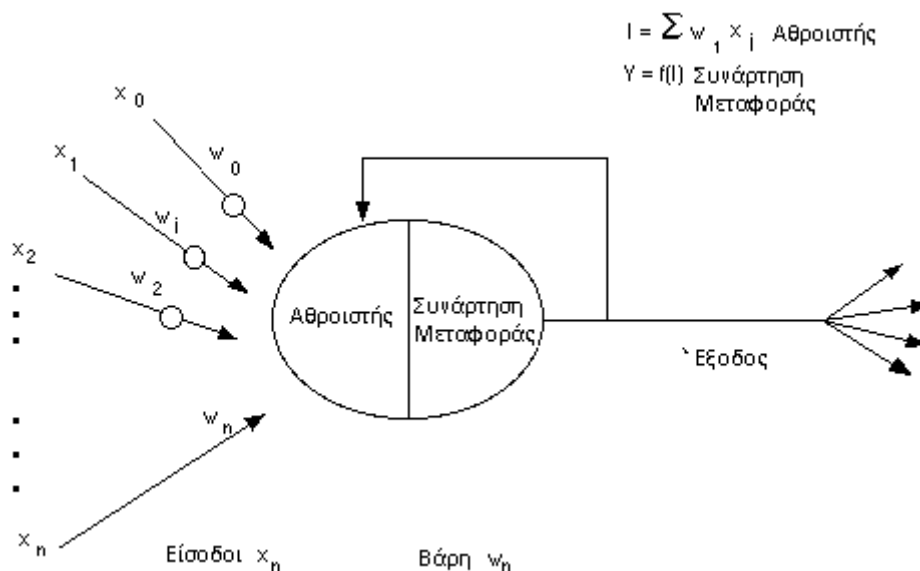
3.3 Δομή Τεχνητού Νευρώνα και Νευρωνικού δικτύου

Τεχνητός Νευρώνας

Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός νευρώνα (Σχήμα 8) είναι τα εξής[19]:

1. **Τα συναπτικά βάρη** (Synaptic Weights). Αν η είσοδος του νευρώνα k στη σύναψη j είναι το σήμα x_j , τότε αυτό πολλαπλασιάζεται με το συναπτικό βάρος W_{kj} , όπου ο πρώτος δείκτης αναφέρεται στο νευρώνα και ο δεύτερος, στη σύναψη που δέχεται στην είσοδό της το σήμα W_{kj} .
2. **Ο αθροιστής**, που δίνει στην έξοδό του το άθροισμα των σταθμισμένων εισόδων.
3. **Το κατώφλι θ_k** , που είναι δευτερεύουσα παράμετρος του συστήματος.
4. **Η συνάρτηση μεταφοράς**. Από αυτή περνά η έξοδος του αθροιστή, και δίνει αποτέλεσμα στο διάστημα $[0, 1]$ ή $[-1, 1]$ ανάλογα με τον τύπο της συνάρτησης που επιλέχθηκε.

Κάθε νευρώνας δέχεται μια σειρά τιμών εισόδου και αποδίδει μια τιμή εξόδου.



Σχήμα 8: Δομή Τεχνητού Νευρώνα

Σε κάθε νευρώνα οι τιμές εισόδου πολλαπλασιάζονται με μια τυχαία τιμή που αποκαλείται βάρος. Στο αποτέλεσμα αυτό προστίθεται ένα άλλο βάρος, το πολωμένο, το οποίο αρχικά λαμβάνει τιμή 1. Το άθροισμα αυτό διοχετεύεται σε μια συνάρτηση που ονομάζεται συνάρτηση μεταφοράς (transfer function) και οδηγεί στην κανονικοποίησή του. Το μοντέλο μπορεί περιλαμβάνει ένα κατώφλι, που έχει επίδραση στην ελάττωση της εισόδου στην εφαρμοζόμενη συνάρτηση ενεργοποίησης. Το τελικό αποτέλεσμα αποστέλλεται μέσω των συνάψεων σε άλλους νευρώνες. Οι τιμές των βαρών διαφοροποιούνται σε κάθε κύκλο λειτουργίας του νευρωνικού δικτύου με τη βοήθεια των αλγόριθμων εκπαίδευσης, ώστε να υλοποιηθεί η επιθυμητή μετατροπή των διανυσμάτων εισόδου σε διανύσματα εξόδου[18].

Για παράδειγμα δίνεται το μοντέλο ενός νευρώνα με κατώφλι θ_k ,

$$\text{είσοδο το διάνυσμα } P = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix},$$

$$\text{και βάρη } W = (w_{11}, w_{12}, \dots, w_{1N})$$

$$\text{Έτσι ισχύει} \quad u_k = \sum_{j=0}^N w_{kj} \cdot x_j$$

όπου προκειμένου $k = 1$, η έξοδος του νευρώνα είναι:

$$y_k = \varphi(u_k - \theta_k)$$

x_1, x_2, \dots, x_N : τα σήματα εισόδου

w_1, w_2, \dots, w_N : τα συναπτικά βάρη του νευρώνα k

θ_k : κατώφλι

$\varphi(\cdot)$: συνάρτηση εκπαίδευσης

Θεωρώντας, και το κατώφλι ως συναπτικό βάρος w_{k0} της εισόδου $x_0 = -1$,

η έξοδος του αθροιστή, δίνεται από τη σχέση:

$$v_k = \sum_{j=0}^N w_{kj} \cdot x_j$$

ενώ η έξοδος του νευρώνα είναι: $y_k = \varphi(v_k)$.

Το κατώφλι θ_k αναλαμβάνει την ελάττωση της εισόδου της συνάρτησης ενεργοποίησης αν είναι θετικό το σήμα και την αύξησή της όταν είναι αρνητικό. Πολλοί απλοί νευρώνες, όπως αυτός που περιγράφηκε παραπάνω, απαρτίζουν ένα σύγχρονο

νευρωνικό δίκτυο συνθέτοντας αρχικά ένα στρώμα και στη συνέχεια ένα σύστημα πολλαπλών στρωμάτων.

Συναρτήσεις Μεταφοράς

Η συνάρτηση μεταφοράς μπορεί να είναι[20]:

1. βηματική (step),
2. γραμμική (linear),
3. μη γραμμική (non-linear),
 - Βηματική συνάρτηση (step transfer function)

Η βηματική συνάρτηση μεταφοράς μπορεί να είναι:

$$\phi(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases}$$

- Γραμμική συνάρτηση (linear transfer function)

Η γραμμική συνάρτηση μεταφοράς μπορεί να είναι:

$$\phi(x) = x$$

- Μη γραμμική συνάρτηση (non-linear transfer function)

Η μη γραμμική συνάρτηση μεταφοράς που χρησιμοποιείται συνήθως στα νευρωνικά δίκτυα καλείται σιγμοειδής συνάρτηση:

$$\phi(v) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha v}}$$

όπου α , η παράμετρος η μεταβολή της οποίας έχει σαν αποτέλεσμα τη μεταβολή της κλίσης της συνάρτησης, γεγονός που αποδίδει ευελιξία στο σύστημα.

Μία άλλη συνάρτηση σιγμοειδούς μορφής που χρησιμοποιείται στη διαδικασία εκμάθησης των δικτύων, είναι η σιγμοειδής συνάρτηση υπερβολικής εφαπτομένης (Hyperbolic Tangent Function), που ορίζεται ως εξής:

$$\phi(v) = \tanh\left(\frac{v}{2}\right) = \frac{1 - e^{-v}}{1 + e^{-v}}$$

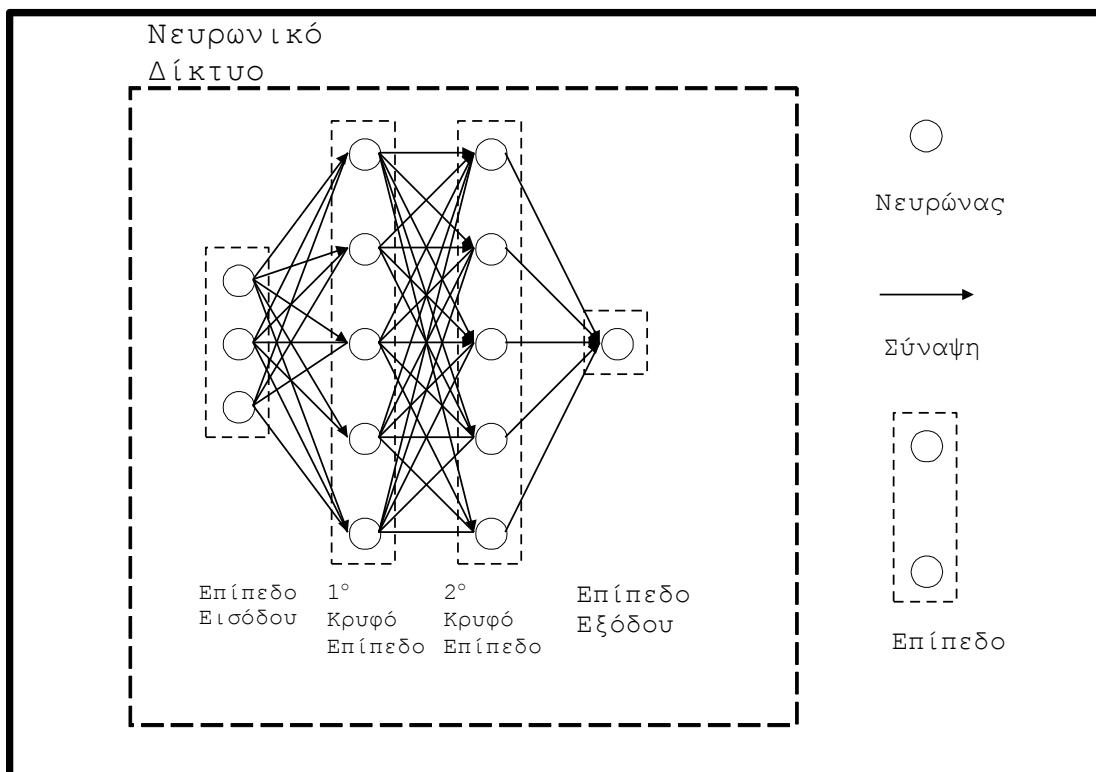
Αυτή είναι και η συνάρτηση μεταφοράς που θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα εργασία.

Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο

Ένα Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο (Σχήμα 9) αποτελείται από τεχνητούς νευρώνες(ή κόμβους) που ουσιαστικά αποτελούν την κεντρική μηχανή του και είναι οργανωμένοι σε στρώματα /επίπεδα (layers). Κάθε νευρώνας ενώνεται με όλους τους άλλους μέσω των συνάψεων (synapses)[21].

Τα επίπεδα χωρίζονται σε :

- εισόδου (**input layer**) με ή χωρίς υπολογιστικές ικανότητες
- κρυφά επίπεδα (**hidden layer**) όπου και γίνεται η μη γραμμική επεξεργασία των πληροφοριών
- επίπεδο εξόδου (**output layer**).



Σχήμα 9: Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο

Ο απλός τύπος της διαδικασίας/δραστηριότητας εισόδου αντιπροσωπεύει την πληροφορία που τροφοδοτεί το δίκτυο. Η δραστηριότητα του κάθε κρυφού επιπέδου καθορίζεται από τις δραστηριότητες των εισερχόμενων μονάδων και των βαρών στις συνδέσεις μεταξύ των εισερχόμενων και των κρυφών(hidden units) μονάδων. Η συμπεριφορά δε των εξερχόμενων μονάδων εξαρτάται από την δραστηριότητα (activity) των κρυφών μονάδων και των βαρών μεταξύ των κρυφών και των εξερχόμενων μονάδων.

Ο αριθμός των νευρώνων στο κρυμμένο στρώμα είναι περίπου ο μέσος όρος των εισροών και εκροών και εξαρτάται από τον αριθμό των περιπτώσεων. Πάρα πολλοί κρυφοί νευρώνες στο στρώμα μπορούν να οδηγήσουν σε «υπερ-εκπαίδευση» (έλλειψη γενίκευσης) και να οδηγήσουν σε λάθη στον έλεγχο. Πολλοί λίγοι νευρώνες μπορούν να οδηγήσουν στην κατάρτιση. Ξεκινώντας από μια αρχική τυχαιοποίηση το σταθμισμένο σύστημα του δικτύου, αναπαράγει δεδομένα εισόδου μέσω του δικτύου και παρέχει μια εκτίμηση της αξίας παραγωγής.

Οι νευρώνες του πρώτου κρυφού επιπέδου λαμβάνουν ως εισόδους τις τιμές των νευρώνων του επιπέδου εισόδου με το οποίο είναι συνδεδεμένοι μέσω των συνάψεων. Όλα τα υπόλοιπα κρυφά επίπεδα λαμβάνουν σαν εισόδους, τις εξόδους των νευρώνων των κρυφών επιπέδων με τα οποία είναι συνδεδεμένα.

Υπάρχουν πολλές εναλλακτικές μορφές νευρικών συστημάτων δικτύωσης και, μάλιστα, πολλοί και διάφοροι τρόποι με τους οποίους μπορούν να εφαρμόζονται σε ένα συγκεκριμένο πρόβλημα. Η καταλληλότητα ενός μοντέλου και η στρατηγική για την εφαρμογή του σε μεγάλο βαθμό εξαρτάται από το είδος του προβλήματος που θα επιλυθεί. Τα Νευρωνικά δίκτυα βοηθούν στο να μην τεθεί αναγκαία η χρήση μιας σύνθετης μαθηματικής φόρμουλας, υπολογιστικών μοντέλων, καθώς και η άσκοπη και δαπανηρή χρήση φυσικών μοντέλων.

3.4 Κατηγορίες Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων

Τα χαρακτηριστικά των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων περιληπτικά είναι τα εξής: η δυνατότητα παράλληλης επεξεργασίας, η μνήμη, η ικανότητα εκπαίδευσης και εκμάθησης συναρτήσεων εισόδου- εξόδου, η ικανότητα προσαρμογής και γενίκευσης και οι απλές υπολογιστικές μονάδες .

Για ένα σύνολο ζευγών (\bar{x}_i, \bar{y}_i) , με $x_i \in X$ και $y_i \in Y$, που η σχέση μεταξύ τους εκφράζεται από μια άγνωστη συνάρτηση: $f: X \rightarrow Y$ ο στόχος του νευρωνικού δικτύου είναι να προσεγγίσει τη συνάρτηση αυτή, με όσο το δυνατό μεγαλύτερη ακρίβεια. Για την επίτευξη αυτού του σκοπού το δίκτυο εκπαιδεύεται.

Όλες οι μέθοδοι εκπαίδευσης που χρησιμοποιούνται μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες (κανόνες)[22,23]:

- **Με επίβλεψη (Supervised Learning):** Αρχικά η είσοδος x_i επεξεργάζεται από το νευρωνικό και καταλήξει σε έξοδο $y'_1 \neq y_1$. Η διαφορά μεταξύ επιθυμητής εξόδου και πραγματικής ($y'_1 - y_1$) τείνει να ελαχιστοποιηθεί μέσω του αλγόριθμου εκπαίδευσης, βάσει του οποίου τροποποιούνται βασικές παράμετροι του δικτύου. Ένα σημαντικό ζήτημα που αφορά την επιβλεπόμενη μάθηση είναι το πρόβλημα της σύγκλισης λάθους, δηλαδή η ελαχιστοποίηση του σφάλματος. Ο στόχος είναι να καθοριστεί ένα σύνολο βαρών που ελαχιστοποιεί το σφάλμα. Ένας γνωστός τρόπος για να επιτευχθεί αυτό είναι η ελαχιστοποίηση των μέσων

τετραγώνων (LMS). Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για όλο το πλήθος των ζευγών, μέχρι το σφάλμα να φτάσει κάποια επιθυμητή ανοχή.

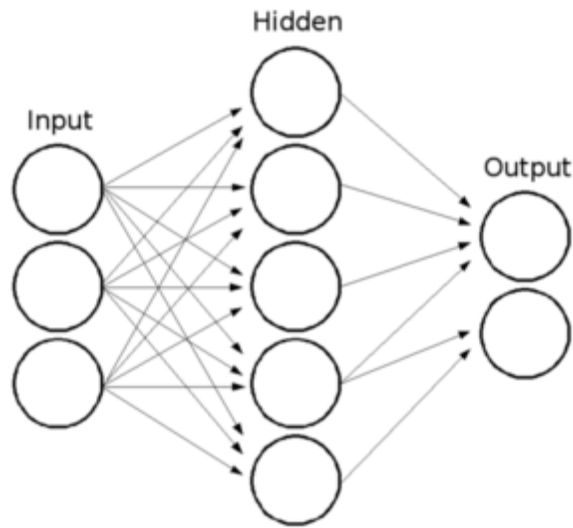
- **Χωρίς επίβλεψη (Unsupervised Learning):** Το δίκτυο αποδιοργανώνεται μόνο του, και όχι μέσω ανάδρασης από το περιβάλλον. Απαραίτητη σε αυτή την περίπτωση είναι η ύπαρξη μεγάλου πλήθους δεδομένων. Το δίκτυο καλείται να ανακαλύψει κριτήρια ταξινόμησης για τα στοιχεία εισόδου χωρίς την ύπαρξη διανύσματος εξόδου. Το τεχνητό νευρωνικό δίκτυο αναζητά κοινά χαρακτηριστικά μεταξύ των στοιχείων εισόδου (ταξινόμηση σε κατηγορίες ανάλογα με τη σχετική ομοιότητά τους) και διαμορφώνει ανάλογα τη δομή των βαρών. Ένας αλγόριθμος, χωρίς επίβλεψη, πραγματοποιεί ψευδοτυχαίες αλλαγές στις τιμές των βαρών και διατηρεί μόνον αυτές που βελτιστοποιούν τη συνάρτηση λάθους.

Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα ανάλογα με την ικανότητά τους να έχουν μνήμη ή όχι διακρίνονται σε[18]:

- **Στατικά:** Δε διαθέτουν μνήμη και η έξοδος κάθε νευρώνα αποτελεί μια συγκεκριμένη, σχετικά απλή συνάρτηση μόνο του διανύσματος εισόδου του. Τα στατικά νευρωνικά δίκτυα υλοποιούν συναρτήσεις της μορφής $y=f(x)$, όπου το y λαμβάνει τιμές στο διάστημα $[0,1]$ και x είναι ένας πραγματικός αριθμός. Το χαρακτηριστικό των χώρων x και y είναι ότι είναι πολυδιάστατοι, αλλά βέβαια με διαφορετικές διαστάσεις.
- **Δυναμικά:** διαθέτουν μνήμη και τα διανύσματα εξόδου περιγράφονται από πολύπλοκες εξισώσεις διαφορών ή και διαφορικές εξισώσεις.

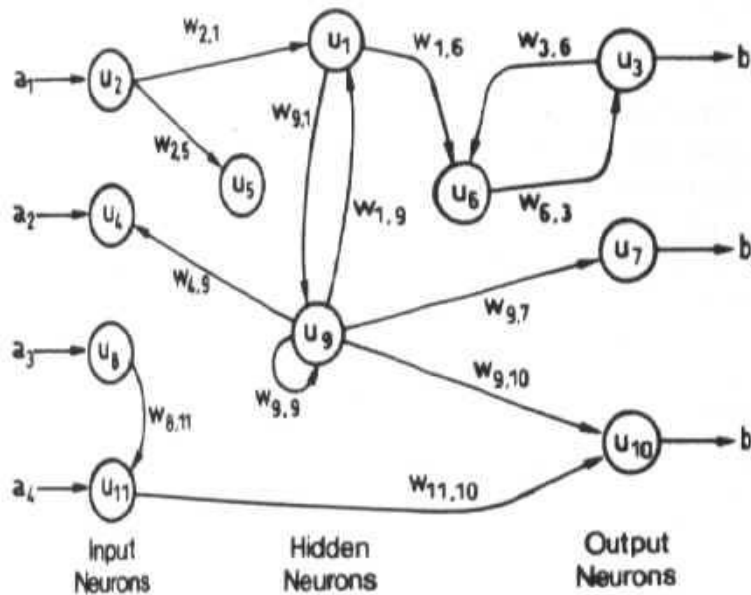
Όσον αφορά την αρχιτεκτονική τους τα νευρωνικά διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες[18]:

- Τα **Feed-forward** τεχνικά νευρωνικά δίκτυα (Σχήμα 10) επιτρέπουν τα σήματα να ταξιδεύουν με ένα μόνο τρόπο από τις εισροές στην έξοδο. Δεν υπάρχει ανατροφοδότηση (loops), δηλαδή η παραγωγή του κάθε στρώματος δεν επηρεάζει το ίδιο στρώμα. Όσον αφορά ένα τυπικό δίκτυο Feedforward, αυτό έχει νευρώνες που διατάσσονται σε ξεχωριστή στρωματοειδούς τοπολογία. Το στρώμα εισόδου δεν είναι πραγματικά νευρικό: οι μονάδες αυτές χρησιμεύουν απλά για να εισαγάγουν τις τιμές των μεταβλητών. Τα κρυφά στρώματα (hidden layers) και οι νευρώνες στα στρώματα εξόδου είναι συνδεδεμένα με όλες τις μονάδες στο προηγούμενο στρώμα.



Σχήμα 10: Παράδειγμα ενός feed forward network

- Τα **Feedback** τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (Σχήμα 11) μπορούν να έχουν σήματα που ταξιδεύουν προς τις δύο κατευθύνσεις με την εισαγωγή βρόχων στο δίκτυο. Η ανατροφοδότηση δικτύων είναι πολύ ισχυρή και μπορεί να γίνει εξαιρετικά πολύπλοκη. Αυτός ο τύπος δικτύου είναι ενδιαφέρον, γιατί οι κρυφές μονάδες είναι ελεύθερες να κατασκευάσουν τις δικές τους αναπαραστάσεις εισόδου.



Σχήμα 11: Παράδειγμα ενός feed back νευρωνικού. Πηγή: Christos Stergiou and Dimitrios Siganos, Neural Networks, paper.

3.5 Εκπαίδευση Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων

3.5.1 Ορισμός εκπαίδευσης-μάθησης

Σύμφωνα με τους Mendel και McClaren:

‘ Μάθηση είναι μια διαδικασία με την οποία προσαρμόζονται οι ελεύθερες παράμετροι ενός νευρωνικού δικτύου μέσω μίας συνεχούς διαδικασίας διέγερσης από το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται το δίκτυο. Το είδος της μάθησης καθορίζεται από τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιούνται οι αλλαγές των παραμέτρων.’

Κατά την εκπαίδευση το νευρωνικό δίκτυο[24]:

1. "διεγείρεται" από ένα περιβάλλον,
2. υφίσταται αλλαγές σαν συνέπεια αυτής της διέγερσης,
3. "απαντά" στο περιβάλλον, λόγω των αλλαγών που συνέβησαν στην εσωτερική του δομή.

3.5.2 Σφάλμα

$$e_k(n) = d_k(n) - y_k(n),$$

αν $y_k(n)$:έξοδος του νευρώνα k τη χρονική στιγμή n

και $d_k(n)$: επιθυμητή έξοδος.

Για την καλύτερη προσέγγιση της συνάρτησης εισόδου - εξόδου παίρνουμε τη συνάρτηση του μέσου τετραγωνικού σφάλματος, ως συνάρτηση κόστους:

$$J = \frac{1}{2} E \left[\sum_k e_k^2(n) \right]$$

E : στατιστική μέση τιμή

Η ελαχιστοποίηση αυτής της συνάρτησης γίνεται με τη μέθοδο τη κατιούσας κλίσης.

Εξαιτίας όμως της δυσκολίας που εμφανίζεται, καθώς απαιτείται γνώση στατιστικών χαρακτηριστικών της εισόδου, η συνάρτηση που τελικά ελαχιστοποιείται είναι η εξής:

$$\varepsilon(n) = \frac{1}{2PN} \sum_{i=1}^P \sum_{k=1}^N e_{ki}^2(n)$$

N = το πλήθος των νευρώνων του στρώματος εξόδου

P = το πλήθος των διανυσμάτων εκπαίδευσης

Γραφικά, η παραπάνω συνάρτηση κόστους είναι μια πολυδιάστατη επιφάνεια ως προς τα συναπτικά βάρη, γνωστή ως «επιφάνεια σφάλματος».

3.5.3 Αλγόριθμοι εκπαίδευσης

Ένα καθορισμένο σύνολο από καλά ορισμένους κανόνες για τη λύση ενός προβλήματος μάθησης καλείται αλγόριθμος μάθησης (learning algorithm). Υπάρχει μεγάλη ποικιλία αλγορίθμων μάθησης, καθένας από τους οποίους έχει τα δικά του πλεονεκτήματα. Οι αλγόριθμοι διαφέρουν μεταξύ τους στον τρόπο που εκφράζεται η ρύθμιση στο βάρος σύνδεσης.

Οι κυριότερες τεχνικές μάθησης είναι[21,23]:

- **Κανόνας Hebb:** Η βασική του ιδέα είναι ότι αν μία μονάδα επεξεργασίας δέχεται είσοδο από μία άλλη και έχουν αμφοτέρως ίδια μορφή ενεργοποίησης, ο συντελεστής βάρους μεταξύ τους ενισχύεται.

Μία απλή τυπική περιγραφή του κανόνα Hebb είναι:

$$w_{ij} = x_i x_j$$

w_{ij} :βάρος στη σύνδεση από τον j στον i νευρώνα

x_i :είσοδος νευρώνα i

Ο κανόνας Hebb σε γενίκευση:

$$\Delta w_i = \eta x_i y$$

y : έξοδος

- **Back-Propagation:** Είναι γνωστός ως **αλγόριθμος αντίστροφης διάδοσης** και σκοπό έχει την ελαχιστοποίηση του μέσου τετραγωνικού σφάλματος μεταξύ της επιθυμητής εξόδου και αυτής που υπολογίστηκε. Η παρούσα μέθοδος αποτελείται από τα εξής δύο μέρη:

A. Την **απευθείας διάδοση**, όπου εφαρμόζεται ένα διάνυσμα στην είσοδο του δικτύου και το αποτέλεσμα που προκύπτει διαδίδεται από στρώμα σε στρώμα, μέχρι να φτάσει την τελική έξοδο του δικτύου, και

B. Την **αντίστροφη διάδοση**, κατά την οποία υπολογίζεται η διαφορά μεταξύ της επιθυμητής εξόδου και αυτής που υπολογίστηκε, και ύστερα, το σήμα του σφάλματος διαδίδεται προς τα πίσω, συντελώντας στη μεταβολή των τιμών των βαρών.

- Κανόνας Delta: Η βασική του ιδέα είναι η συνεχής μεταβολή των συντελεστών βάρους προκειμένου να ελαχιστοποιείται η διαφορά μεταξύ επιθυμητών και εξόδων που προέκυψαν.

Είναι μία ειδική περίπτωση back-propagation. Για νευρώνα j με συνάρτηση ενεργοποίησης $g(x)$ ο κανόνας delta για το i -στο βάρους του j (w_{ji}) είναι:

$$\Delta w_{ij} = \alpha \cdot (t_j - y_j) \cdot g'(h_j) \cdot x_i, \text{ όπου}$$

α : σταθερά (learning rate),

t : επιθυμητή έξοδος (target output),

h_j : σταθμισμένο άθροισμα εισόδων νευρώνα,

y_j : έξοδος,

x_i : i -στή είσοδος

$$h_j = \sum x_i \cdot w_{ji}$$

$$y_j = g(h_j)$$

- Κανόνας Step. Η εξίσωση για την αλλαγή των βαρών είναι:

$$\Delta w_i = \eta_i \cdot \Delta w_i,$$

όπου η είναι το βήμα (step) εκείνο ανάλογα με το οποίο μεταβάλλονται τα βάρη ώστε να ελαχιστοποιηθεί η επιφάνεια σφάλματος.

Πρέπει να δοθεί προσοχή στο βήμα, διότι αν είναι πολύ μικρό θα αργήσει πάρα πολύ να ελαχιστοποιηθεί το σφάλμα, ενώ αν είναι πολύ μεγάλο μπορεί να καταλήξει σε μεγάλη απόκλιση.

- Delta-Bar-Delta. Είναι μία διαδικασία τύπου step για την αναζήτηση της επιφάνειας σφάλματος. Το βήμα (step) and momentum προσαρμόζεται ανάλογα με τις προηγούμενες τιμές της επιφάνειας σφάλματος.

Εξίσωση αλλαγής βήματος (step):

$$\Delta \eta_i = \begin{cases} k, & \text{για } S_i(n-1) \cdot \nabla w_i(n) > 0 \\ -\beta \cdot \eta_i(n), & \text{για } S_i(n-1) \cdot \nabla w_i(n) < 0 \\ 0, & \text{αλλιώς} \end{cases}$$

,όπου k = πρόσθετη σταθερά

β : πολλαπλασιαστική σταθερά

λ : παράγοντας εξομάλυνσης

Εξίσωση αλλαγής βαρών:

$$\Delta w_i(n+1) = \eta_i \cdot \nabla w_i + \rho \cdot \Delta w_i(n)$$

όπου: ρ είναι μία δυναμική σταθερά μεταξύ 0,5 και 0,9

η = βήμα (step)

- Κανόνας Momentum. Ένα στοιχείο μνήμης (η τελευταία αύξηση του βάρους) χρησιμοποιείται για την επιτάχυνση και τη σταθεροποίηση της σύγκλισης. Η εξίσωση που εκφράζει την ενημέρωση των βαρών είναι:

$$\Delta w_i(n+1) = \eta_i \cdot \nabla w_i + \rho \cdot \Delta w_i(n)$$

όπου: ρ είναι μία δυναμική σταθερά μεταξύ 0,5 και 0,9

η = βήμα (step)

Τα βάρη αλλάζουν ανάλογα με το πόσο είχαν ενημερωθεί κατά την τελευταία επανάληψη. Ο κανόνας Momentum είναι μια μέθοδος για γρήγορη μάθηση και συνίσταται για μη γραμμικά προβλήματα.

- Quickprop. Είναι μια διαδικασία που έχει αποδειχθεί ότι είναι πολύ γρήγορη σε μια πληθώρα προβλημάτων. Χρησιμοποιεί κυρίως πληροφορίες σχετικά με τη δεύτερη παράγωγο της επιφάνειας σφάλματος για να επιταχυνθεί η έρευνα.
- Κανόνας Conjugate Gradient. Ανήκει στις μεθόδους δεύτερης τάξεως. Συνδυάζει ταχύτητα και πολύ καλή απόδοση στην ελαχιστοποίηση του σφάλματος. Χρησιμοποιεί τη δεύτερη παράγωγο της επιφάνειας σφάλματος για να προσδιορίσει την αλλαγή των βαρών.
- Κανόνας Kohonen: Χρησιμοποιείται σε μη επιβλεπόμενη εκπαίδευση. Η μονάδα με τη μεγαλύτερη τιμή εξόδου έχει τη δυνατότητα απαγόρευσης στις άλλες, εκτός κάποιων γειτονικών που ο αριθμός τους μπορεί να μεταβάλλεται χρονικά, να μεταβάλλουν τα βάρη τους.
- Κανόνας Grossberg: Το δίκτυο αποτελείται από εσωτερικές και εξωτερικές μονάδες επεξεργασίας. Οι πρώτες δέχονται πολλές εισόδους ενώ οι δεύτερες παράγουν πολλές εξόδους. Η αναπροσαρμογή των βαρών είναι ανάλογη των καταστάσεων εισόδου και εξόδου.
- Drive-Reinforcement Theory: Μοιάζει πολύ με τον κανόνα Grossberg. Οι μονάδες επεξεργασίας αναπροσαρμόζουν τα βάρη ανάλογα με το γινόμενο των καταστάσεων εισόδου και εξόδου. Η τρέχουσα κατάσταση εξόδου εξαρτάται περισσότερο από την προηγούμενη είσοδο και όχι την τρέχουσα.

3.5.4 Τερματισμός εκπαίδευσης

Η αλλαγή των βαρών επαναλαμβάνεται, μέχρι να καταλήξει το νευρωνικό σε ελάχιστο σφάλμα. Όταν το πρόβλημα όμως είναι σύνθετο η εκπαίδευση μπορεί να αποβεί χρονοβόρα και να καταλήξει σε λάθος αποτελέσματα. Έτσι η εκπαίδευση τερματίζεται όταν[23]:

1. Ελαχιστοποιείται η τιμή της κλίσης της επιφάνειας σφάλματος. Ο αλγόριθμος τότε μπορεί να θεωρηθεί ότι τερματίστηκε, αφού εξορισμού η κλίση στο ελάχιστο σημείο της επιφάνειας σφάλματος είναι 0.
2. Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα πέσει κάτω από προκαθορισμένο όριο.
3. Ολοκληρωθεί ένας προκαθορισμένος αριθμός επαναλήψεων.
4. Το δίκτυο έχει καλή συμπεριφορά σε τιμές εισόδου πέρα αυτών που χρησιμοποιήθηκαν για εκπαίδευση. Αυτό είναι το πλέον αξιόπιστο κριτήριο τερματισμού εκπαίδευσης. Η μέθοδος τερματισμού ονομάζεται «**Cross - Validation**». Σύμφωνα με αυτή, από το σύνολο των δεδομένων που έχουμε στη διάθεσή μας για εκπαίδευση χρησιμοποιούμε περίπου το 85% για εκπαίδευση και το υπόλοιπο 15% για διασταύρωση (cross-validation). Κατά την εκπαίδευση, παρακολουθείται η συμπεριφορά του νευρωνικού σε σχέση με το σύνολο των στοιχείων διασταύρωσης (cross validation), τα οποία δεν ανήκουν στο σύνολο εκπαίδευσης. Καθώς εκπαιδεύεται το δίκτυο αρχικά η συμπεριφορά του ως προς τα διανύσματα αυτά φαίνεται να βελτιώνεται, κάποια στιγμή όμως αρχίζει να χειροτερεύει. Είναι η λεγόμενη περίπτωση κορεσμού, που οδηγεί στην υπερεκπαίδευση του. Σε αυτό το σημείο λοιπόν, επιβάλλεται να τερματισθεί ο αλγόριθμος εκμάθησης, για μια πιο σωστή και ολοκληρωμένη αντιμετώπιση του υπάρχοντος προβλήματος.

Από τα παραπάνω κριτήρια, τα τρία πρώτα είναι πολύ πιθανό να οδηγήσουν σε πρόωρο τερματισμό, αντίθετα με το τελευταίο, το οποίο δεν οδηγεί σε πρόωρο τερματισμό, αλλά επιπλέον βελτιώνει την ικανότητα γενίκευσης του δικτύου. Στην παρούσα διπλωματική εργασία, για τον τερματισμό της εκπαίδευσης χρησιμοποιείται συνδυασμός των παραπάνω κριτηρίων, με έμφαση όμως, στον τερματισμό της εκπαίδευσης σύμφωνα με τη μέθοδο «Cross - Validation».

3.6 Το Μοντέλο Perceptron

[17,25] Το **Perceptron** είναι ένα πολύ απλό νευρωνικό δίκτυο ενός επιπέδου και αποτελεί εφεύρεση του Frank Rosenblatt. Αυτό που καθιστά ενδιαφέρον το δίκτυο Perceptron είναι η ικανότητά του να γενικεύει με τη βοήθεια των διανυσμάτων εκπαίδευσης και να λειτουργεί με τυχαία διανεμημένες συνδέσεις. Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό σε απλά προβλήματα ταξινόμησης γραμμικά διαχωρίσιμων προτύπων. Ο πιο απλός Perceptron αποτελείται από ένα νευρώνα.

Αν οι εισόδοι είναι : x_1, x_2, \dots, x_n και

τα συναπτικά βάρη: w_1, w_2, \dots, w_n , τότε η έξοδος που δίνεται είναι

$f(x)=1$, αν $w \cdot x - b > 0$

$f(x)=0$, αν $w \cdot x - b \leq 0$, όπου $w \cdot x$ το εξωτερικό γινόμενο μεταξύ των διανυσμάτων συναπτικών βαρών και εισόδου, και b ένας σταθερός όρος που έχει προκύψει κατά την εκπαίδευση.

Ένας Perceptron καλείται να ταξινομήσει τις εισόδους σε κατηγορίες. Για παράδειγμα στην κατηγορία Α ανήκουν οι εισόδοι με έξοδο 1 και στη Β οι εισόδοι με έξοδο 0.

Εκπαίδευση

Αρχικά διανύσματα εκπαίδευσης παρουσιάζονται στο δίκτυο ένα ένα. Αν όλες οι έξοδοι συμπίπτουν με αυτές που έχουμε δώσει στο δίκτυο σαν επιθυμητές δεν πραγματοποιείται καμία αλλαγή. Αν όχι τότε τα συναπτικά βάρη και ο αριθμός b , που αναφέραμε παραπάνω διαφοροποιούνται σύμφωνα με τις εξισώσεις:

$$W(i)' = W(i) + [C - O] \cdot P(i)$$

$$b' = b + [C - O],$$

όπου W : διάνυσμα βαρών

C : επιθυμητή έξοδος

O : έξοδος

P : διάνυσμα εισόδου

b : ο αριθμός bias

Όταν αυτή η διαδικασία ολοκληρωθεί για όλα τα στοιχεία της εκπαίδευσης και τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει συμπίπτουν με τα επιθυμητά η εκπαίδευση τελειώνει. Αφού λοιπόν περατωθεί η εκπαίδευση και έχουν προσαρμοστεί τα βάρη και ο αριθμός bias το Perceptron για οποιαδήποτε είσοδο θα είναι σε θέση να κατηγοριοποιήσει τα δεδομένα στον χώρο που αντιστοιχούν, δηλαδή για παράδειγμα στον Α ή τον Β όπως είπαμε παραπάνω.

3.7 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα Νευρωνικών Δικτύων

Πλεονεκτήματα

Μερικά από τα χαρακτηριστικά που υποστηρίζουν την επιτυχία των τεχνητών νευρωνικών δικτύων και τους διακρίνουν από τις συμβατικές υπολογιστικές τεχνικές είναι τα παρακάτω[26]:

- **Ευκολία χρήσης:** Ο χρήστης ενός τεχνικού νευρωνικού δικτύου συγκεντρώνει αντιπροσωπευτικά στοιχεία και χρησιμοποιεί αλγόριθμους κατάρτισης για να μάθει αυτόματα τη δομή των δεδομένων. Παρά το γεγονός ότι ο χρήστης είναι απαραίτητο να έχει κάποια γενική γνώση του τρόπου επιλογής και επεξεργασίας δεδομένων, πώς να επιλέξουν έναν κατάλληλο νευρωνικό δίκτυο, και πώς να ερμηνεύσει τα αποτελέσματα, το επίπεδο των γνώσεων του χρήστη που απαιτούνται για την επιτυχή εφαρμογή νευρωνικών δικτύων είναι πολύ χαμηλότερο από ό,τι θα ήταν σε περίπτωση που χρησιμοποιούσε πιο παραδοσιακές γραμμικές στατιστικές μεθόδους.
- **Μη-γραμμικότητα.** Όπως είναι γνωστό η δομή ενός νευρωνικού δικτύου αποτελείται από συνδεδεμένους νευρώνες, οι οποίοι μπορούν να χαρακτηριστούν ως μη-γραμμικές μονάδες επεξεργασίας. Η μη-γραμμικότητα αποτελεί ιδιαίτερα σημαντική ιδιότητα σε περιπτώσεις που ο φυσικός μηχανισμός για την παραγωγή των σημάτων εισόδου είναι μη-γραμμικός. Για το λόγο αυτό τα νευρωνικά δίκτυα χαρακτηρίζονται ως εξελιγμένες τεχνικές μοντελοποίησης που μπορούν να μοντελοποιούν εξαιρετικά πολύπλοκες λειτουργίες.
- **Σχεδιασμός Εισόδου-Εξόδου.** Η απόκτηση γνώσεων για ένα συγκεκριμένο πρόβλημα από τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα γίνεται άμεσα με τη διαδικασία της εκπαίδευσης. Στο στάδιο αυτό μεταβάλλονται τα συναπτικά βάρη του Νευρωνικού Δικτύου προκειμένου οι τιμές που προέβλεψε το δίκτυο με τις πραγματικές τιμές του συνόλου των δεδομένων εκπαίδευσης να παρουσιάζουν μικρό σφάλμα. Με τον κατάλληλο σχεδιασμό εισόδου-εξόδου των δεδομένων εκπαίδευσης το δίκτυο μπορεί να παρουσιάσει αξιόλογα αποτελέσματα.
- **Προσαρμοστικότητα.** Τα Νευρωνικά Δίκτυα έχουν τη δυνατότητα να προσαρμόζουν τα βάρη τους στις αλλαγές του περιβάλλοντός τους. Αυτό τα καθιστά ευέλικτα σε πολύπλοκα προβλήματα.
- **Ανοχή σε σφάλματα.** Λόγω της ύπαρξης πολλών μονάδων επεξεργασίας και της διανομής της πληροφορίας σε όλο το δίκτυο τα νευρωνικά έχουν πολύ καλή ανοχή σε σφάλματα. Ακόμη, δηλαδή, και με την καταστροφή μέρους των νευρώνων του συστήματος ή των μεταξύ τους συνδέσεων, το δίκτυο δεν οδηγείται σε ολική καταστροφή, ούτε επηρεάζεται σημαντικά η απόκρισή του.

- **Αντιστοιχία με νευρο-βιολογία.** Η λειτουργία των τεχνικών νευρωνικών δικτύων είναι αντίστοιχη με τον τρόπο λειτουργίας του εγκεφάλου . Μέσω της μελέτης της νευρο-βιολογίας μπορούν να αντληθούν νέες ιδέες για το σχεδιασμό τους προκειμένου να λύνουν ακόμα πιο πολύπλοκα προβλήματα.
- **Ευελιξία στη μορφή των δεδομένων.** Τα Νευρωνικά δίκτυα μπορούν να λειτουργήσουν με αριθμητικά ή αναλογικά δεδομένα .
- **Ταχύτητα.** Οφείλεται στον έντονο παραλληλισμό των διεργασιών των νευρωνικών δικτύων.

Ωστόσο η χρήση τεχνητών νευρωνικών δικτύων παρουσιάζει και μειονεκτήματα, τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω[20,26].

Μειονεκτήματα

- **Άσχημη γενίκευση.** Υπάρχει πιθανότητα απομνημόνευσης των δεδομένων εκπαίδευσης σε τέτοιο βαθμό που το νευρωνικό στα δεδομένα αυτά να αποδίδει άριστα, αλλά να μην αποδίδει σε νέα δεδομένα το ίδιο καλά.
- Η αυξημένη πιθανότητα να παγιδευτούν σε τοπικό ελάχιστο της επιφάνειας σφάλματος κατά την εκπαίδευση
- Αποτελεί τεχνολογία μαύρου κουτιού.
- Δεν μπορούμε να εξάγουμε εύκολα συμπεράσματα, καθώς ο τρόπος με τον οποίο διαμορφώνονται τα δίκτυα κατά τη λειτουργία τους δεν μας είναι γνωστός. Το μειονέκτημα αυτό αποτελεί επέκταση του προηγούμενου, ότι δηλαδή τα νευρωνικά έχουν χαρακτήρα μαύρου κουτιού.
- Δεν έχουν βρεθεί απαντήσεις σε ερωτήματα όπως, ποιος είναι ο καταλληλότερος αριθμός νευρώνων σε κάθε επίπεδο ή ο καταλληλότερος αριθμός κρυφών στρωμάτων-επιπέδων. Οι θεωρίες που έχουν αναπτυχθεί για τον καλύτερο σχεδιασμό δικτύων είναι λίγες. Η εξεύρεση αποδεκτών λύσεων για προβλήματα δεν είναι εγγυημένη.

3.8 Εφαρμογές Νευρωνικών Δικτύων

Τα Νευρωνικά δίκτυα μπορούν να εφαρμοστούν σχεδόν σε κάθε κατάσταση στην οποία η σχέση μεταξύ των μεταβλητών πρόβλεψης (ανεξάρτητες επιχειρήσεις, εισροές) και των προβλεπόμενων μεταβλητών (εξαρτώμενα πρόσωπα, εκροές) υπάρχει, ακόμη και όταν η σχέση αυτή είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη. Μερικά παραδείγματα προβλημάτων στα οποία τα νευρωνικά δίκτυα εφαρμόστηκαν με επιτυχία είναι στους εξής τομείς[18,27]:

- **Ιατρική-Ανίχνευση των ιατρικών φαινομένων.** Μια ποικιλία φαινομένων στο τομέα της υγείας που σχετίζονται με δείκτες (π.χ., ο συνδυασμός της καρδιακής συχνότητας, τα επίπεδα των διαφόρων ουσιών στο αίμα, ρυθμός αναπνοής) μπορεί να παρακολουθούνται. Η εμφάνιση μίας συγκεκριμένης ιατρικής κατάστασης θα μπορούσε να σχετίζεται με ένα πολύ σύνθετο συνδυασμό των μεταβολών σε ένα υποσύνολο των μεταβλητών που παρακολουθούνται. Έχουν χρησιμοποιηθεί νευρωνικά δίκτυα για να αναγνωρίσουν αυτό το μοντέλο πρόβλεψης, ούτως ώστε η κατάλληλη θεραπεία να είναι δυνατόν να περιγραφεί.
- **Πρόβλεψη της αγοράς (stock market):** Διακυμάνσεις των τιμών των μετοχών και των χρηματιστηριακών δεικτών είναι ένα άλλο παράδειγμα πολύπλοκο και πολυδιάστατο, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις, τουλάχιστον εν μέρει-ντετερμινιστικό φαινόμενο. Τα νευρωνικά δίκτυα που χρησιμοποιούνται από πολλούς τεχνικούς αναλυτές για να γίνουν προβλέψεις για τις τιμές μετοχών στηρίζονται σε ένα μεγάλο αριθμό παραγόντων, όπως η προηγούμενη απόδοση άλλων αποθεμάτων και διάφοροι οικονομικοί δείκτες.
- **Εκχώρηση (Credit assignment):** Μια ποικιλία από κομμάτια πληροφοριών είναι συνήθως γνωστή για έναν αιτούντα για ένα δάνειο. Για παράδειγμα, η ηλικία του αιτούντος, η εκπαίδευση, η εργασία, και πολλά άλλα στοιχεία μπορεί να είναι διαθέσιμα. Μετά την κατάρτιση ενός νευρωνικό δικτύου σε ιστορικά στοιχεία, μία ανάλυση νευρωνικού δικτύου μπορεί να εντοπίσει τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά και τη χρήση αυτών για να κατατάξει τους αιτούντες ως καλής, μέσης ή κακής φερεγγυότητας.
- **Παρακολούθηση της κατάστασης μηχανημάτων (Monitoring the condition of machinery):** Νευρωνικά δίκτυα μπορούν να συμβάλουν στη μείωση του κόστους αυξάνοντας την εμπειρία για τον προγραμματισμό της προληπτικής συντήρησης των μηχανημάτων. Ένα νευρωνικό δίκτυο μπορεί να εκπαιδευτεί για να γίνει διάκριση μεταξύ των ήχων μιας μηχανής που κάνει όταν εκτελείται κανονικά ("ψευδείς συναγερμούς") έναντι του όταν βρίσκεται στα πρόθυρα ενός προβλήματος. Μετά την περίοδο αυτή της κατάρτισης, η εμπειρία του δικτύου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προειδοποιήσει έναν τεχνικό προτού να προκαλέσει απρόβλεπτες δαπάνες.

- **Διαχείριση μηχανής (engine management):** Έχουν χρησιμοποιηθεί νευρωνικά δίκτυα για να αναλύσουν τη συμβολή των αισθητήρων σε κινητήρα. Το νευρωνικό δίκτυο ελέγχει τις διάφορες παραμέτρους για την επίτευξη ενός συγκεκριμένου στόχου, όπως η ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης καυσίμου.

Άλλες εφαρμογές των Νευρωνικών Δικτύων σε τομείς της σύγχρονης τεχνολογίας και της εφαρμοσμένης έρευνας είναι οι παρακάτω :

- Αναγνώριση προφορικού λόγου και αγγλικού κειμένου.
- Διάγνωση καρδιακών επεισοδίων.
- Μουσική τεχνολογία για τη μοντελοποίηση του τρόπου αντίληψης της δομής του τύπου συστημάτων και τύπου ανάλυσης, τύπου συγχορδιών.
- Τμηματοποίηση (κβάντιση) του μουσικού χρόνου.
- Σε αστικές και δομικές κατασκευές.
- Μοντελοποίηση των συστημάτων μηχανικής.
- Ανίχνευση ζημιών σε κτίρια(λύση σε πρόβλημα ανίχνευσης ζημιών), σε διαρθρωτικά συστήματα, εκτίμηση ζημιών.
- Σαν προγνωστικό μοντέλο(πρόβλεψη ροής ενός ποταμού).
- Ακόμη, μπορούν να βοηθήσουν στην πολύπλοκη σχέση μεταξύ συνθήκων εργασίας και παραγωγικότητας μιας επιχείρησης.
- Τα δίκτυα μπορούν και εφαρμόζονται με επιτυχία για την επίλυση τριών διαρθρωτικών μηχανικών προβλημάτων. Το πρώτο αφορά την αναγνώριση σχημάτων, το δεύτερο ένα απλό σχέδιο πορείας και το τρίτο την ανάλυση.
- Στην αρχιτεκτονική.
- Ακόμη, και στην ακουστική ανάλυση δικτύου, όπως για παράδειγμα η ακουστική απόδοση στις αίθουσες συναυλιών (διάδοση ήχου).Πιο συγκεκριμένα, τα νευρωνικά δίκτυα χρησιμοποιήθηκαν για αυτόν το σκοπό, στις αίθουσες διδασκαλίας του Πανεπιστημίου British Columbia (UBC) για την αναπαραγωγή ήχου σε κάθε ζώνη συχνότητας.

Δεδομένης αυτής της περιγραφής των νευρωνικών δικτύων και το πώς λειτουργούν, τί εφαρμογές έχουν στον πραγματικό κόσμο, τα Νευρωνικά δίκτυα έχουν ευρεία εφαρμογή σε πραγματικά προβλήματα και στον επιχειρηματικό κόσμο. Στην πραγματικότητα, έχουν ήδη εφαρμοστεί με επιτυχία σε πολλές βιομηχανίες σε:

- Πρόβλεψης πωλήσεων.
- Έλεγχος της βιομηχανικής διαδικασίας.

- Έρευνα πελατών.
- Επικύρωση δεδομένων.
- Διαχείριση του κινδύνου.
- Target marketing.

3.9 Πρόβλεψη Χρονοσειρών

Χρονοσειρά είναι μια σειρά δεδομένων , η οποία μετράται συνήθως σε διαδοχικές περιόδους κατανεμημένες κατά ομοιόμορφα χρονικά διαστήματα. Η πιο παραστατική παρουσίαση των χρονοσειρών γίνεται με χρονοδιαγράμματα, όπου στον άξονα x υπάρχει ο χρόνος και στον άξονα y η τιμή του μεγέθους που μετράμε. Επεξεργαζόμενοι μια χρονοσειρά επιθυμούμε την εξαγωγή συμπερασμάτων για το συγκεκριμένο μέγεθος και στην καλύτερη περίπτωση την άντληση πληροφοριών που μπορούν να δώσουν στοιχεία για το μέλλον.[28]

Για να γίνει πρόβλεψη χρονοσειρών είναι απαραίτητο:

- Να υπάρχουν πληροφορίες από το παρελθόν.
- Οι πληροφορίες αυτές να μπορούν να απεικονιστούν αριθμητικά.
- Να μπορεί να θεωρηθεί ότι κάποια στοιχεία του μοτίβου του παρελθόντος θα επαναληφθούν και στο μέλλον.

Τα βήματα που ακολουθούνται για μια πρόβλεψη είναι :

- Ο σαφής προσδιορισμός της πρόβλεψης
- Η συγκέντρωση των δεδομένων.
- Η προκαταρκτική ανάλυση δεδομένων. Προσδιορίζονται οι πληροφορίες που μπορούν να αντληθούν από τα δεδομένα.
- Η επιλογή των μοντέλων πρόβλεψης.
- Η χρήση και η αξιολόγηση των μοντέλων πρόβλεψης. Με βάση το σφάλμα στην έξοδο γίνεται η αξιολόγηση κάθε μεθόδου που εφαρμόστηκε.

Κεφάλαιο 4 Δεδομένα Αποτελέσματα

4.1 Μεθοδολογία

Συλλογή δεδομένων. Αρχικά συγκεντρώνονται ως δεδομένα μακροοικονομικές και ναυτιλιακές μεταβλητές. Πιο συγκεκριμένα οι μακροοικονομικές μεταβλητές αντλήθηκαν από το ειδησεογραφικό πρακτορείο Bloomberg. Οι ναυτιλιακές μεταβλητές αντλήθηκαν από τον οίκο Clarksons.

Επεξεργασία δεδομένων. Γίνεται θεωρητική προσέγγιση κατά την οποία από τις μεταβλητές που έχουμε συλλέξει επιλέγονται εκείνες που μπορεί να εμπεριέχουν πληροφορίες για την τιμή εκείνης που επιθυμώ να προβλέψω (Baltic Dry Index). Τα δεδομένα που έχουμε στη διάθεσή μας υπόκεινται σε πολλούς και διαφορετικούς τρόπους επεξεργασίας προτού χρησιμοποιηθούν από τα νευρωνικά δίκτυα. Πιο συγκεκριμένα ελέγχεται πρώτα η συσχέτισή τους με την προς πρόβλεψη μεταβλητή. Έπειτα για τις πιο συσχετισμένες μεταβλητές με τον δείκτη BDI υπολογίζεται η συσχέτιση με χρονική καθυστέρηση (cross-correlation) που παρουσιάζουν με αυτόν και μετατοπίζονται χρονικά με τέτοιο τρόπο ώστε να παρουσιάζουν μέγιστη συσχέτιση με τον δείκτη προς πρόβλεψη. Επίσης τα δεδομένα που θα εισαχθούν στα νευρωνικά θα χρησιμοποιηθούν σε ορισμένες περιπτώσεις ως δεδομένα εκπαίδευσης και διασταύρωσης (training data & cross validation data) αλλά και ως δεδομένα εκπαίδευσης (training data) μόνο.

Μέθοδοι πρόβλεψης. Ακολουθούνται 3 μέθοδοι για την πρόβλεψη του BDI 2, 4, 6 και 8 μήνες μετά τον Ιούνιο του 2008, την περίοδο δηλαδή που ξεκίνησε η παγκόσμια οικονομική κρίση. Αναλυτικότερα:

- Κατά την πρώτη μέθοδο χρησιμοποιούνται τα δεδομένα εκείνα που παρουσιάζουν συσχέτιση μεγαλύτερη του 0.45 με τον BDI ως είσοδοι σε νευρωνικά δίκτυα τύπου Modular Neural Networks.
- Κατά τη δεύτερη μέθοδο χρησιμοποιούνται οι μεταβλητές της πρώτης μεθόδου με τη διαφορά ότι μετατοπίζονται χρονικά ανάλογα με τη συσχέτιση με χρονική καθυστέρηση (cross-correlation) που παρουσιάζουν με τον δείκτη BDI, όπως προαναφέρθηκε. Τα νευρωνικά που θα τρέξουν είναι τύπου Modular Neural Networks.

- Κατά την τρίτη μέθοδο χρησιμοποιούνται όλες οι μεταβλητές που έχουν επιλεγεί στη θεωρητική προσέγγιση ως εισόδοι σε νευρωνικά τύπου Modular, Generalized, PCA, RBF και Self-Organizing Neural Networks.

Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα που χρησιμοποιούνται είναι στατικά, δηλαδή δε διαθέτουν μνήμη και η έξοδος κάθε νευρώνα αποτελεί μια συγκεκριμένη, σχετικά απλή συνάρτηση μόνο του διανύσματος εισόδου του. Για την πρόβλεψη, λοιπόν, του Baltic Dry Index 2, 4, 6 και 8 μήνες μετά τον Ιούνιο του 2008 στα νευρωνικά δίκτυα αντιστοιχώ τις τιμές των μεταβλητών που διαθέτω με αυτές του δείκτη Baltic Dry Index χρονικά μετατοπισμένου με τέτοιο τρόπο ώστε οι μεταβλητές που αναφέρονται σε μία χρονική στιγμή να έχουν σχέση με τον BDI 2, 4, 6 και 8 μήνες αργότερα αντίστοιχα για κάθε μελλοντική πρόβλεψη. Οι χρονοσειρές που παρακάτω αναφέρονται ως BDI 2, BDI 4, BDI 6 και BDI 8 είναι οι προαναφερόμενες μετατοπισμένες χρονοσειρές του δείκτη Baltic Dry Index. Αφού λοιπόν τα τεχνικά νευρωνικά δίκτυα εκπαιδευτούν με βάση τα παλαιότερα δεδομένα που διαθέτουμε και βρουν τη συνάρτηση που συνδέει τις μεταβλητές εισόδου με την επιθυμητή έξοδο (BDI 2, 4, 6, 8 μήνες μετά) γνωρίζοντας τις μεταβλητές του Ιουνίου 2008 μπορούμε να κάνουμε πρόβλεψη για τον BDI 2, 4, 6, και 8 μήνες αργότερα.

Αποτελέσματα και αξιολόγηση αποτελεσμάτων. Στο στάδιο αυτό παρουσιάζονται οι προβλέψεις που έγιναν από τα νευρωνικά, τα σφάλματα που παρουσίασαν και αξιολογούνται οι τύποι νευρωνικών που χρησιμοποιήθηκαν αλλά και οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν.

4.2 Συλλογή Δεδομένων

Στην ιστορία της οικονομίας μπορεί κανείς να παρατηρήσει πως η βιωσιμότητα των επιχειρήσεων, σε όποιο τομέα αυτές δραστηριοποιούνται, εξαρτάται από τις συνθήκες που επικρατούν στη μακροοικονομία καθορίζοντας το επίπεδο της ευημερίας τους ή την πιθανότητα αθέτησης των υποχρεώσεών τους. Οι κρίσιμοι μακροοικονομικοί παράγοντες που έχουν επιλεγεί περιγράφονται παρακάτω. Πολλοί από αυτούς τους παράγοντες έχουν άμεση σχέση με την οικονομία των ΗΠΑ, καθώς είναι ο ηγέτης μεταξύ των ανεπτυγμένων οικονομιών του κόσμου και καθορίζει τη γενική οικονομική εξέλιξη στην παγκόσμια οικονομία. Άλλες επερχόμενες οικονομικές δυνάμεις όπως η Κίνα ή η Ινδία είναι στην πραγματικότητα αλληλένδετες με την οικονομία των ΗΠΑ, και η εξέλιξη των κύριων μακροοικονομικών χαρακτηριστικών τους έχει ενσωματωθεί στην εξέλιξη της οικονομίας των ΗΠΑ. Επιπρόσθετα, μελετώντας τις σημαντικότερες οικονομικές κρίσεις που έλαβαν χώρα κατά τον 20ο και τον 21ο αιώνα μπορεί κανείς να συμπεράνει ότι η πλειονότητα των κρίσεων που επηρέασαν τελικά και το χώρο της ναυτιλίας ήταν αυτές που εξαπλώθηκαν σε όλο τον κόσμο επηρεάζοντας αρνητικά το διεθνές εμπόριο. Η πλειοψηφία αυτών των παγκόσμιων οικονομικών κρίσεων είχαν ως αφετηρία τις ΗΠΑ, πριν επηρεάσουν την παγκόσμια οικονομία, μέσα από μία διαδικασία ντόμινο. Άλλες οικονομικές κρίσεις που σημειώθηκαν σε σημαντικές

οικονομίες όπως η Σουηδία και η Ιαπωνία κατά τη διάρκεια του 90 δεν είχαν έντονη επιρροή στην παγκόσμια οικονομία και στο ναυτιλιακό χώρο.

Οι διαθέσιμες προς επεξεργασία μακροοικονομικές χρονοσειρές είναι οι εξής [29]:

1) Αιτήσεις Ανέργων (Jobless claims):

Δείχνει τον τρόπο να μετρηθεί η αντοχή της αγοράς. Όσο λιγότεροι άνθρωποι κάνουν χρήση των επιδομάτων ανεργίας, τόσο περισσότεροι έχουν θέσεις εργασίας, και αυτό σημαίνει ότι η οικονομία ανθίζει. Νέες απαιτήσεις ανέργων αναρτώνται κάθε εβδομάδα για να δείξουν τον αριθμό των ατόμων που κατέθεσαν για ασφάλιση στο ταμείο ανεργίας για πρώτη φορά. Το Γραφείο Απασχόλησης και Εκπαίδευσης του αμερικανικού υπουργείου Εργασίας είναι υπεύθυνο να αναρτά αυτό το ποσοστό, αριθμό σε εβδομαδιαία βάση και ιδιαίτερα κάθε Πέμπτη.

2) Δείκτης Τιμών Καταναλωτή (CPI/United States Consumer Price Index):

Ο δείκτης τιμών καταναλωτή είναι ένα μέτρο του επιπέδου των τιμών των καταναλωτικών αγαθών και υπηρεσιών. Ο δείκτης τιμών καταναλωτή είναι ο πιο ευρέως διαδεδομένος μηνιαίος δείκτης πληθωρισμού. Πληθωρισμός (inflation) είναι η αύξηση της συνολικής τιμής των αγαθών και υπηρεσιών. Η σχέση μεταξύ του πληθωρισμού και των επιτοκίων αποτελεί το κλειδί για την κατανόηση του πώς δείκτες όπως ο δείκτης τιμών καταναλωτή επηρεάζουν την αγορά. Ο πληθωρισμός ουσιαστικά εξηγεί πώς τα επιτόκια βρίσκονται και εφαρμόζονται παντού, από μια υποθήκη ή καταναλωτικό δάνειο μέχρι έντοκα γραμμάτια του Δημοσίου, σημειώσεις και ομόλογα. Καθώς ο ρυθμός του πληθωρισμού αλλάζει αλλά και οι προσδοκίες για αλλαγή πληθωρισμού, οι αγορές προσαρμόζουν τα επιτόκια (interest rates). Το φαινόμενο αυτό απλώνεται σε μετοχές, ομόλογα, εμπορεύματα και χαρτοφυλάκια, συχνά με δραματική τάση. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο δείκτης τιμών καταναλωτή επικεντρώνεται στο να προσεγγίσει το δείκτη κόστους ζωής και όχι ένα γενικό δείκτη τιμών. Τα αγαθά αποτελούν μόνο το 40 τοις εκατό του δείκτη και το υπόλοιπο 60 τοις εκατό είναι υπηρεσίες.

3) Δείκτης Τιμών Παραγωγού (Producer Price Index):

Ο δείκτης τιμών παραγωγού μέτρα ένα σταθερό, πάγιο μηνιαίο πακέτο αγαθών από την παραγωγή και βιομηχανία. Υπολογίζει τις τιμές σε επίπεδο παραγωγού πριν τις περάσει στους καταναλωτές. Όσο ο δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI) είναι ο δείκτης τιμών με μεγαλύτερο αντίκτυπο στον καθορισμό των επιτοκίων, ο δείκτης τιμών παραγωγού (PPI) παρέχει σημαντικές πληροφορίες νωρίτερα στην παραγωγική διαδικασία. Ο δείκτης τιμών παραγωγού θεωρείται ένας πρόδρομος των δύο τιμών πληθωρισμού, του καταναλωτή και των κερδών. Ωστόσο, αξίζει να αναφερθεί ότι μόνο ένα μικρό μέρος του δείκτη τιμών παραγωγού είναι άμεσα συνδεδεμένο με λιγότερο από το ήμισυ του δείκτη τιμών καταναλωτή (CPI). Το Γραφείο της Στατιστικής Υπηρεσίας του Υπουργείου Εργασίας των Ηνωμένων Πολιτειών είναι υπεύθυνο για την μηνιαία έκθεση των δεδομένων του δείκτη τιμών παραγωγού (PPI), και αυτό γίνεται συνήθως τη δεύτερη ή την τρίτη εβδομάδα του μήνα.

4) Ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (Gross Domestic Product, GDP)

Το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (ΑΕΠ) αντιπροσωπεύει το σύνολο της παραγωγής της χώρας κατά τη διάρκεια μιας περιόδου και αποτελείται από τις αγορές της εγχώριας παραγωγής αγαθών και υπηρεσιών από ιδιώτες, επιχειρήσεις, αλλοδαπούς και κυβερνητικές οντότητες. Τα στοιχεία είναι διαθέσιμα έχοντας την ονομαστική και πραγματική τους αξία σε δολάρια καθώς και μια μορφή ενδεικτικών τιμών. Το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (GDP) είναι δείκτης για όλες τις μορφές οικονομικής δραστηριότητας. Οι επενδυτές πρέπει να παρακολουθούν στενά την οικονομία, διότι συνήθως υποδεικνύει πως οι επενδύσεις θα κινούνται. Τα στοιχεία του ΑΕΠ, όπως οι δαπάνες των καταναλωτών, των επιχειρήσεων και των στεγαστικών επενδύσεων και οι δείκτες τιμών ρίχνουν φως στα γεγονότα της οικονομίας, το οποίο μεταφράζεται σε επενδυτικές ευκαιρίες και καθοδήγηση στη διαχείριση χαρτοφυλακίου. Το Γραφείο Οικονομικής Ανάλυσης του Υπουργείου Εμπορίου προετοιμάζει την έκθεση του ΑΕΠ σε τριμηνιαία βάση, συνήθως την τέταρτη εβδομάδα του μήνα.

5) Λιανικές πωλήσεις (Retail Sales)

Οι λιανικές πωλήσεις μετρούν το σύνολο των εσόδων σε καταστήματα που πωλούν αγαθά. Αυτή η εικόνα έχει μεγάλη σημασία δεδομένου ότι αντιπροσωπεύουν σχεδόν το ήμισυ του συνόλου των καταναλωτικών δαπανών που απορροφά περισσότερο από τα δύο τρίτα του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος. Οι λιανικές πωλήσεις είναι το στοιχείο κλειδί στην οικονομία. Σύμφωνα με το βορειοαμερικανικό βιομηχανικό σύστημα ταξινόμησης, οι πωλήσεις αυτές είναι διαθέσιμες σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο για ένα σύνολο επίσημων εργασιών σε χώρους όπως το λιανικό εμπόριο. Οι λιανικές πωλήσεις δεν δίνουν μόνο τη γενική εικόνα, αλλά και τις τάσεις μεταξύ των διαφόρων τύπων μικρέμπορων. Αυτά τα ποσά είναι σε δολάρια, με άλλα λόγια, δεν είναι προσαρμοσμένα στον πληθωρισμό. Το Γραφείο απογραφής του Υπουργείου Εμπορίου αναρτά σε μηνιαία βάση, την έκθεση των λιανικών πωλήσεων του προηγούμενου μήνα, συνήθως τη δεύτερη ή τρίτη βδομάδα του μήνα.

6) Βιομηχανικές Παραγγελίες (Factory Orders)

Οι Βιομηχανικές Παραγγελίες αποτελούν σημαντική ένδειξη για βιομηχανικές παραγωγές και επένδυση κεφαλαίων. Αυτή η έκθεση προσφέρει την εικόνα για τη ζήτηση για εμπορεύματα όπως τα ψυγεία και τα αυτοκίνητα, αλλά όπως και τα τσιγάρα. Επιπλέον, αναλυτές παρακολουθούν παραγγελίες, πιο συγκεκριμένα τον δείκτη του όγκου των εκκρεμοτήτων σε παραγωγή. Συνοψίζοντας, αυτή η έκθεση ενημερώνει τους επενδυτές σχετικά με το τί να περιμένουμε από τον κατασκευαστικό τομέα, που αποτελεί σημαντικό συστατικό στοιχείο της οικονομίας και ως εκ τούτου σημαντική επίδραση στις επενδύσεις. Το Γραφείο απογραφής του Υπουργείου Εμπορίου είναι αρμόδιο για την έκδοση σε μηνιαία βάση.

7) Δείκτης του Ινστιτούτου για τη Διαχείριση της Προσφοράς, Παραγωγικός Δείκτης (ISM Mfg Index)

Το Ινστιτούτο Διαχείρισης Παραγωγής διεξάγει έρευνες σε περισσότερες από 300 παραγωγικές εταιρείες όσον αφορά την απασχόληση, την παραγωγή, τις νέες

παραγγελίες και τις παραδόσεις προμηθευτή. Ένας σύνθετος δείκτης διάχυσης των εθνικών συνθηκών παραγωγής κατασκευάζεται. Παραγγελίες εξαγωγής, παραγγελίες εισαγωγής, παραγγελίες που δεν πραγματοποιήθηκαν, καθώς και τιμές που καταβάλλονται για πρώτες ύλες και ημιτελείς. Το Ινστιτούτο Διαχείρισης Παραγωγής εκδίδει και ανανεώνει σε μηνιαία βάση το δείκτη του Ινστιτούτου για τη Διαχείριση της Προσφοράς (ISM). Ο παρών δείκτης όταν παίρνει τιμές από 50 και άνω υποδεικνύει πως υπάρχει ανάπτυξη στον παραγωγικό τομέα. Τιμές άνω του 43 και κάτω του 50 μαρτυρούν ανάπτυξη της οικονομίας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής ακόμα και αν συρρικνώνεται ο παραγωγικός τομέας. Τιμές κάτω του 43 δηλώνουν ύφεση της οικονομίας. Με άλλα λόγια, υπαγορεύει τον τρόπο απόδοσης διαφόρων τύπων επενδύσεων που θα εκτελεστούν. Ο Δείκτης του Ινστιτούτου για τη Διαχείριση της Προσφοράς δείχνει τις γενικές τάσεις στον εργοστασιακό τομέα. Η σημασία αυτού του δείκτη ενισχύεται από το γεγονός ότι είναι διαθέσιμος στις αρχές του κάθε μήνα και δεν υπόκειται σε αναθεώρηση. Η αγορά ομολόγων θα παρουσιάσει πτώση, όταν ο παραγωγικός δείκτης (ISM) είναι ισχυρότερος από το αναμενόμενο. Οι αγορές μετοχών προτιμούν χαμηλότερα επιτόκια και θα μπορούσαν να αυξηθούν με την αγορά ομολόγων. Ωστόσο, ένα υγιές παραγωγικό τομέας, που εκφράζεται με τα αυξανόμενα επίπεδα του παραγωγικού δείκτη (ISM), αποτελεί καλό οίονο για τα εταιρικά κέρδη και είναι ένας πηχης για τη χρηματιστηριακή αγορά. Το επίπεδο του παρόντος δείκτη δείχνει αν η παραγωγή, καθώς και το σύνολο της οικονομίας αυξάνονται ή μειώνονται. Ιστορικά, οι τιμές του 50 τοις εκατό ή παραπάνω συνδέονται με μια επέκταση στον παραγωγικό τομέα και υγιή ανάπτυξη του ακαθάριστου εθνικού προϊόντος (ΑΕΠ) συνολικά. Μετρήσεις κάτω του 50 υποδηλώνουν συρρίκνωση του παραγωγικού τομέα, αλλά αύξηση του ΑΕΠ μέχρι ο παραγωγικός δείκτης (ISM) να πέσει κάτω από 42,7. Αναγνώσεις μεταξύ των δύο αυτών επιπέδων δείχνουν ότι η παραγωγή μειώνεται, ενώ το ΑΕΠ συνεχίζει να αυξάνεται αλλά με πολύ αργούς ρυθμούς. Το Ινστιτούτο Διαχείρισης Παραγωγής (Institute for Supply Management) ενημερώνει σε μηνιαία βάση τον παραγωγικό δείκτη (ISM).

8) Ατομικό Εισόδημα (Personal Income)

Το ατομικό εισόδημα είναι η αξία του δολαρίου που έχουν τα εισοδήματα, συμπεριλαμβανομένων των μισθών και ημερομισθίων, πρόσθετων παροχών συνταξιοδοτικών προγραμμάτων, εισοδημάτων δικαιούχου, εισοδημάτων από μισθώσεις, μερίσματα, τόκους και μεταβιβάσεις, όπως η κοινωνική ασφάλιση και η αποζημίωση ανεργίας. Οι προσωπικές εισφορές για κοινωνική ασφάλιση αφαιρούνται από το εισόδημα. Το ατομικό εισόδημα περιλαμβάνει επίσης τους φόρους που οι καταναλωτές πρέπει να πληρώσουν. Αφαιρώντας τις πληρωμές φόρων από τα εισοδήματα, έχουμε το καθαρό εισόδημα. Αυτό είναι που ουσιαστικά μένει στους καταναλωτές να ξοδέψουν για αγαθά και υπηρεσίες. Η Υπηρεσία Οικονομικής Ανάλυσης του Υπουργείου Εμπορίου προετοιμάζει την έκθεση σε μηνιαία βάση σχετικά με τα ατομικά εισοδήματα.

9) Ατομική Καταναλωτική Δαπάνη (Personal Consumption Expenditure, PCE)

Η προσωπική καταναλωτική δαπάνη αποτελεί ένα ολοκληρωμένο μέτρο του πόσο οι καταναλωτές δαπανούν κάθε μήνα, αρχής γενομένης δαπάνες για διαρκή αγαθά, καταναλωτικά προϊόντα και υπηρεσίες. Οι καταναλωτικές δαπάνες αποτελούν το

μεγαλύτερο τμήμα των προσωπικών δαπανών, οι οποίες περιλαμβάνουν επίσης τις πληρωμές τόκων και μεταφορές πληρωμών.

10)Καταναλωτική Εμπιστοσύνη (Consumer Confidence)

Το διοικητικό συμβούλιο οργανώνει σε μηνιαία βάση έρευνα για τη συμπεριφορά των καταναλωτών στις σημερινές και μελλοντικές οικονομικές συνθήκες. Πέντε χιλιάδες καταναλωτές σε όλη τη χώρα είναι το δείγμα διεξαγωγής της έρευνας κάθε μήνα. Το επίπεδο εμπιστοσύνης των καταναλωτών συνδέεται με τις καταναλωτικές δαπάνες και κινούνται κάθε μήνα παράλληλα.

11)Καταναλωτική Πίστη (Consumer Credit)

Καταναλωτικό χρέος μπορεί να οριστεί ως «τα χρήματα, αγαθά ή υπηρεσίες που παρέχονται σε ένα άτομο αντί πληρωμής." Κοινές μορφές περιλαμβάνουν τις πιστωτικές κάρτες , κάρτες καταστημάτων, τα προσωπικά δάνεια (δάνεια δόσης), τα καταναλωτικά δάνεια (δάνεια λιανικής δόσης) και υποθήκες . Το κόστος της πίστωσης είναι το επιπλέον ποσό, πέρα από το ποσό που δανείστηκε που ο οφειλέτης πρέπει να πληρώσει. Περιλαμβάνει τόκους , τα τέλη διακανονισμού και άλλες επιβαρύνσεις.

12)Παγκόσμιος δείκτης Μετοχών (World Stock Index)

Ο δείκτης αυτός απεικονίζει την πορεία των μετοχών για τις παρακάτω αγορές: Αυστραλία, Αυστρία, Βέλγιο, Καναδά, Φινλανδία, Γαλλία, Ελλάδα, Χονγκ Κονγκ, Ιρλανδία, Ιταλία, Ιαπωνία, Ολλανδία, Νέα Ζηλανδία, Νορβηγία, Πορτογαλία, Σιγκαπούρη, Ισπανία, Σουηδία, Ελβετία, Ηνωμένο Βασίλειο, ΗΠΑ.

13) Τρέχουσα Τιμή Χρυσού ανά Ουγγιά (Spot Price of Gold per Oz)

Η τιμή του χρυσού ανά ουγγιά αντικατοπτρίζει άμεσα την παγκόσμια ζήτηση για χρυσό για οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Η τιμή του χρυσού ανά ουγγιά είναι επίσης ένας ισχυρός οικονομικός δείκτης, δεδομένου ότι επιτρέπει τους επενδυτές να γνωρίζουν πόση εμπιστοσύνη μπορούν να δείξουν στα συναλλάγματα.

14) Τρέχουσα Τιμή Χαλκού σε δολάρια ανά τόνο (Spot Price of Copper)

Ο χαλκός αποτελεί τη βασική πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται για να κατασκευαστούν ηλεκτρικά καλώδια, σωλήνες και ηλεκτρονικά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μιας αύξησης ή μείωσης της ζήτησης χαλκού την ανάκαμψη της οικονομικής δραστηριότητας ή την επιβράδυνσή της αντίστοιχα. Αν και είναι ευκολότερο να χρησιμοποιηθεί η τιμή αγοράς του χαλκού ως δείκτης θα μπορούσε να είναι παραπλανητικός σε ορισμένες περιπτώσεις και ιδιαίτερα στην περίπτωση της συσσώρευσης αποθεμάτων. Ωστόσο, θεωρούμε ότι η ταυτόχρονη χρήση πολλών σημαντικών παραγόντων σε συνδυασμό με την τιμή αγοράς του χαλκού, θα μειώσει την επιρροή κάποιων έκτακτων περιστατικών. Για παράδειγμα, η πρόσφατη συσσώρευση του χαλκού από την Κίνα, ενώ οι τιμές είναι χαμηλές, που θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της τιμής του χαλκού δεν θα οδηγήσει το μοντέλο μας σε λανθασμένη κατεύθυνση, καθώς οι άλλοι σημαντικοί παράγοντες που έχουμε στη διάθεσή μας θα εξαλείψουν την υποτιθέμενη εσφαλμένη ένδειξη.

15) Εβδομαδιαία συνολικά αποθέματα αργού πετρελαίου και πετρελαϊκών προϊόντων συμπεριλαμβανομένων των στρατηγικών αποθεμάτων πετρελαίου σε χιλιάδες βαρέλια (Weekly U.S. Total Crude Oil and Petroleum Products Ending Stocks ,Including strategic petroleum reserve, SPR)

Στα πλαίσια της διπλωματικής αυτής εργασίας θα χρησιμοποιηθεί ως μεταβλητή η εξέλιξη αποθεμάτων πετρελαίου από την Διεύθυνση Ενεργειακής Πληροφόρησης (Energy Information Administration, EIA) αντί για την τρέχουσα τιμή του αργού πετρελαίου, προκειμένου να προσεγγιστεί καλύτερα η πραγματική κατάσταση της ζήτησης αργού πετρελαίου. Αν γινόταν χρήση της τρέχουσας τιμής του αργού πετρελαίου δεν θα είχαμε σωστές πληροφορίες για την προσφορά και τη ζήτηση, δεδομένου ότι οι μεταβολές της τιμής του πετρελαίου θα μπορούσαν να προκύψουν από γεωπολιτικούς λόγους. Για παράδειγμα η συσσώρευση αποθεμάτων, μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση των τιμών του πετρελαίου κατά τη διάρκεια μίας ύφεσης, ένα φαινόμενο που θα μπορούσε να οδηγήσει σε σταθερότητα, αφού οι υψηλές τιμές του πετρελαίου θα μπορούσαν να ενισχύσουν τον πληθωρισμό. Ομοίως, μπορεί να έχουμε χαμηλές τιμές του πετρελαίου εντός μιας ανθηρής οικονομίας που οφείλεται στην υπερπαραγωγή ή στην πολιτική του Οργανισμού Πετρελαιοπαραγωγών Κρατών (Organization of the Petroleum Exporting Countries). Σύμφωνα με το καταστατικό της, η αποστολή του Οργανισμού Πετρελαιοπαραγωγών Κρατών, είναι ο συντονισμός και η ενοποίηση των πολιτικών των χωρών μελών της και η διασφάλιση της σταθεροποίησης των αγορών πετρελαίου προκειμένου να εξασφαλισθεί μια αποτελεσματικός, οικονομικός και τακτικός εφοδιασμός του πετρελαίου προς τους καταναλωτές, ένα σταθερό εισόδημα στους παραγωγούς και μια δίκαιη απόδοση των ιδίων κεφαλαίων για όσους επενδύουν στη βιομηχανία πετρελαίου. Οι τιμές των προϊόντων πετρελαίου έχουν διακυμάνσεις ανάλογα με τις συνθήκες προσφοράς και ζήτησης. Σε περιόδους έντονης οικονομικής ανάπτυξης, η ζήτηση καθίσταται ισχυρή και αν η προσφορά δεν μπορεί να την καλύψει παρατηρείται αύξηση των τιμών του αργού πετρελαίου. Εάν τα αποθέματα είναι πολλά και αυξάνονται σε μια περίοδο ισχυρής ζήτησης, οι τιμές ενδέχεται να αυξηθούν λίγο ή καθόλου. Κατά τη διάρκεια μιας περιόδου βραδείας οικονομικής δραστηριότητας, η ζήτηση για αργό πετρέλαιο μπορεί να μην είναι τόσο ισχυρή. Σε περίπτωση που τα αποθέματα αυξάνονται, αυτό μπορεί να ωθήσει προς τα κάτω τις τιμές του πετρελαίου. Δεδομένου ότι το πετρέλαιο είναι ένα τόσο σημαντικό τμήμα της οικονομίας, μπορεί να συμβάλει στον καθορισμό της κατεύθυνσης του πληθωρισμού.

Τα στρατηγικά αποθέματα πετρελαίου διασφαλίζουν και διατηρούν την ικανότητα να διανομής αργού πετρελαίου από τα αντίστοιχα αποθέματα για εμπορικά συστήματα διανομής με σκοπό την προστασία της εγχώριας οικονομίας των ΗΠΑ από την επίδραση διαταραχών του ενεργειακού εφοδιασμού. Με άλλα λόγια είναι η πρώτη γραμμή άμυνας στη διακοπή της παροχής πετρελαίου. Η Διεύθυνση Ενεργειακής Πληροφόρησης (Energy Information Administration, EIA) του αμερικανικού υπουργείου Ενέργειας παρέχει πληροφορίες για τα εβδομαδιαία αποθέματα πετρελαίου για τις ΗΠΑ, είτε παράγεται εντός είτε εκτός Ηνωμένων Πολιτειών. Το επίπεδο των αποθεμάτων βοηθά στον καθορισμό των τιμών των προϊόντων πετρελαίου. Στην παρούσα εργασία ο δείκτης ανάγεται σε μηνιαία αποθέματα, προκειμένου να συνδράμει με τη συχνότητα των υπολοίπων μεταβλητών. Παρακάτω ο παρόν δείκτης αναφέρεται ως 'Αποθέματα πετρελαίου(EIA Petroleum Report)'.

16) Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα σε χιλιάδες τόνους (World Steel production in thousand metric tons)

Η μεταβλητή αυτή αναπαριστά την παγκόσμια παραγωγή χάλυβα εκφρασμένη σε χιλιάδες μετρικούς τόνους.

17) S&P500

Ο **S&P 500** είναι ένας σταθμισμένος δείκτης κεφαλαιοποίησης των τιμών των 500 ενεργά διαπραγματευόμενων μετοχών στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Οι μετοχές αυτές είναι των μεγαλύτερων εισηγμένων στο χρηματιστήριο εταιριών που συναλλάσσονται σε NYSE Euronext και NASDAQ OMX. Είναι από τους πιο γνωστούς δείκτες που ανήκουν και υποστηρίζονται από τη Standard & Poor's. Ο S & P 500 δεν αφορά μόνο τον δείκτη, αλλά και τις 500 εταιρείες που διαθέτουν την κοινή μετοχή τους που περιλαμβάνεται στον δείκτη.

18) Δείκτης Μεταβλητότητας (Volatility Index, VIX)

Αποτελεί ένα δημοφιλές μέτρο για τη μεταβλητότητα των παραγώγων του δείκτη **S&P 500**. Μια υψηλή τιμή αντιστοιχεί σε μια πιο ασταθή αγορά και κατά συνέπεια πιο δαπανηρές επιλογές, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των κινδύνων από την εν λόγω αστάθεια πουλώντας παράγωγα. Συχνά αναφερόμενος ως δείκτης φόβου, αντιπροσωπεύει ένα μέτρο της αγοράς να προσδοκά τη μεταβλητότητα κατά τη διάρκεια της επόμενης περιόδου 30 ημερών. Ο Δείκτης Μεταβλητότητας υπολογίζεται και διαδίδεται σε πραγματικό χρόνο από το Chicago Board Options Exchange.

19) Ειδικά Τραβηχτικά Δικαιώματα σε σχέση με το Δολάριο (SDRvs\$)

SDR: Το αποθεματικό νόμισμα που δημιουργήθηκε από το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο για να μειωθεί η πίεση πάνω στο χρυσό και το δολάριο ΗΠΑ στις διεθνείς συναλλαγές. Ιδρύθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1960. Το SDR αντλεί την αξία του από ένα «καλάθι» νομισμάτων που αποτελείται από το δολάριο ΗΠΑ, το ιαπωνικό γεν, τη βρετανική λίρα και το ευρώ .

20) Baltic Dry Index (BDI)

Ο BDI είναι ένας δείκτης που εκδίδεται καθημερινά από το Baltic exchange, που είναι η μόνη ανεξάρτητη παγκόσμια πηγή πληροφοριών της ναυτιλιακής αγοράς για τις συναλλαγές και την τακτοποίηση συμβολαίων. Χωρίς να περιορίζεται σε χώρες της Βαλτικής Θάλασσας, ο δείκτης εντοπίζει σε όλο τον κόσμο τις τιμές των διαφόρων ξηρών φορτίων χύδην. Ο BDI λαμβάνει πληροφορίες από 26 διαδρομές πλοίων (μίσθωμα χρονοναυλώσεων, ναύλα ταξιδιού) τύπου handymax, panamax και capesize ξηρού φορτίου που μεταφέρουν μία ποικιλία προϊόντων, όπως άνθρακα, σιδηρομεταλλεύματα και σιτηρά. **Ο δείκτης BDI είναι η προς πρόβλεψη μεταβλητή στην παρούσα διπλωματική.**

Οι διαθέσιμες ναυτιλιακές χρονοσειρές από τον οίκο Clarksons είναι:

- 1) Παγκόσμια ανάπτυξη στόλου (Fleet development) για πλοία τύπου Panamax, Capesize, Handymax, Handysize σε εκατομμύρια τόνους ωφέλιμου φορτίου.
- 2) Αποσύρσεις και απώλειες πλοίων (Fleet removals, losses) τύπου Panamax, Capesize, Handymax, Handysize σε εκατομμύρια τόνους ωφέλιμου φορτίου.
- 3) Παραγγελίες πλοίων (Order book) τύπου Panamax, Capesize, Handymax, Handysize.
- 4) Τιμές νεότευκτων πλοίων (Newbuilding Prices) τύπου Panamax (75000-77000 τόνοι ωφέλιμου φορτίου), Capesize (176000-180000 τόνοι ωφέλιμου φορτίου), Handymax (56000-58000 τόνοι ωφέλιμου φορτίου), Handysize (25000-30000 τόνοι ωφέλιμου φορτίου) σε εκατομμύρια δολάρια.
- 5) Τιμές μεταχειρισμένων πλοίων 5 ετών τύπου (Secondhanded Prices) Panamax (76000 τόνοι ωφέλιμου φορτίου), Capesize (170000 τόνοι ωφέλιμου φορτίου), Handymax (56000 τόνοι ωφέλιμου φορτίου), Handysize (28000-30000 τόνοι ωφέλιμου φορτίου) σε εκατομμύρια δολάρια.
- 6) Τιμές διάλυσης πλοίων (Scrap Value) τύπου Panamax, Capesize, Handymax, Handysize σε εκατομμύρια δολάρια.
- 7) Ναύλα ταξιδίων (Voyage Rates) για πλοία τύπου Panamax, Capesize, Handymax, Handysize σε δολάρια ανά ημέρα.
- 8) Μίσθωση για χρονοναύλωση (Time charter Rates) τύπων πλοίων Panamax, Capesize, Handymax, Handysize σε δολάρια ανά ημέρα.

4.3 Επεξεργασία Δεδομένων

Θεωρητική προσέγγιση

Γίνεται μελέτη του μοντέλου μου από θεωρητική σκοπιά. Σε αυτό το στάδιο πρέπει να επιλεγούν οι μεταβλητές που μπορεί να δίνουν πληροφορίες για την προς πρόβλεψη εξαρτημένη μεταβλητή. Από τα παραπάνω δεδομένα λόγω της φύσης της κρίσεως (χρηματοπιστωτική) κατά τη διάρκεια της οποίας γίνεται η πρόβλεψη του δείκτη BDI, αλλά και λόγω ελλιπών στοιχείων κάποιων χρονοσειρών και ύπαρξης μεγάλου όγκου χρονοσειρών επιλέχθηκαν ως υποψήφιες για χρήση από τα νευρωνικά δίκτυα οι εξής χρηματοοικονομικές μεταβλητές:

- 1) BDI
- 2) Αιτήσεις Ανέργων (Jobless Claims)
- 3) Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)

- 4) Άμεση τιμή χρυσού (Spot Price of Gold)
- 5) Παραγωγικός δείκτης (ISM)
- 6) Καταναλωτική εμπιστοσύνη (Consumer Confidence)
- 7) Καταναλωτική πίστη (Consumer Credit)
- 8) Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)
- 9) Αποθέματα πετρελαίου (EIA Petroleum Report)
- 10) Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production)
- 11) Δείκτης μεταβλητότητας (VIX)
- 12) Βιομηχανικές Παραγγελίες (Factory Orders)
- 13) Ακαθάριστο εθνικό προϊόν (GDP)
- 14) Ατομικό εισόδημα (Personal Income)
- 15) Ατομική καταναλωτική δαπάνη (PCE)
- 16) S&P500
- 17) Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)
- 18) Άμεση τιμή χαλκού (Spot Price of Copper)
- 19) Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)

Και οι εξής ναυτιλιακές:

- 1) Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value).
- 2) Τιμή μίσθωσης πλοίου 65000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 6 μηνών (6 month timecharter rate for 65000 ton DWT ship).
- 3) Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase). Η μεταβλητή αυτή προέκυψε από τον τύπο: παγκόσμια ανάπτυξη στόλου φορτηγών πλοίων (fleet development)-απώλειες, διαλύσεις φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (fleet losses,demolitions). Επίσης εξομαλύνθηκε μέσω του προγράμματος SPSS με την εντολή smooth.
- 4) Μηνιαία μεταβολή του μέσου κόστους ναυπήγησης νεότευκτου πλοίου σε δολάρια ανά τόνο ωφέλιμου φορτίου (Average newbuilding difference). Για τη δημιουργία της μεταβλητής αυτής υπολογίστηκε αρχικά το μέσο κόστος ναυπήγησης φορτηγού πλοίου σε δολάρια ανά τόνο ωφέλιμου φορτίου για κάθε τύπο πλοίου Panamax, Capesize, Handymax, Handysize από τον τύπο: τιμή νεότευκτου πλοίου σε δολάρια προς το ωφέλιμο φορτίο του σε τόνους. Έπειτα βρέθηκε ο μέσος όρος των τεσσάρων αποτελεσμάτων και η μεταβλητή προέκυψε από τη μηνιαία μεταβολή αυτού του υπολογισμού. Η παρούσα μεταβλητή εξομαλύνθηκε μέσω του προγράμματος SPSS με την εντολή smooth.

Συσχέτιση

Σε πρώτη φάση της παρούσας διπλωματικής ακολουθώ την κλασική μεθοδολογία που εφαρμόζεται σε παλαιότερες εργασίες:

Από τα παραπάνω δεδομένα θα επιλέξω για χρήση από τα νευρωνικά δίκτυα εκείνα με συσχέτιση μεγαλύτερη του 0,45 με τη χρονοσειρά που θέλω να προβλέψω (BDI δύο, τέσσερις, έξι και οχτώ μήνες μετά).

Πρώτα θα γίνει αναφορά στο θεωρητικό μοτίβο της συσχέτισης και ύστερα θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα (Πίνακας 1).

Συσχέτιση είναι ένας τρόπος μέτρησης της εξάρτησης μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών. Στην περίπτωση δύο μεταβλητών X, Y η συσχέτιση $\rho_{X,Y}$ υπολογίζεται ως εξής:

$$\rho_{X,Y} = \text{corr}(X, Y) = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{E[(X - \mu_X)(Y - \mu_Y)]}{\sigma_X \sigma_Y},$$

μ_X : αναμενόμενη τιμή μεταβλητής X

μ_Y : αναμενόμενη τιμή μεταβλητής Y

$E[A]$: αναμενόμενη τιμή παράστασης A

σ_X : τυπική απόκλιση μεταβλητής X

σ_Y : τυπική απόκλιση μεταβλητής Y , για την οποία ισχύει γενικότερα

$$\sigma = \sqrt{E[(X - \mu)^2]}.$$

Παρακάτω παρατίθεται πίνακας με τις συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών της θεωρητικής προσέγγισης με την προβλεπόμενη μεταβλητή, για κάθε βάθος πρόβλεψης (2, 4, 6, και 8 μήνες μετά) (Πίνακας 1).

Πίνακας 1:Συσχέτιση δεδομένων με την προς πρόβλεψη μεταβλητή.

Συσχετίσεις (correlations)				
	BDI 2	BDI 4	BDI 6	BDI 8
BDI	0.916	0.786	0.7	0.57
Αιτήσεις Ανέργων (jobless claims)	0.009	0.017	0.036	0.058
Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)	0.677	0.681	0.682	0.681
Άμεση τιμή χρυσού (Spot price of gold)	0.828	0.822	0.821	0.816
Παραγωγικός δείκτης (ism)	0.135	0.165	0.167	0.169
Καταναλωτική εμπιστοσύνη (Consumer confidence)	-0.105	-0.068	-0.066	-0.057
Καταναλωτική πίστη (Consumer credit)	0.647	0.651	0.653	0.656
Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)	0.767	0.763	0.755	0.747
Αποθέματα πετρελαίου (EIA Petroleum Report)	0.447	0.451	0.438	0.436
Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World steel production)	0.804	0.81	0.815	0.806
Δείκτης μεταβλητότητας (VIX)	-0.134	-0.195	-0.224	-0.232
Βιομηχανικές παραγγελίες (Factory orders)	0.001	0.048	0.037	0.026
Ατομικό εισόδημα (Personal income)	-0.028	-0.012	0.021	0.017
Ατομική καταναλωτική δαπάνη (PCE)	-0.029	-0.038	0.01	-0.006
S&P500	0.441	0.445	0.441	0.423
Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World stock index)	0.558	0.556	0.548	0.521
Ακαθάριστο εθνικό προϊόν (GDP)	-0.096	-0.057	-0.081	-0.108
Άμεση τιμή χαλκού (Spot price of copper)	0.788	0.778	0.776	0.762
Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDR vs \$)	0.639	0.585	0.535	0.489
Μηνιαία μεταβολή στόλου φορτηγών πλοίων (Fleet increase)	0.615	0.611	0.599	0.586
Μηνιαία μεταβολή μέσου κόστους ναυπήγησης νεότευκτου πλοίου (Average New building difference)	0.725	0.721	0.693	0.637
Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)	0.622	0.741	0.791	0.84
Τιμή μίσθωσης πλοίου 65000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 6 μηνών (6 month timecharter rate for 65000 ton DWT ship)	0.874	0.783	0.75	0.71

Οι μεταβλητές αυτές δεν θα πρέπει να είναι ισχυρά συσχετισμένες μεταξύ τους προκειμένου να μην παρέχουν την ίδια πληροφορία στο νευρωνικό δίκτυο. Παρατίθεται, λοιπόν, παρακάτω πίνακας με τις εν λόγω συσχετίσεις (Πίνακας 2).

Πίνακας 2 : Συσχέτιση μεταβλητών μεταξύ τους.

Συσχετίσεις (correlations)														
	BDI	CPI	Spot price of gold	Consumer credit	PPI	EIA Petroleum Report	World steel Production	World stock index	Spot price of copper	SDR vs \$	Fleet increase	Average New building difference	Panamax scrap value	6 month timecharter rate for 65000 ton DWT ship
BDI	1	0.67	0.824	0.64	0.771	0.431	0.8	0.558	0.776	0.683	0.642	0.707	0.516	0.962
Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)		1	0.621	0.993	0.97	0.316	0.934	0.85	0.649	0.324	0.737	0.511	0.739	0.599
Άμεση τιμή χρυσού (Spot price of gold)			1	0.561	0.768	0.62	0.807	0.48	0.937	0.748	0.707	0.497	0.62	0.825
Καταναλωτική πίστη (Consumer credit)				1	0.947	0.272	0.911	0.824	0.586	0.268	0.701	0.511	0.739	0.562
Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)					1	0.414	0.974	0.824	0.782	0.458	0.811	0.532	0.756	0.715
Αποθέματα πετρελαίου (EIA Petroleum Report)						1	0.497	0.237	0.651	0.527	0.362	0.279	0.498	0.408
Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World steel production)							1	0.775	0.83	0.508	0.805	0.601	0.806	0.739
Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World stock index)								1	0.571	0.189	0.572	0.415	0.507	0.495
Άμεση τιμή χαλκού (Spot price of copper)									1	0.69	0.756	0.532	0.658	0.747
Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDR vs \$)										1	0.596	0.446	0.463	0.691
Μηνιαία μεταβολή στόλου φορτηγών πλοίων (Fleet increase)											1	0.478	0.658	0.606
Μηνιαία μεταβολή μέσου κόστους ναυπήγησης νεότευκτου πλοίου (Average New building difference)												1	0.59	0.611
Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)													1	0.44
Τιμή μίσθωσης πλοίου 65000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 6 μηνών (6 month timecharter rate for 65000 ton DWT ship)														1

Παρατηρούμε υψηλές συσχετίσεις μεταξύ:

BDI → Τιμή μίσθωσης πλοίου 65000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 6 μηνών

Άμεση τιμή χρυσού → Άμεση τιμή χαλκού

Δείκτης Τιμών Παραγωγού → Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα

Δείκτης Τιμών Καταναλωτή → Καταναλωτική πίστη, Δείκτης Τιμών Παραγωγού, Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα

Καταναλωτική πίστη → Δείκτης Τιμών Παραγωγού, Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα

Αν και υπάρχει μεγάλη συσχέτιση μεταξύ των παραπάνω μεταβλητών θα χρησιμοποιηθούν όλες στα νευρωνικά δίκτυα καθώς αυτά έχουν τη δυνατότητα να εντοπίζουν μόνα τους ισχυρά συσχετισμένες μεταβλητές και να τις απορρίπτουν αν αυτές εμπεριέχουν την ίδια πληροφορία.

Στο σημείο αυτό συγκεντρώνονται οι μεταβλητές εκείνες που έχουν συσχέτιση άνω του 0,45 με την προς πρόβλεψη μεταβλητή για τις προβλέψεις των 2,4,6 και 8 μηνών:

Για την πρόβλεψη 2 μήνες μετά:

1. BDI
2. Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)
3. Άμεση τιμή χρυσού (Spot price of gold)
4. Καταναλωτική πίστη (Consumer Credit)
5. Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)
6. Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production)
7. Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)
8. Άμεση τιμή χαλκού (Spot Price of Copper)
9. Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)
10. Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase)
11. Μηνιαία μεταβολή του μέσου κόστους ναυπήγησης νεότευκτου πλοίου σε δολάρια ανά τόνο ωφέλιμου φορτίου (Average newbuilding difference)
12. Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)
13. Τιμή μίσθωσης πλοίου 65000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 6 μηνών (6 month timecharter rate for 65000 ton DWT ship)

Για την πρόβλεψη 4 μήνες μετά:

1. BDI
2. Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)
3. Άμεση τιμή χρυσού (Spot price of gold)
4. Καταναλωτική πίστη (Consumer Credit)
5. Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)
6. Αποθέματα πετρελαίου (EIA Petroleum Report)
7. Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production)

8. Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)
9. Άμεση τιμή χαλκού (Spot Price of Copper)
10. Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)
11. Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase)
12. Μηνιαία μεταβολή του μέσου κόστους ναυπήγησης νεότευκτου πλοίου σε δολάρια ανά τόνο ωφέλιμου φορτίου (Average newbuilding difference)
13. Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)
14. Τιμή μίσθωσης πλοίου 65000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 6 μηνών (6 month timecharter rate for 65000 ton DWT ship)

Για την πρόβλεψη 6 μήνες μετά:

1. BDI
2. Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)
3. Άμεση τιμή χρυσού (Spot price of gold)
4. Καταναλωτική πίστη (Consumer Credit)
5. Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)
6. Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production)
7. Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)
8. Άμεση τιμή χαλκού (Spot Price of Copper)
9. Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)
10. Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase)
11. Μηνιαία μεταβολή του μέσου κόστους ναυπήγησης νεότευκτου πλοίου σε δολάρια ανά τόνο ωφέλιμου φορτίου (Average newbuilding difference)
12. Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)
13. Τιμή μίσθωσης πλοίου 65000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 6 μηνών (6 month timecharter rate for 65000 ton DWT ship)

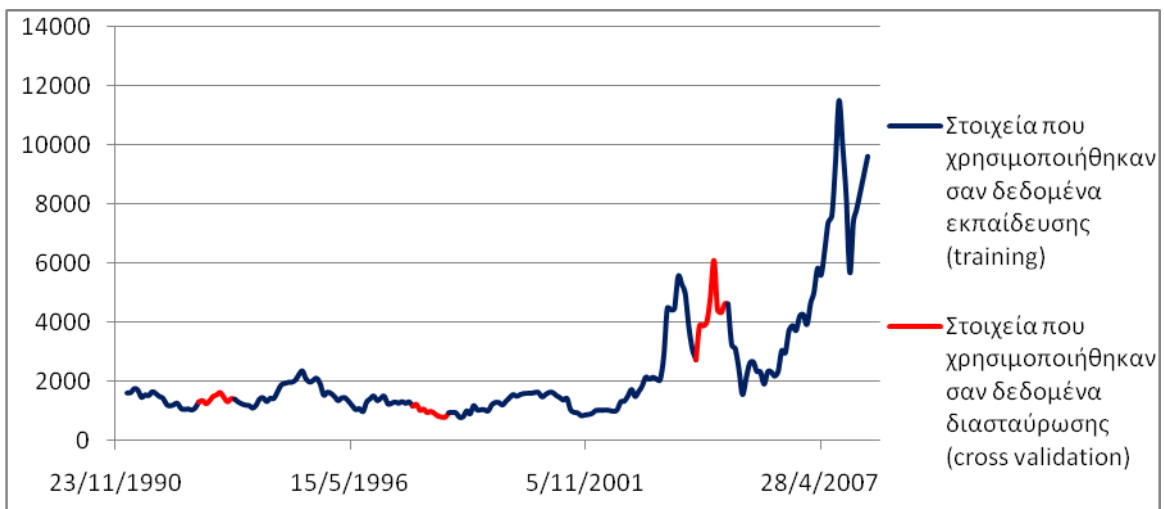
Για την πρόβλεψη 8 μήνες μετά:

1. BDI
2. Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)
3. Άμεση τιμή χρυσού (Spot price of gold)
4. Καταναλωτική πίστη (Consumer Credit)
5. Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)
6. Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production)
7. Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)
8. Άμεση τιμή χαλκού (Spot Price of Copper)
9. Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)
10. Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase)
11. Μηνιαία μεταβολή του μέσου κόστους ναυπήγησης νεότευκτου πλοίου σε δολάρια ανά τόνο ωφέλιμου φορτίου (Average newbuilding difference)
12. Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)
13. Τιμή μίσθωσης πλοίου 65000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 6 μηνών (6 month timecharter rate for 65000 ton DWT ship)

Κατά τη χρήση των νευρωνικών ανεξαρτήτου πρόβλεψης (2,4,6,8 μήνες) θα εισαχθούν και οι 14 χρονοσειρές που αναγράφονται στην πρόβλεψη των 4 μηνών καθώς όπως έχουμε προαναφέρει τα νευρωνικά που χρησιμοποιούμε έχουν τη δυνατότητα να επιλέγουν τελικά τις μεταβλητές που χρειάζονται από μόνα τους.

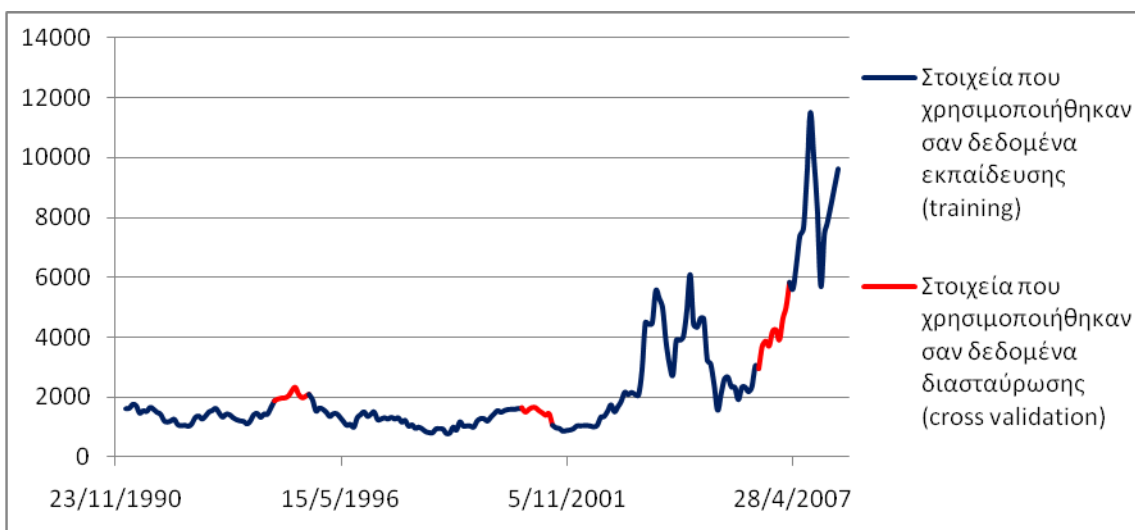
Η επεξεργασία των δεδομένων πριν τη χρήση τους από τα νευρωνικά έγινε με τέσσερις διαφορετικούς τρόπους.

1. Το 88% των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε σαν δεδομένα εκπαίδευσης (training), ενώ το υπόλοιπο 12% σαν δεδομένα διασταύρωσης (cross validation) (τύπος nn1) (Σχήμα 12).



Σχήμα 12: Στοιχεία εκπαίδευσης νευρωνικών τύπου nn1

2. Όμοια με 1. με τη διαφορά ότι χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία διαφορετικών χρονικών περιόδων σαν δεδομένα εκπαίδευσης (training) και διασταύρωσης (cross validation)(τύπος nn2) (Σχήμα 13).



Σχήμα 13: Στοιχεία εκπαίδευσης νευρωνικών τύπου nn2

3. Το 100% των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα εκπαίδευσης (training) (τύπος nn3).
4. Όμοια με 1. με τη διαφορά ότι μετατοπίστηκαν χρονικά τα δεδομένα ανάλογα με τη συσχέτιση με χρονική διαφορά (cross correlation) που είχαν με την προς πρόβλεψη χρονοσειρά σε κάθε περίπτωση (Πίνακας 3) (τύπος nn4). Η συσχέτιση με χρονική διαφορά (cross-correlation) είναι μία μέτρηση του βαθμού στον οποίο συσχετίζονται δύο μεταβλητές όταν μία εκ των δύο έχει υποστεί χρονική καθυστέρηση. Ο τύπος που δίνει τη συσχέτιση με χρονική διαφορά (cross-correlation), που συμβολίζεται με r, μεταξύ της x και της y είναι:

$$r(d) = \frac{\sum_i [(x(i) - m_x) * (y(i-d) - m_y)]}{\sqrt{\sum_i (x(i) - m_x)^2} \sqrt{\sum_i (y(i-d) - m_y)^2}}$$

d: η χρονική καθυστέρηση στην οποία υποβάλλεται η y και m_x , m_y : μέσοι όροι

Παρακάτω αναγράφονται οι χρονικές καθυστερήσεις τις οποίες υπέστησαν οι μεταβλητές (Πίνακας 3).

Πίνακας 3: Χρονικές καθυστερήσεις μεταβλητών για μέγιστη συσχέτιση με την χρονοσειρά προς πρόβλεψη.

Time Lag				
	BDI 2	BDI 4	BDI 6	BDI 8
Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)	0	0	0	0
Άμεση τιμή χρυσού (Spot Price of Gold)	0	0	0	0
Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase)	0	0	0	0
Μηνιαία μεταβολή μέσου κόστους ναυπήγησης νέοτευκτου πλοίου (Average newbuilding difference)	-1	1	4	5
Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)	-8	-6	-4	-2
Καταναλωτική πίστη (Consumer Credit)	0	0	0	0
Τιμή μίσθωσης πλοίου 65000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 6 μηνών (6 month timecharter rate for 65000 ton DWT ship)	2	5	6	6
Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)	0	0	0	0
Αποθέματα πετρελαίου (EIA Petroleum Report)	-13	-11	-9	-7
Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production)	0	0	0	0
Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)	0	0	0	0
Άμεση τιμή χαλκού (Spot Price of Copper)	0	0	0	0
Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)	0	0	0	0

Στον Πίνακα 3 αναγράφονται οι χρονικές καθυστερήσεις που υπέστησαν οι αναγραφόμενες χρονοσειρές για καλύτερη συσχέτιση με τις προς πρόβλεψη μεταβλητές. Αρνητικές χρονικές καθυστερήσεις υποδεικνύουν πως ο BDI μπορεί να προβλεφθεί από τις παρελθοντικές τιμές της εκάστοτε μεταβλητής. Θετικές χρονικές καθυστερήσεις υποδεικνύουν πως οι αντίστοιχες μεταβλητές προβλέπονται από τον BDI, οπότε δεν έχει νόημα η χρήση τους από τα νευρωνικά. Θα πρέπει να σημειωθεί πως η προσέγγιση αυτή είναι αυστηρά μαθηματική και τα αποτελέσματα δεν μπορούν να εκτιμήσουν με ακρίβεια το πολύπλοκο πρόβλημα που αφορά την πρόβλεψη ενός δείκτη. Όλα τα αποτελέσματα παρατίθενται αναλυτικά στο παράρτημα.

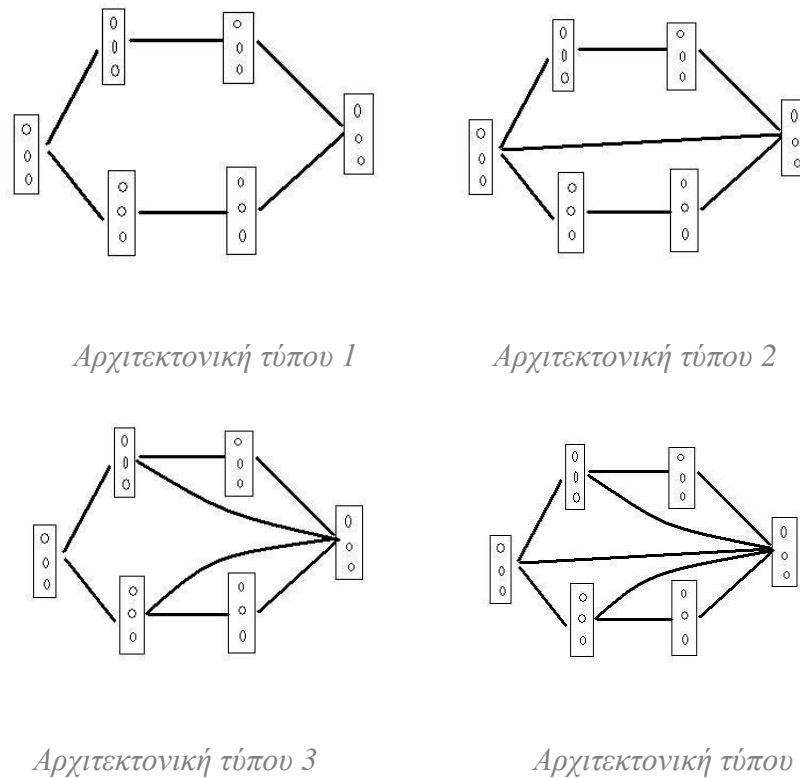
4.4 Δίκτυα τύπου Modular Neural Networks

4.4.1 Περιγραφή των Modular Neural Networks

Το είδος νευρωνικού δικτύου που θα χρησιμοποιηθεί σε αυτό το στάδιο της διπλωματικής ονομάζεται Modular Neural Network και είναι μια ειδική κατηγορία των Multilayer perceptrons[23]. Οι Multilayer perceptrons (MLPs) συνήθως εκπαιδεύονται με στατική backpropagation. Τα δίκτυα χρησιμοποιούνται σε αναρίθμητες εφαρμογές που απαιτούν στατική ταξινόμηση. Κύριο πλεονέκτημά τους είναι η ευκολία στη χρήση, και ότι μπορούν να προσεγγίσουν κάθε χάρτη εισόδου / εξόδου. Τα βασικά μειονεκτήματα είναι ότι εκπαιδεύεται αργά και απαιτεί πολλά στοιχεία κατάρτισης (συνήθως τρεις φορές περισσότερα από τα δείγματα της κατάρτισης από τα βάρη του δικτύου).

Τα Modular Feedforward δίκτυα είναι μια ειδική κατηγορία MLP[23]. Τα δίκτυα αυτά επεξεργάζονται τα στοιχεία εισαγωγής τους, χρησιμοποιώντας διάφορες παράλληλες MLP, και στη συνέχεια ανασυνδυάζουν τα αποτελέσματα. Αυτό τείνει να δημιουργήσει κάποια δομή, η οποία θα προωθήσει την εξειδίκευση της λειτουργίας σε κάθε υπο-ενότητα. Σε αντίθεση με τα MLP, τα Modular δίκτυα δεν έχουν πλήρη διασύνδεση ανάμεσα στα στρώματα. Ως εκ τούτου, είναι μικρότερος ο αριθμός των βαρών που απαιτούνται για το ίδιο μέγεθος του δικτύου. Αυτό τείνει να επιταχύνει τον αριθμό των εκπαιδεύσεων και να μειωθεί ο αριθμός των απαιτούμενων στοιχείων εκπαίδευσης. Είναι ασαφές πώς να σχεδιάσει κανείς καλύτερα τα δίκτυα αυτά. Συνεπώς οι δοκιμές είναι ο μόνος τρόπος να εντοπίσουμε το καλύτερα σχεδιασμένο δίκτυο.

Οι κρυφές στρώσεις κάθε νευρωνικού ήταν δύο, όμως έγινε πειραματισμός στη συνάρτηση εκπαίδευσης και την αρχιτεκτονική τους. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι αρχιτεκτονικές των τεχνικών νευρωνικών δικτύων τύπου Modular Neural Networks που θα χρησιμοποιηθούν (Σχήμα 14).



Σχήμα 14: Αρχιτεκτονικές νευρωνικών τύπου Modular Neural Network που θα χρησιμοποιηθούν

Γενετικοί αλγόριθμοι

Όλα τα νευρωνικά που σχεδιαστήκαν στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής έτρεξαν με Γενετικούς Αλγόριθμους[30]. Οι **Γενετικοί αλγόριθμοι** είναι μια τεχνική προγραμματισμού που εισήγαγε ο Τζον Χόλαντ τη δεκαετία του '70 (ΗΠΑ) και είναι μια μέθοδος αναζήτησης βέλτιστων λύσεων σε συστήματα που μπορούν να περιγραφούν ως μαθηματικό πρόβλημα. Χρησιμοποιούνται σε σύνθετα προβλήματα με πολλές μεταβλητές χωρίς να είναι γνωστός ο βέλτιστος συνδυασμός τους για την εξεύρεση αποδεκτής λύσης. Η λειτουργία των Γενετικών Αλγορίθμων έχει αντιστοιχία με την γενετική μετάλλαξη που παρατηρείται στη βιολογία (Δαρβινισμός) . Σε πρώτη φάση, ο Γενετικός Αλγόριθμος παράγει πολλά τυχαία αντίγραφα της μεταβλητής, με αποτέλεσμα να παράγεται ένας μεγάλος αριθμός λύσεων (χρωμοσώματα). Οι λύσεις αυτές δοκιμάζονται μία προς μία και ελέγχεται η απόκλισή τους από την επιθυμητή. Ύστερα οι πιο κοντινές στην επιθυμητή λύσεις αναπαράγονται στην επόμενη γενιά λύσεων και όπως και στην αρχή μεταλλάσσονται με τυχαίο τρόπο. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για αρκετές γενιές (στα νευρωνικά αυτής της εργασίας οι γενιές είναι 100), έως ότου η αναπαραγωγή των λύσεων/γονιδίων καταλήξει σε μία τελική λύση/γονίδιο που να έχει αποδεκτή απόκλιση από το επιθυμητό αποτέλεσμα.

4.4.2 Αποτελέσματα και αξιολόγηση αποτελεσμάτων νευρωνικών τύπου Modular Neural Networks

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το τρέξιμο των νευρωνικών τύπου Modular Neural Networks(Πίνακες 4,5,6,7,8).

Στην πρώτη στήλη αναγράφεται το είδος του δικτύου ανάλογα με:

- την επεξεργασία των δεδομένων πριν τη χρήση τους από τα νευρωνικά (nn1,nn2,nn3,nn4)
- την αρχιτεκτονική του (1,2,3,4)
- την συνάρτηση μεταφοράς και εκπαίδευσης

Στη δεύτερη, τρίτη και τέταρτη στήλη αναγράφεται το τετραγωνικό σφάλμα στα δεδομένα που επεξεργάστηκαν ως δεδομένα διασταύρωσης (cross validation), εκπαίδευσης (training) και ελέγχου (testing) αντίστοιχα. Στην πέμπτη στήλη αναγράφεται η τιμή που προέβλεψε το νευρωνικό.

*Υποσημείωση: παράλληλα έγιναν τρεξίματα χρησιμοποιώντας και τις 23 μεταβλητές που αναφέρονται στη θεωρητική προσέγγιση προκειμένου να εξεταστεί η ικανότητα των νευρωνικών να απομονώνουν τις ισχυρά συσχετισμένες μεταβλητές και να προβλέπουν σωστά την επιθυμητή μεταβλητή. Τα εν λόγω καταλήγουν σε all-in

Πίνακας 4: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών τύπου Modular Neural Networks για χρονικό ορίζοντα 2 μηνών.

α.α.	Δίκτυο	Πρόβλεψη 2 μηνών			
		Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα στα δεδομένα:			Τιμή Πρόβλεψης
		Διασταύρωσης	Εκπαίδευσης	Ελέγχου	
1	nn1-1-Tanh-Momentum	0.0057	0.04258	0.474	8195
2	nn1-2- Tanh-Momentum	0.00559	0.0479	0.4389	6540
3	nn1-3- Tanh-Momentum	0.00254	0.0068	0.4024	8459
4	nn1-4- Tanh-Momentum	0.0031	0.00411	0.489	8205
5	nn1-1- Tanh-Momentum all in	0.0025	0.0065	0.68	7735
6	nn2-1-Tanh- Delta Bar Delta	0.0028	0.033	0.1103	5200
7	nn2-1-Tanh- Quickprop	0.0029	0.044	0.2709	5432
8	nn2-2-Tanh- Step	0.0029	0.0257	0.92	9210
9	nn2-1-Tanh-Step	0.00237	0.0138	0.68	8752
10	nn3-1-Tanh-Momentum		0.0113	0.37	8995
11	nn3-2-Tanh-Momentum		0.0103	0.363	8404
12	nn4-1-Tanh- Quickprop	0.005	0.017	0.10714	1465
13	nn4-2- Tanh- Quickprop	0.005	0.0158	0.10722	1323
14	nn4-3-Tanh-Momentum	0.005172	0.01939	0.104	1823
15	nn4-4-Tanh-Momentum	0.004876	0.01737	0.10719	1786

Πίνακας 5: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών τύπου Modular Neural Networks για χρονικό ορίζοντα 4 μηνών.

Πρόβλεψη 4 μηνών					
Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα στα δεδομένα:					
α.α.	Δίκτυο	Διασταύρωσης	Εκπαίδευσης	Ελέγχου	Τιμή Πρόβλεψης
16	nn1-1-Tanh-Momentum	0.004147	0.00594	0.951	8074
17	nn1-3-Tanh-Momentum- all in	0.004434	0.007244	0.749	8069
18	nn1-4-Tanh-Momentum	0.00491	0.0055	0.908	8552
19	nn1-2-Tanh-Momentum	0.004759	0.004791	0.8249	8936
20	nn2-3-Tanh-Quickprop	0.03701	0.03797	0.3632	5225
21	nn2-4 -Tanh-Quickprop	0.040371	0.04258	1.11027	7669
22	nn2-3-Tanh-Conjugate Gradient	0.0364	0.0243	1.46	8555
23	nn2-1- Tanh-Momentum	0.0359	0.0383	0.729	6430
24	nn3-3-Tanh-Quickprop- all in		0.01558	2.4738	10452
25	nn3-3-Tanh-Momentum- all in		0.008257	0.9848	7568
26	nn4-3- Tanh-Momentum	0.00546	0.02994	0.69065	5692
27	nn4-4-Tanh-Quickprop	0.00575	0.0725	1.97	8789
28	nn4-1- Tanh-Momentum	0.00753	0.02693	0.35997	3546
29	nn4-2- Tanh-Momentum	0.00532	0.04385	1.01	7383

Πίνακας 6: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών τύπου Modular Neural Networks για χρονικό ορίζοντα 6 μηνών.

Πρόβλεψη 6 μηνών					
Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα στα δεδομένα:					
α.α.	Δίκτυο	Διασταύρωσης	Εκπαίδευσης	Ελέγχου	Τιμή Πρόβλεψης
30	nn1-1- Tanh-Momentum	0.01157	0.0474	1.101	8276
31	nn1-3- Tanh-Momentum	0.0144	0.0464	1.81	10456
32	nn1-2- Tanh-Momentum	0.0134	0.4358	0.6851	6958
33	nn2- 1-Tanh-Delta Bar Delta	0.0228	0.06154	0.029	1571
34	nn2-1-Tanh-Quickprop	0.06909	0.04501	0.244	4573
35	nn2-4- Tanh-Momentum	0.02313	0.03381	0.322	5086
36	nn2-4 Tanh-Momentum- all in	0.02663	0.0423	0.15	3888
37	nn3-4- Tanh-Momentum- all in		0.012	1.35	9716
38	nn3-4-Tanh-Quickprop- all in		0.01559	1.076	9840
39	nn4-1- Tanh-Momentum	0.00695	0.03678	0.535	5621
40	nn4-3-Tanh-Quickprop	0.00624	0.0449	0.1385	2906
41	nn4-4- Tanh-Momentum	0.00641	0.1186	0.5697	5280
42	nn4-2- Tanh-Momentum	0.007194	0.03898	0.2583	3845

Πίνακας 7: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών τύπου *Modular Neural Networks* για χρονικό ορίζοντα 8 μηνών.

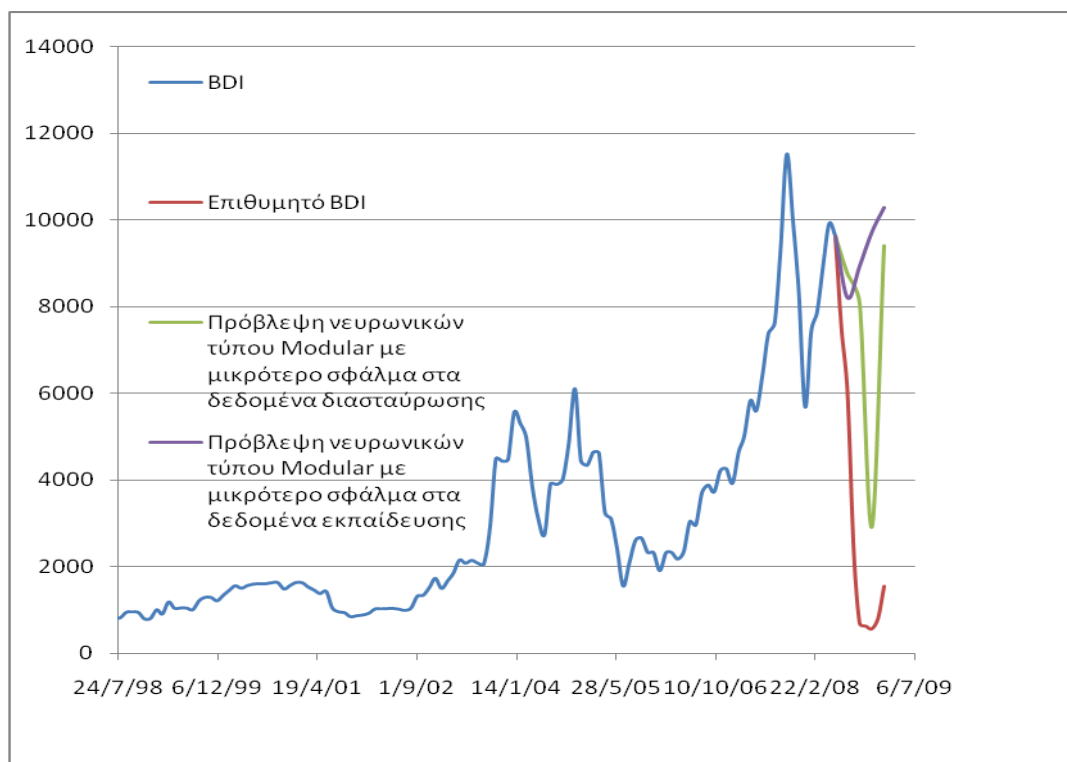
Πρόβλεψη 8 μηνών					
Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα στα δεδομένα:					
α.α.	Δίκτυο	Διασταύρωσης	Εκπαίδευσης	Ελέγχου	Τιμή Πρόβλεψης
43	nn1-1- Tanh-Momentum	0.007735	0.0398	0.3389	6559
44	nn1-2- Tanh-Momentum	0.00824	0.03028	0.8259	9044
45	nn1-3- Tanh-Momentum	0.0067	0.01225	0.9625	9412
46	nn1-4- Tanh-Momentum- all in	0.00821	0.0156	0.6718	8077
47	nn2-1- Tanh-Momentum- all in	0.0197	0.0067	2.4	10282
48	nn2-1-Tanh-Delta Bar Delta	0.0297	0.03389	1.598	8893
49	nn2-4- Tanh-Momentum- all in	0.025072	0.03621	1.6139	8144
50	nn3-3- Tanh-Momentum- all in		0.0137	2.36	11570
51	nn3-4- Tanh-Momentum- all in		0.01344	2.48	11680
52	nn4-3- Tanh-Momentum	0.007	0.02209	0.04635	3078
53	nn4-4-Tanh- Quickprop	0.00816	0.02478	0.0622	3638
54	nn4-1- Tanh-Momentum	0.00759	0.02497	0.01623	3905
55	nn4-2- Tanh-Momentum	0.00789	0.0518	1.05	8508

Από τους παραπάνω πίνακες ξεχωρίζουν με πράσινο χρώμα τα μικρότερα τετραγωνικά σφάλματα στην εκτίμηση των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα διασταύρωσης (cross validation) και εκπαίδευσης (training). Λαμβάνοντας υπ' όψιν τις τιμές πρόβλεψης των νευρωνικών με τα μικρότερα σφάλματα προκύπτει ο παρακάτω πίνακας πρόβλεψης (Πίνακας 8) και το αντίστοιχο διάγραμμα πρόβλεψης (Σχήμα 15)

Πίνακας 8: Πίνακας πρόβλεψης του δείκτη *Baltic Dry Index 2,4,6* και 8 μήνες μετά τον Ιούνιο του 2008 των νευρωνικών τύπου *Modular Neural Networks* με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα διασταύρωσης και εκπαίδευσης.

Πρόβλεψη	Μικρότερο Σφάλμα	
	Δεδομένα διασταύρωσης	Δεδομένα εκπαίδευσης
	(cross validation)	(training)
2 Μήνες μετά	8752	8205
4 Μήνες μετά	8074	8936
6 Μήνες μετά	2906	9716
8 Μήνες μετά	9412	10282

Το αντίστοιχο διάγραμμα πρόβλεψης είναι:



Σχήμα 15: Πρόβλεψη νευρωνικών τύπου Modular Neural Networks

Παρακάτω γίνεται αξιολόγηση της προβλεπόμενης τάσης για τα νευρωνικά τύπου Modular Neural Networks με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα διασταύρωσης (Πίνακας 9) και στα δεδομένα εκπαίδευσης (Πίνακας 10).

Πίνακας 9: Αξιολόγηση πρόβλεψης νευρωνικών τύπου Modular Neural Networks με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα διασταύρωσης (cross validation) με βάση την τάση (άνοδος ή κάθοδος) του Baltic Dry Index.

καμπύλη μικρότερου σφάλματος στα δεδομένα διασταύρωσης (best C.V.)		ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ	
		άνοδος	κάθοδος
ΠΡΟΒΛΕΨΗ	άνοδος	1	0
	κάθοδος	0	3

Παρατηρούμε επιτυχία 100%.

Πίνακας 10: Αξιολόγηση πρόβλεψης νευρωνικών τύπου Modular Neural Networks με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα εκπαίδευσης (training) με βάση την τάση (άνοδος ή κάθοδος) του Baltic Dry Index.

καμπύλη μικρότερου σφάλματος στα δεδομένα εκπαίδευσης (best training)		ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ	
		άνοδος	κάθοδος
ΠΡΟΒΛΕΨΗ	άνοδος	1	2
	κάθοδος	0	1

Επιτυχία 50%

4.5 Δίκτυα τύπου Generalized Feedforward, Principal component analysis networks (PCAs), Radial basis function (RBF), Self-organizing feature maps (SOFMs).

4.5.1 Περιγραφή δικτύων τύπου Generalized Feedforward, Principal component analysis networks (PCAs), Radial basis function (RBF), Self-organizing feature maps (SOFMs).

Σε δεύτερη φάση της διπλωματικής θα γίνουν τρεξίματα από άλλου τύπου νευρωνικά (εκτός των modular neural networks) τα οποία θα επεξεργαστούν και τις 23 χρονοσειρές της θεωρητικής προσέγγισης. Στο τέλος θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα και οι μεταβλητές οι οποίες τελικά κρατήθηκαν από τα νευρωνικά που εκτελέστηκαν.

Τα νευρωνικά δίκτυα που χρησιμοποιούνται παρακάτω είναι[23]:

- **Generalized Feedforward:** Είναι μια γενίκευση του MLP αφού οι συνδέσεις μπορούν να πηδούν πάνω από ένα ή περισσότερα στρώματα. Θεωρητικά, ένας MLP μπορεί να λύσει οποιοδήποτε πρόβλημα που ένα Generalized Feedforward δίκτυο μπορεί να λύσει. Στην πράξη, ωστόσο, γενικευμένα δίκτυα Feedforward συχνά λύνουν το πρόβλημα πολύ πιο αποτελεσματικά. Ένα πρότυπο MLP απαιτεί εκατοντάδες φορές περισσότερες εποχές κατάρτισης από ένα γενικευμένο δίκτυο Feedforward που περιέχει τον ίδιο αριθμό στοιχείων επεξεργασίας.
- **Principal component analysis networks (PCAs):** Συνδυάζουν μη εποπτευόμενη και εποπτευόμενη μάθηση στην ίδια τοπολογία. Principal component analysis είναι μια μη εποπτευόμενη γραμμική διαδικασία που βρίσκει ένα σύνολο ασυσχέτιστων χαρακτηριστικών, principal components, από την είσοδο. Ένας

MLP εποπτεύεται να εκτελεί την μη γραμμική ταξινόμηση για αυτά τα στοιχεία.

- Radial basis function (RBF) : Είναι μη γραμμικά υβριδικά δίκτυα που συνήθως περιέχουν ένα μόνο κρυμμένο στρώμα στοιχείων επεξεργασίας . Αυτό το στρώμα χρησιμοποιεί gaussian συναρτήσεις μεταφοράς, αντί για τις πρότυπες σιγμοειδείς (sigmoidal) συναρτήσεις που χρησιμοποιούν τα MLPs. Τα κέντρα και πλάτη της Gaussian καθορίζονται από μη εποπτευόμενους κανόνες μάθησης και εποπτευόμενη μάθηση εφαρμόζεται στο στρώμα εξόδου. Τα δίκτυα αυτά έχουν την τάση να μαθαίνουν πολύ πιο γρήγορα από ό, τι τα MLPs.
- Self-organizing feature maps (SOFMs): Μετατρέπουν την είσοδο αυθαίρετης διάστασης σε ενός ή δύο διαστάσεων διακριτό χάρτη περιορίζοντάς τον τοπολογικά. Οι χάρτες υπολογίζονται χρησιμοποιώντας Kohonen μάθηση χωρίς επιτήρηση. Η έξοδος του SOFM μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως είσοδος για μια επιβλεπόμενη ταξινόμηση νευρωνικών δικτύων όπως το MLP. Το βασικό πλεονέκτημα του δικτύου είναι η ομαδοποίηση που παράγεται από την SOFM η οποία μειώνει το χώρο εισόδου σε αντιπροσωπευτικά στοιχεία με τη χρήση αυτο-οργανωμένης διαδικασίας. Εξ ου και η υποκείμενη δομή του χώρου εισόδου διατηρείται, ενώ η διάσταση του χώρου είναι μειωμένη.

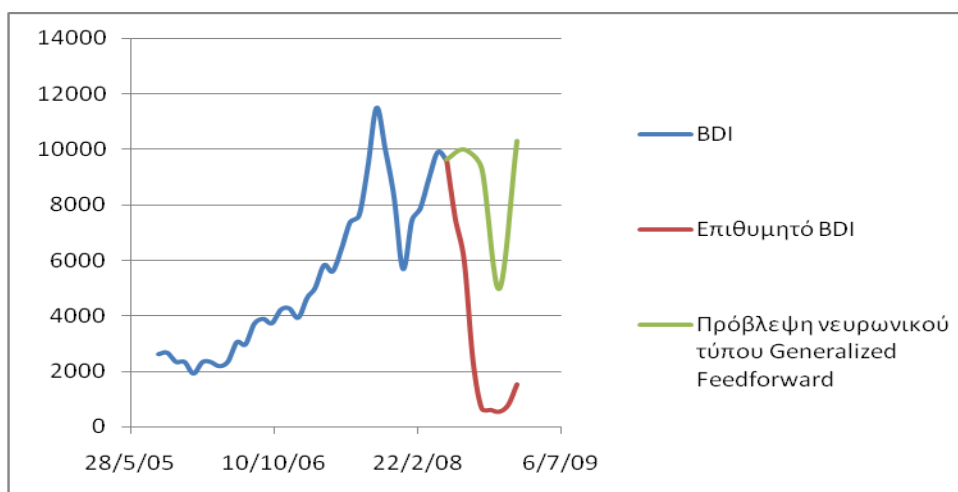
4.5.2 Αποτελέσματα και αξιολόγηση αποτελεσμάτων νευρωνικών δικτύων τύπου Generalized Feedforward.

Αρχικά παρουσιάζονται τα σφάλματα στα δεδομένα διασταύρωσης, εκπαίδευσης και ελέγχου και οι προβλέψεις των νευρωνικών Generalized Feedforward (Πίνακας 11).

Πίνακας 11: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων τύπου Generalized Feedforward 2,4,6 και 8 μήνες μετά τον Ιούνιο του 2008.

Generalized Feed Forward				
	Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα			
	Δεδομένα διασταύρωσης (cross validation)	Δεδομένα εκπαίδευσης (training)	Δεδομένα ελέγχου (testing)	Τιμή Πρόβλεψης BDI
Πρόβλεψη 2 μηνών	0.00326	0.0181	0.658	9986
Πρόβλεψη 4 μηνών	0.006	0.073	1.84	9305
Πρόβλεψη 6 μηνών	0.0065	0.0536	0.36	4976
Πρόβλεψη 8 μηνών	0.0058	0.033	1.21	10293

Παρακάτω παρατίθεται το αντίστοιχο διάγραμμα πρόβλεψης για αυτό τον τύπο νευρωνικών (Σχήμα 16).



Σχήμα 16: Πρόβλεψη νευρωνικών τύπου Generalized Feedforward

Τέλος αξιολογείται η προβλεπόμενη τάση του δείκτη Baltic Dry Index (Πίνακας 12)

Πίνακας 12: Αξιολόγηση προβλεπόμενης τάσης του δείκτη BDI από τα νευρωνικά δίκτυα τύπου Generalized Feedforward.

Generalized		ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ	
		άνοδος	κάθοδος
ΠΡΟΒΛΕΨΗ	άνοδος	1	1
	κάθοδος	0	2

Επιτυχία 75%.

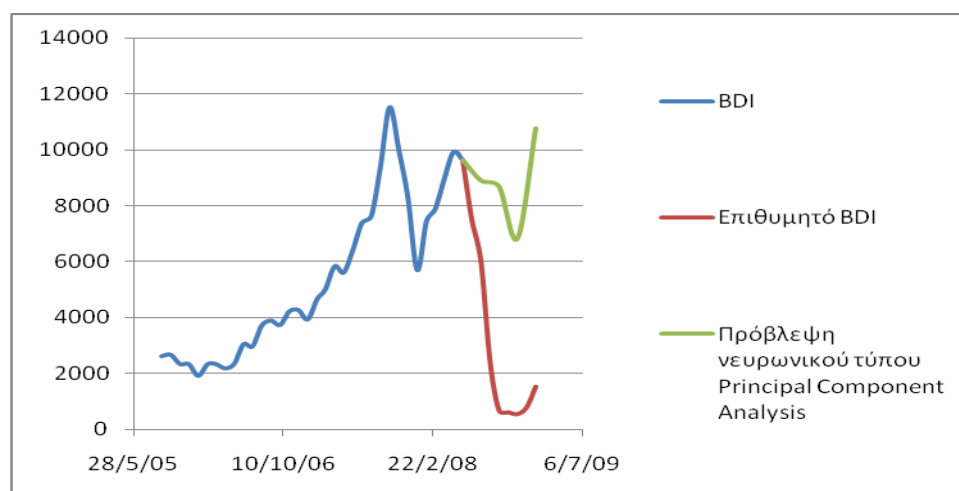
4.5.3 Αποτελέσματα και αξιολόγηση αποτελεσμάτων νευρωνικών δικτύων τύπου Principal Component Analysis(PCA).

Στο σημείο αυτό παρουσιάζονται τα σφάλματα στα δεδομένα διασταύρωσης, εκπαίδευσης και ελέγχου, όπως επίσης και οι προβλεπόμενες τιμές από τα νευρωνικά τύπου PCA για τον δείκτη Baltic Dry Index (Πίνακας 13).

Πίνακας 13: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων τύπου *Principal Component Analysis(PCA)* 2,4,6 και 8 μήνες μετά τον Ιούνιο του 2008

Principal Component Analysis(PCA)				
	Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα			
	Δεδομένα διασταύρωσης (cross validation)	Δεδομένα εκπαίδευσης (training)	Δεδομένα ελέγχου (testing)	Τιμή Πρόβλεψης BDI
Πρόβλεψη 2 μηνών	0.003	0.0052	0.45	8896
Πρόβλεψη 4 μηνών	0.0063	0.032	1.025	8672
Πρόβλεψη 6 μηνών	0.0078	0.0413	0.7547	6825
Πρόβλεψη 8 μηνών	0.0064	0.028	1.815	10757

Παρακάτω παρουσιάζεται το αντίστοιχο διάγραμμα πρόβλεψης για τα νευρωνικά τύπου *Principal Component Analysis* (Σχήμα 17).



Σχήμα 17: Πρόβλεψη νευρωνικών τύπου *Principal Component Analysis(PCA)*

Τέλος αξιολογείται η προβλεπόμενη τάση της χρονοσειράς του δείκτη *Baltic Dry Index* (Πίνακας 14).

Πίνακας 14: Αξιολόγηση πρόβλεψης νευρωνικών τύπου *Principal Component Analysis(PCA)* με βάση την τάση (άνοδος η κάθοδος) της χρονοσειράς *Baltic Dry Index*.

PCA		ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ	
		άνοδος	κάθοδος
ΠΡΟΒΛΕΨΗ	άνοδος	1	0
	κάθοδος	0	3

100% επιτυχία.

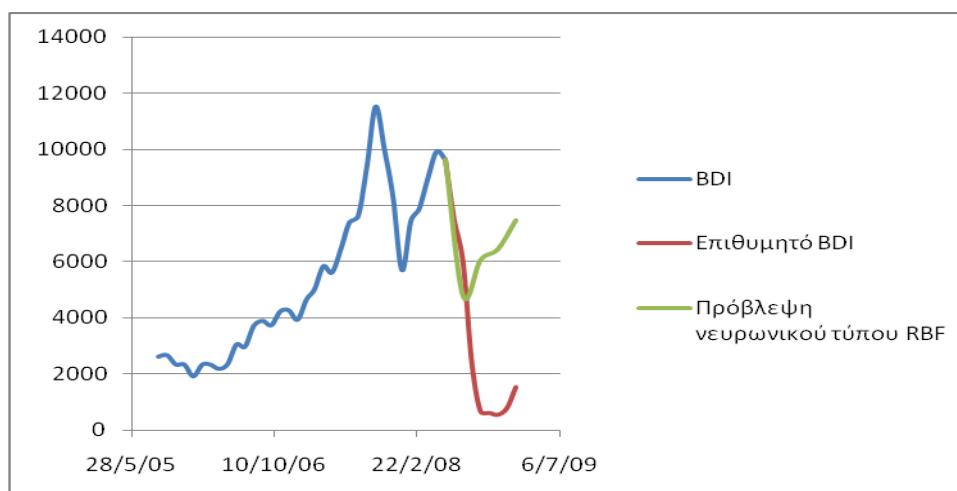
4.5.4 Αποτελέσματα και αξιολόγηση αποτελεσμάτων νευρωνικών δικτύων τύπου Radial basis function (RBF).

Παρουσιάζονται αρχικά τα σφάλματα στα δεδομένα διασταύρωσης, εκπαίδευσης και ελέγχου και οι τιμές πρόβλεψης για τον δείκτη BDI 2, 4, 6, και 8 μήνες μετά τον Ιούνιο του 2008 από τα νευρωνικά τύπου Radial Basis Function (Πίνακας 15).

Πίνακας 15: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων τύπου Radial basis function (RBF) 2,4,6 και 8 μήνες μετά τον Ιούνιο του 2008.

Radial basis function (RBF)				
	Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα			
	Δεδομένα διασταύρωσης (cross validation)	Δεδομένα εκπαίδευσης (training)	Δεδομένα ελέγχου (testing)	Τιμή Πρόβλεψης BDI
Πρόβλεψη 2 μηνών	0.0039	0.035	0.1149	4794
Πρόβλεψη 4 μηνών	0.0044	0.0146	0.46	6062
Πρόβλεψη 6 μηνών	0.0035	0.023	0.6	6451
Πρόβλεψη 8 μηνών	0.00515	0.0258	0.733	7475

Στο σημείο αυτό παρατίθεται το αντίστοιχο διάγραμμα πρόβλεψης των νευρωνικών δικτύων τύπου Radial Basis Function για τον δείκτη Baltic Dry Index (Σχήμα 18)



Σχήμα 18: Πρόβλεψη νευρωνικών τύπου τύπου Radial basis function (RBF).

Τέλος γίνεται αξιολόγηση της προβλεπόμενης τάσης του δείκτη Baltic Dry Index από τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα τύπου Radial Basis Function (Πίνακας 16).

Πίνακας 16: Αξιολόγηση πρόβλεψης νευρωνικών τύπου *Radial basis function (RBF)* με βάση την τάση (άνοδος η κάθοδος) της χρονοσειράς *Baltic Dry Index*.

RBF		ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ	
		άνοδος	κάθοδος
ΠΡΟΒΛΕΨΗ	άνοδος	1	2
	κάθοδος	0	1

50% επιτυχία.

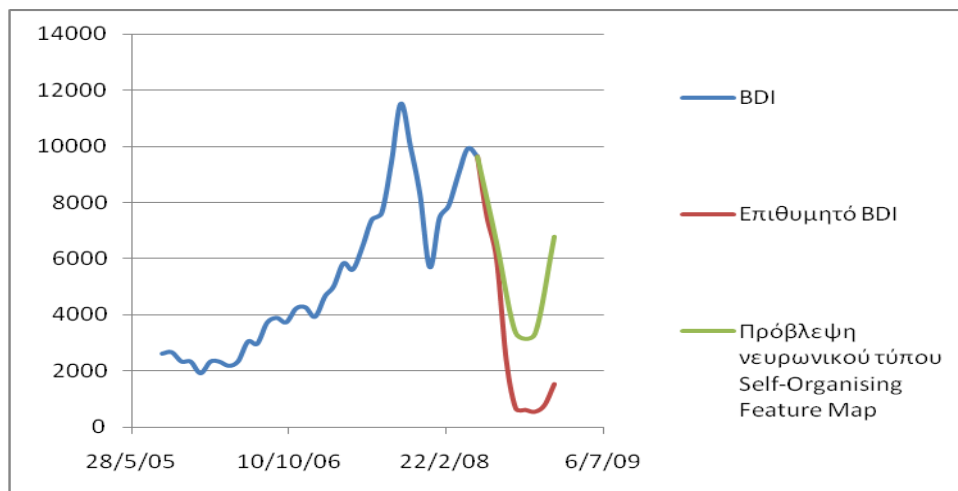
4.5.5 Αποτελέσματα και αξιολόγηση αποτελεσμάτων νευρωνικών δικτύων τύπου *Self-Organising Feature Map Networks*.

Τα σφάλματα στα δεδομένα διασταύρωσης, εκπαίδευσης και ελέγχου, όπως επίσης και οι προβλεπόμενες τιμές του δείκτη *Baltic Dry Index* από τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα τύπου *Self-Organising Feature Map Networks* παρατίθενται παρακάτω (Πίνακας 17).

Πίνακας 17: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων τύπου *Self-Organising Feature Map Network* 2,4,6 και 8 μήνες μετά τον Ιούνιο του 2008.

Self-Organising Feature Map Network				
	Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα			
	Δεδομένα διασταύρωσης (cross validation)	Δεδομένα εκπαίδευσης (training)	Δεδομένα ελέγχου (testing)	Τιμή Πρόβλεψης BDI
Πρόβλεψη 2 μηνών	0.0032	0.019	0.34	6570
Πρόβλεψη 4 μηνών	0.0059	0.0085	0.107	3354
Πρόβλεψη 6 μηνών	0.0068	0.038	0.096	3320
Πρόβλεψη 8 μηνών	0.00431	0.03	0.586	6781

Στη συνέχεια παρουσιάζεται το χρονοδιάγραμμα πρόβλεψης των τεχνητών νευρωνικών δικτύων τύπου *Self-Organising Feature Map Networks* για τον δείκτη *Baltic Dry Index* σε βάθος 8 μηνών μετά τον Ιούνιο του 2008 (Σχήμα 19).



Σχήμα 19: Πρόβλεψη νευρωνικών τύπου Self-Organising Feature Map Network

Τέλος γίνεται αξιολόγηση της πρόβλεψης του δείκτη Baltic Dry Index από τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα τύπου Self-Organising Feature Map Networks με βάση την τάση.

Πίνακας 18: Αξιολόγηση πρόβλεψης νευρωνικών τύπου Self-Organising Feature Map Network με βάση την τάση (άνοδος η κάθοδος) της χρονοσειράς Baltic Dry Index.

Self-Organizing		ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ	
		άνοδος	κάθοδος
ΠΡΟΒΛΕΨΗ	άνοδος	1	0
	κάθοδος	0	3

100% επιτυχία.

4.5.6 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων.

- Όπως βλέπουμε παραπάνω όλοι οι τύποι νευρωνικών που χρησιμοποιήθηκαν κατάφεραν να προβλέψουν άμεση πτώση του δείκτη BDI εκτός του Generalized Feedforward network που προέβλεψε άνοδο δύο μήνες μετά τον Ιούνιο του 2008 και αρκετά μεγάλη πτώση τέσσερις μήνες μετά.
- Η καμπύλη που προέβλεψαν τα νευρωνικά τύπου Modular με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα διασταύρωσης (cross validation) και τα νευρωνικά τύπου PCA και Self-Organising κατάφεραν να προσεγγίσουν με 100% επιτυχία το trend του δείκτη BDI δύο, τέσσερις, έξι και οκτώ μήνες μετά τον Ιούνιο του 2008. Ακολουθούν σε ποσοστό επιτυχίας πρόβλεψης του trend τα νευρωνικά τύπου Generalized με 75% και τα RBF και τα Modular με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα training με 50%.

4.6 Αξιολόγηση Μεθόδων

Όπως έχει προαναφερθεί σε πρώτη φάση της διπλωματικής επιλέχθηκαν οι μεταβλητές εκείνες που είχαν συσχέτιση μεγαλύτερη του 0,45 με τις προς πρόβλεψη μεταβλητές. Έπειτα τρέξαμε νευρωνικά τύπου Modular Neural Networks έχοντας εισάγει τις μεταβλητές αυτές ως εισόδους. Τα σφάλματα στα δεδομένα διασταύρωσης, εκπαίδευσης και ελέγχου και οι προβλεπόμενες τιμές του δείκτη BDI που προέκυψαν από αυτή τη μέθοδο ξεχωριστά παρουσιάζονται παρακάτω (Πίνακες 19, 20,21, 22).

Πίνακας 19: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων πρώτης μεθόδου για την πρόβλεψη 2 μηνών

Πρόβλεψη 2 μηνών					
Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα στα δεδομένα:					
α.α.	Δίκτυο	Διασταύρωσης	Εκπαίδευσης	Ελέγχου	Τιμή Πρόβλεψης
1	nn1-1-Tanh-Momentum	0.0057	0.04258	0.474	8195
2	nn1-2- Tanh-Momentum	0.00559	0.0479	0.4389	6540
3	nn1-3- Tanh-Momentum	0.00254	0.0068	0.4024	8459
4	nn1-4- Tanh-Momentum	0.0031	0.00411	0.489	8205
6	nn2-1-Tanh- Delta Bar Delta	0.0028	0.033	0.1103	5200
7	nn2-1-Tanh- Quickprop	0.0029	0.044	0.2709	5432
8	nn2-2-Tanh- Step	0.0029	0.0257	0.92	9210
9	nn2-1-Tanh-Step	0.00237	0.0138	0.68	8752
10	nn3-1-Tanh-Momentum		0.0113	0.37	8995
11	nn3-2-Tanh-Momentum		0.0103	0.363	8404

Πίνακας 20: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων πρώτης μεθόδου για την πρόβλεψη 4 μηνών

Πρόβλεψη 4 μηνών					
Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα στα δεδομένα:					
α.α.	Δίκτυο	Διασταύρωσης	Εκπαίδευσης	Ελέγχου	Τιμή Πρόβλεψης
16	nn1-1-Tanh-Momentum	0.004147	0.00594	0.951	8074
18	nn1-4-Tanh-Momentum	0.00491	0.0055	0.908	8552
19	nn1-2-Tanh-Momentum	0.004759	0.004791	0.8249	8936
20	nn2-3-Tanh-Quickprop	0.03701	0.03797	0.3632	5225
21	nn2-4 -Tanh-Quickprop	0.040371	0.04258	1.11027	7669
22	nn2-3-Tanh-Conjugate Gradient	0.0364	0.0243	1.46	8555
23	nn2-1- Tanh-Momentum	0.0359	0.0383	0.729	6430

Πίνακας 21: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων πρώτης μεθόδου για την πρόβλεψη 6 μηνών

Πρόβλεψη 6 μηνών					
		Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα στα δεδομένα:			
α.α.	Δίκτυο	Διασταύρωσης	Εκπαίδευσης	Ελέγχου	Τιμή Πρόβλεψης
30	nn1-1- Tanh-Momentum	0.01157	0.0474	1.101	8276
31	nn1-3- Tanh-Momentum	0.0144	0.0464	1.81	10456
32	nn1-2- Tanh-Momentum	0.0134	0.4358	0.6851	6958
33	nn2- 1-Tanh-Delta Bar Delta	0.0228	0.06154	0.029	1571
34	nn2-1-Tanh-Quickprop	0.06909	0.04501	0.244	4573
35	nn2-4- Tanh-Momentum	0.02313	0.03381	0.322	5086.5

Πίνακας 22: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων πρώτης μεθόδου για την πρόβλεψη 8 μηνών

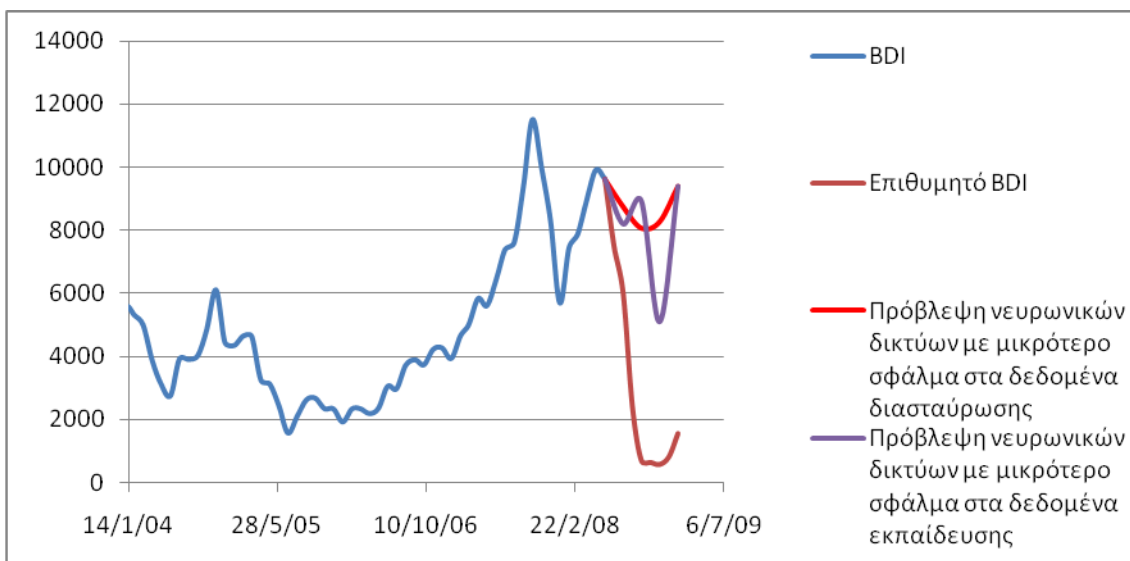
Πρόβλεψη 8 μηνών					
		Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα στα δεδομένα:			
α.α.	Δίκτυο	Διασταύρωσης	Εκπαίδευσης	Ελέγχου	Τιμή Πρόβλεψης
43	nn1-1- Tanh-Momentum	0.007735	0.0398	0.3389	6559
44	nn1-2- Tanh-Momentum	0.00824	0.03028	0.8259	9044
45	nn1-3- Tanh-Momentum	0.0067	0.01225	0.9625	9412
48	nn2-1-Tanh-Delta Bar Delta	0.0297	0.03389	1.598	8893

Συγκεντρώνοντας τις προβλέψεις των νευρωνικών με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα διασταύρωσης (cross validation) και εκπαίδευσης (training) παρουσιάζεται παρακάτω ο πίνακας πρόβλεψης για τη μεθοδολογία αυτή (Πίνακας 23)

Πίνακας 23: Προβλέψεις 2,4,6 και 8 μηνών 1^{ης} μεθόδου για νευρωνικά με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα διασταύρωσης και εκπαίδευσης.

Πρόβλεψη	Μικρότερο Σφάλμα	
	Δεδομένα διασταύρωσης (cross validation)	Δεδομένα εκπαίδευσης (training)
2 Μήνες μετά	8752	8205
4 Μήνες μετά	8074	8936
6 Μήνες μετά	8276	5086
8 Μήνες μετά	9412	9412

Στο σημείο αυτό παρουσιάζεται το αντίστοιχο χρονοδιάγραμμα πρόβλεψης της 1^{ης} μεθόδου για τον δείκτη BDI (Σχήμα 20).



Σχήμα 20: Πρόβλεψη 1^{ης} μεθόδου

Ακολουθεί η αξιολόγηση της προβλεπόμενης τάσης για τη μέθοδο αυτή τόσο για την καμπύλη που αντιστοιχεί στα νευρωνικά με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα διασταύρωσης (cross validation) όσο και στα νευρωνικά με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα εκπαίδευσης(training) (Πίνακας 24).

Πίνακας 24: Αξιολόγηση 1^{ης} μεθόδου με βάση την τάση (άνοδος ή κάθοδος)

		ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ	
		άνοδος	κάθοδος
ΠΡΟΒΛΕΨΗ	άνοδος	1	1
	κάθοδος	0	2

, δηλαδή επιτυχία 75%.

Παρακάτω παρατίθενται αναλυτικά οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν από τα τεχνικά νευρωνικά δίκτυα της παρούσας μεθόδου για κάθε βάθος πρόβλεψης (2,4, 6, και 8 μήνες μετά τον Ιούνιο του 2008) του δείκτη Baltic Dry Index (Πίνακες 25, 26, 27, 28).

Πίνακας 25: Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν τελικά από τα νευρωνικά της 1^{ης} μεθόδου για την πρόβλεψη των 2 μηνών

-Πρόβλεψη 2 μηνών										
	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11
BDI	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)	✓	✓	✓	✓		✓			✓	
Άμεση τιμή χρυσού (Spot Price of Gold)	✓	✓	✓	✓		✓			✓	✓
Καταναλωτική πίστη (Consumer Credit)								✓	✓	
Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)										
Αποθέματα πετρελαίου (EIA Petroleum Report)	✓								✓	✓
Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production)	✓	✓	✓	✓		✓				
Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)	✓	✓	✓	✓						
Άμεση τιμή χαλκού (Spot Price of Copper)	✓	✓	✓	✓						
Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	
Μηνιαία μεταβολή στόλου φορτηγών πλοίων (Fleet increase)	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		
Μηνιαία μεταβολή του μέσου κόστους ναυπήγησης νεότευκτου πλοίου (Average newbuilding difference)	✓	✓	✓	✓					✓	✓
Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Τιμή μίσθωσης πλοίου 65000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 6 μηνών (6 month timecharter rate for 65000 ton DWT ship)	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 26: Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν τελικά από τα νευρωνικά της 1^{ης} μεθόδου για την πρόβλεψη των 4 μηνών

Πρόβλεψη 4 μηνών						
	16	18	19	20	21	22/23
BDI	✓	✓	✓	✓		✓
Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)	✓	✓		✓		
Άμεση τιμή χρυσού (Spot Price of Gold)			✓	✓	✓	✓
Καταναλωτική πίστη (Consumer Credit)						
Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)			✓		✓	✓
Αποθέματα πετρελαίου (EIA Petroleum Report)	✓	✓	✓		✓	✓
Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production)		✓	✓		✓	
Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)	✓	✓	✓	✓		✓
Άμεση τιμή χαλκού (Spot Price of Copper)						
Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Μηνιαία μεταβολή στόλου φορτηγών πλοίων (Fleet increase)						
Μηνιαία μεταβολή του μέσου κόστους ναυπήγησης νεότευκτου πλοίου (Average newbuilding difference)			✓	✓	✓	✓
Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)				✓	✓	✓
Τιμή μίσθωσης πλοίου 65000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 6 μηνών (6 month timecharter rate for 65000 ton DWT ship)	✓	✓	✓		✓	✓

Πίνακας 27: Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν τελικά από τα νευρωνικά της 1^{ης} μεθόδου για την πρόβλεψη των 6 μηνών

Πρόβλεψη 6 μηνών						
	30	31	32	33	34	35
BDI	✓		✓			✓
Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)	✓	✓	✓	✓		
Άμεση τιμή χρυσού (Spot Price of Gold)	✓	✓				✓
Καταναλωτική πίστη (Consumer Credit)						
Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)	✓			✓		
Αποθέματα πετρελαίου (EIA Petroleum Report)	✓	✓				✓
Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production)		✓	✓			
Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)	✓					
Άμεση τιμή χαλκού (Spot Price of Copper)						
Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)	✓	✓				✓
Μηνιαία μεταβολή στόλου φορτηγών πλοίων (Fleet increase)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Μηνιαία μεταβολή του μέσου κόστους ναυπήγησης νεότευκτου πλοίου (Average newbuilding difference)				✓	✓	✓
Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)	✓			✓	✓	✓
Τιμή μίσθωσης πλοίου 65000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 6 μηνών (6 month timecharter rate for 65000 ton DWT ship)						

Πίνακας 28: Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν τελικά από τα νευρωνικά της 1^{ης} μεθόδου για την πρόβλεψη των 8 μηνών

Πρόβλεψη 8 μηνών				
	43	44	45	48
BDI				✓
Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)	✓	✓	✓	
Άμεση τιμή χρυσού (Spot Price of Gold)	✓		✓	✓
Καταναλωτική πίστη (Consumer Credit)				
Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)				
Αποθέματα πετρελαίου (EIA Petroleum Report)	✓		✓	
Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production)			✓	
Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)		✓	✓	✓
Άμεση τιμή χαλκού (Spot Price of Copper)				
Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)	✓		✓	
Μηνιαία μεταβολή στόλου φορτηγών πλοίων (Fleet increase)	✓			✓
Μηνιαία μεταβολή του μέσου κόστους ναυπήγησης νεότευκτου πλοίου (Average newbuilding difference)		✓		
Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)	✓	✓	✓	✓
Τιμή μίσθωσης πλοίου 65000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 6 μηνών (6 month timecharter rate for 65000 ton DWT ship)	✓	✓	✓	

Από τα παραπάνω αποτελέσματα μπορούμε να καταλήξουμε στο ποιες μεταβλητές χρησιμοποιήθηκαν περισσότερο από τα νευρωνικά για κάθε πρόβλεψη στα πλαίσια της μεθόδου που μελετάμε. Συγκεντρωτικά έχουμε:

Για την πρόβλεψη 2 μήνες μετά:

1. BDI
2. Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)
3. Άμεση τιμή χρυσού (Spot Price of Gold)
4. Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)
5. Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase)
6. Μηνιαία μεταβολή του μέσου κόστους ναυπήγησης νεότευκτου πλοίου σε δολάρια ανά τόνο ωφέλιμου φορτίου (Average newbuilding difference)
7. Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)
8. Τιμή μίσθωσης πλοίου 65000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 6 μηνών (6 month timecharter rate for 65000 ton DWT ship)

Για την πρόβλεψη 4 μήνες μετά:

1. BDI
2. Άμεση τιμή χρυσού (Spot Price of Gold)
3. Αποθέματα πετρελαίου (EIA Petroleum Report)
4. Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)
5. Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)
6. Μηνιαία μεταβολή του μέσου κόστους ναυπήγησης νεότευκτου πλοίου σε δολάρια ανά τόνο ωφέλιμου φορτίου (Average newbuilding difference)
7. Τιμή μίσθωσης πλοίου 65000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 6 μηνών (6 month timecharter rate for 65000 ton DWT ship).

Για την πρόβλεψη 6 μήνες μετά:

1. Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)
2. Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase)
3. Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)

Για την πρόβλεψη 8 μήνες μετά:

1. Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)
2. Άμεση τιμή χρυσού (Spot Price of Gold)
3. Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)
4. Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)
5. Τιμή μίσθωσης πλοίου 65000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 6 μηνών (6 month timecharter rate for 65000 ton DWT ship)

Σε δεύτερη φάση ακολουθήσαμε μέθοδο κατά την οποία μετατοπίστηκαν οι χρονοσειρές των επιλεγμένων από την πρώτη φάση μεταβλητών με χρονική καθυστέρηση ώστε η συσχέτισή τους με την προς πρόβλεψη χρονοσειρά να είναι μέγιστη. Τα σφάλματα των νευρωνικών στα δεδομένα διασταύρωσης, εκπαίδευσης και ελέγχου και οι τιμές πρόβλεψης του δείκτη BDI αυτής της μεθόδου παρουσιάζονται παρακάτω (Πίνακες 29, 30, 31, 32).

Πίνακας 29: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων δεύτερης μεθόδου για την πρόβλεψη 2 μηνών

Πρόβλεψη 2 μηνών					
Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα στα δεδομένα:					
α.α.	Δίκτυο	Διασταύρωσης	Εκπαίδευσης	Ελέγχου	Τιμή Πρόβλεψης
12	nn4-1-Tanh- Quickprop	0.005	0.017	0.10714	1465
13	nn4-2- Tanh- Quickprop	0.005	0.0158	0.10722	1323
14	nn4-3-Tanh-Momentum	0.005172	0.01939	0.104	1823
15	nn4-4-Tanh-Momentum	0.004876	0.01737	0.10719	1786

Πίνακας 30: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων δεύτερης μεθόδου για την πρόβλεψη 4 μηνών

Πρόβλεψη 4 μηνών					
Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα στα δεδομένα:					
α.α.	Δίκτυο	Διασταύρωσης	Εκπαίδευσης	Ελέγχου	Τιμή Πρόβλεψης
26	nn4-3- Tanh-Momentum	0.00546	0.02994	0.69065	5692
27	nn4-4-Tanh-Quickprop	0.00575	0.0725	1.97	8789
28	nn4-1- Tanh-Momentum	0.00753	0.02693	0.35997	3546
29	nn4-2- Tanh-Momentum	0.00532	0.04385	1.01	7383

Πίνακας 31: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων δεύτερης μεθόδου για την πρόβλεψη 6 μηνών

Πρόβλεψη 6 μηνών					
Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα στα δεδομένα:					
α.α.	Δίκτυο	Διασταύρωσης	Εκπαίδευσης	Ελέγχου	Τιμή Πρόβλεψης
39	nn4-1- Tanh-Momentum	0.00695	0.03678	0.535	5621
40	nn4-3-Tanh-Quickprop	0.00624	0.0449	0.1385	2906
41	nn4-4- Tanh-Momentum	0.00641	0.1186	0.5697	5280
42	nn4-2- Tanh-Momentum	0.007194	0.03898	0.2583	3845

Πίνακας 32: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων δεύτερης μεθόδου για την πρόβλεψη 8 μηνών

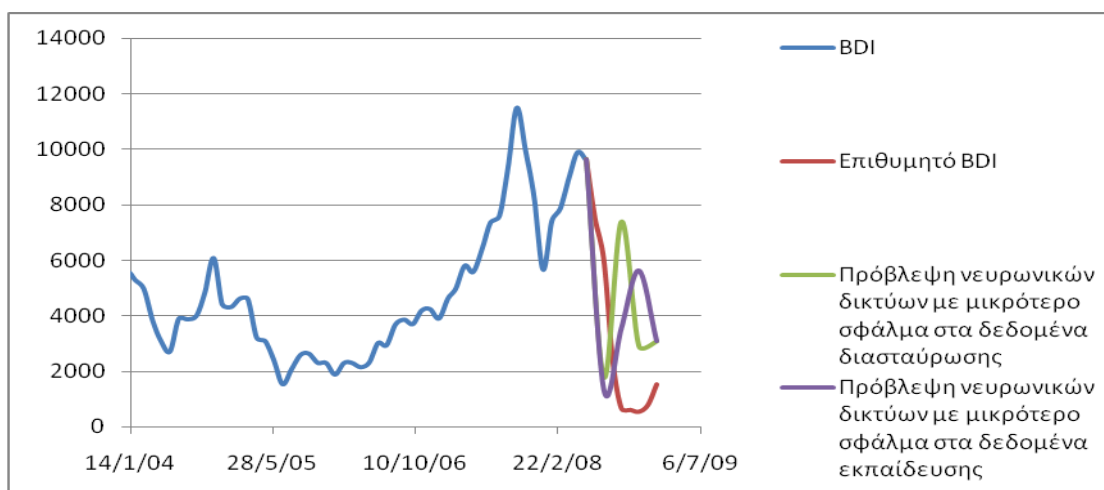
		Πρόβλεψη 8 μηνών			
		Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα στα δεδομένα:			
α.α.	Δίκτυο	Διασταύρωσης	Εκπαίδευσης	Ελέγχου	Τιμή Πρόβλεψης
52	nn4-3- Tanh-Momentum	0.007	0.02209	0.04635	3078
53	nn4-4-Tanh- Quickprop	0.00816	0.02478	0.0622	3638
54	nn4-1- Tanh-Momentum	0.00759	0.02497	0.01623	3905
55	nn4-2- Tanh-Momentum	0.00789	0.0518	1.05	8508

Συγκεντρώνοντας τις προβλέψεις των νευρωνικών με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα διασταύρωσης και εκπαίδευσης προκύπτει ο παρακάτω πίνακας πρόβλεψης για τη μεθοδολογία αυτή (Πίνακας 33)

Πίνακας 33: Προβλέψεις 2,4,6 και 8 μηνών 2^{ης} μεθόδου για νευρωνικά με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα διασταύρωσης και εκπαίδευσης.

Πρόβλεψη	Μικρότερο Σφάλμα	
	Δεδομένα διασταύρωσης (cross validation)	Δεδομένα εκπαίδευσης (training)
2 Μήνες μετά	1786	1323
4 Μήνες μετά	7383	3546
6 Μήνες μετά	2906	5621
8 Μήνες μετά	3078	3078

Επίσης παρουσιάζεται το αντίστοιχο χρονοδιάγραμμα πρόβλεψης του δείκτη Baltic Dry Index για την παρούσα μέθοδο (Σχήμα 21).



Σχήμα 21: Πρόβλεψη 2^{ης} μεθόδου

Τέλος γίνεται αξιολόγηση της προβλεπόμενης τάσης για τη μέθοδο αυτή τόσο για την καμπύλη που αντιστοιχεί στα νευρωνικά με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα διασταύρωσης (cross validation) (Πίνακας 34) όσο και στα νευρωνικά με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα εκπαίδευσης (training) (Πίνακας 35).

Πίνακας 34: Αξιολόγηση 2^{ης} μεθόδου με βάση την τάση (άνοδος ή κάθοδος) για τα νευρωνικά με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα διασταύρωσης (cross validation).

καμπύλη μικρότερου σφάλματος στα δεδομένα διασταύρωσης (best C.V.)		ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ	
		άνοδος	κάθοδος
ΠΡΟΒΛΕΨΗ	άνοδος	1	1
	κάθοδος	0	2

75% επιτυχία.

Πίνακας 35: Αξιολόγηση 2^{ης} μεθόδου με βάση την τάση (άνοδος ή κάθοδος) για τα νευρωνικά με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα εκπαίδευσης (training).

καμπύλη μικρότερου σφάλματος στα δεδομένα εκπαίδευσης (best training)		ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ	
		άνοδος	κάθοδος
ΠΡΟΒΛΕΨΗ	άνοδος	0	2
	κάθοδος	1	1

25% επιτυχία.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν από τα τεχνικά νευρωνικά δίκτυα αυτής της μεθόδου για κάθε βάθος πρόβλεψης (2,4, 6, και 8 μήνες μετά τον Ιούνιο του 2008) του δείκτη Baltic Dry Index (Πίνακες 36, 37, 38, 39).

Πίνακας 36: Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν τελικά από τα νευρωνικά της 2^{ης} μεθόδου για την πρόβλεψη των 2 μηνών

Πρόβλεψη 2 μηνών				
	12	13	14	15
Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)	✓			
Άμεση τιμή χρυσού (Spot Price of Gold)	✓			
Καταναλωτική πίστη (Consumer Credit)	✓			
Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)				
Αποθέματα πετρελαίου (EIA Petroleum Report)		✓		
Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production)				
Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)	✓	✓		
Άμεση τιμή χαλκού (Spot Price of Copper)	✓			✓
Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)	✓			
Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase)				
Μηνιαία μεταβολή του μέσου κόστους ναυπήγησης νεότευκτου πλοίου (Average newbuilding difference).	✓	✓	✓	✓
Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 37: Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν τελικά από τα νευρωνικά της 2^{ης} μεθόδου για την πρόβλεψη των 4 μηνών

Πρόβλεψη 4 μηνών				
	26	27	28	29
Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)	✓	✓		✓
Άμεση τιμή χρυσού (Spot Price of Gold)		✓	✓	
Καταναλωτική πίστη (Consumer Credit)		✓		
Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)		✓	✓	
Αποθέματα πετρελαίου (EIA Petroleum Report)			✓	
Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production)	✓	✓		✓
Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)	✓	✓		✓
Άμεση τιμή χαλκού (Spot Price of Copper)			✓	
Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)	✓		✓	
Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase)		✓	✓	✓
Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)	✓		✓	✓

Πίνακας 38: Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν τελικά από τα νευρωνικά της 2^{ης} μεθόδου για την πρόβλεψη των 6 μηνών

Πρόβλεψη 6 μηνών				
	39	40	41	42
Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)	✓	✓		✓
Άμεση τιμή χρυσού (Spot Price of Gold)		✓		
Καταναλωτική πίστη (Consumer Credit)	✓		✓	✓
Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)	✓	✓		
Αποθέματα πετρελαίου (EIA Petroleum Report)			✓	
Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production)	✓	✓		
Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)	✓			
Άμεση τιμή χαλκού (Spot Price of Copper)	✓		✓	
Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)			✓	
Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase)	✓	✓		✓
Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 39: Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν τελικά από τα νευρωνικά της 2^{ης} μεθόδου για την πρόβλεψη των 8 μηνών

Πρόβλεψη 8 μηνών				
	52	53	54	55
Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)	✓	✓	✓	✓
Άμεση τιμή χρυσού (Spot Price of Gold)				✓
Καταναλωτική πίστη (Consumer Credit)		✓	✓	✓
Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)	✓	✓		✓
Αποθέματα πετρελαίου (EIA Petroleum Report)		✓		✓
Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production)	✓	✓		✓
Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)		✓	✓	✓
Άμεση τιμή χαλκού (Spot Price of Copper)				✓
Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)	✓	✓	✓	
Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase)				
Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)	✓	✓	✓	✓

Από τα παραπάνω αποτελέσματα μπορούμε να καταλήξουμε στο ποιες μεταβλητές χρησιμοποιήθηκαν περισσότερο από τα νευρωνικά για κάθε πρόβλεψη στα πλαίσια της μεθόδου που μελετάμε. Συγκεντρωτικά έχουμε:

Για την πρόβλεψη 2 μήνες μετά:

1. Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)
2. Άμεση τιμή χαλκού (Spot Price of Copper)
3. Μηνιαία μεταβολή του μέσου κόστους ναυπήγησης νεότευκτου πλοίου σε δολάρια ανά τόνο ωφέλιμου φορτίου (Average newbuilding difference)
4. Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)

Για την πρόβλεψη 4 μήνες μετά:

1. Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)
2. Άμεση τιμή χρυσού (Spot Price of Gold)
3. Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)
4. Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production)
5. Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)
6. Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)
7. Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase)
8. Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)

Για την πρόβλεψη 6 μήνες μετά:

1. Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)
2. Καταναλωτική πίστη (Consumer Credit)
3. Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)
4. Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production)
5. Άμεση τιμή χαλκού (Spot Price of Copper)
6. Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase)
7. Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)

Για την πρόβλεψη 8 μήνες μετά:

1. Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)
2. Καταναλωτική πίστη (Consumer Credit)
3. Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)
4. Αποθέματα πετρελαίου (EIA Petroleum Report)
5. Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production)
6. Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)
7. Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)
8. Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)

Στο τέλος της διπλωματικής χρησιμοποιήθηκαν όλες οι μεταβλητές που αναφέρονται στη θεωρητική προσέγγιση σαν είσοδοι των νευρωνικών προκειμένου να εξεταστεί ποιες μεταβλητές χρησιμοποιήθηκαν τελικά από τα νευρωνικά. Έγινε χρήση νευρωνικών τύπου Modular, Generalized Feedforward, Principal component analysis networks (PCAs), Radial basis function (RBF), Self-organizing feature maps (SOFMs). Παρακάτω παρατίθενται τα σφάλματα των νευρωνικών στα δεδομένα διασταύρωσης, εκπαίδευσης και ελέγχου και οι τιμές πρόβλεψης του δείκτη BDI αυτής της μεθόδου (Πίνακες 40, 41, 42, 43).

Πίνακας 40: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων τρίτης μεθόδου για την πρόβλεψη 2 μηνών

Πρόβλεψη 2 μηνών					
Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα στα δεδομένα:					
α.α.	Δίκτυο	Διασταύρωσης	Εκπαίδευσης	Ελέγχου	Τιμή Πρόβλεψης
5	nn1-1- Tanh-Momentum all in	0.0025	0.0065	0.68	7735
	Generalized all in	0.00326	0.0181	0.658	9986
	PCA all in	0.003	0.0052	0.45	8896
	RBF all in	0.0039	0.035	0.1149	4794
	Self-Organizing all in	0.0032	0.019	0.34	6570

Πίνακας 41: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων τρίτης μεθόδου για την πρόβλεψη 4 μηνών

Πρόβλεψη 4 μηνών					
Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα στα δεδομένα:					
α.α.	Δίκτυο	Διασταύρωσης	Εκπαίδευσης	Ελέγχου	Τιμή Πρόβλεψης
17	nn1-3-Tanh-Momentum- all in	0.004434	0.007244	0.749	8069
24	nn3-3-Tanh-Quickprop- all in		0.01558	2.4738	10452
25	nn3-3-Tanh-Momentum- all in		0.008257	0.9848	7568
	Generalized all in	0.006	0.073	1.84	9305
	PCA all in	0.0063	0.032	1.025	8672
	RBF all in	0.0044	0.0146	0.46	6062
	Self-Organizing all in	0.0059	0.0085	0.107	3354

Πίνακας 42: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων τρίτης μεθόδου για την πρόβλεψη 6 μηνών

Πρόβλεψη 6 μηνών					
Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα στα δεδομένα:					
α.α.	Δίκτυο	Διασταύρωσης	Εκπαίδευσης	Ελέγχου	Τιμή Πρόβλεψης
36	nn2-4 Tanh-Momentum- all in	0.02663	0.0423	0.15	3888
37	nn3-4- Tanh-Momentum- all in		0.012	1.35	9716
38	nn3-4-Tanh-Quickprop- all in		0.01559	1.076	9840
	Generalized all in	0.0065	0.0536	0.36	4976
	PCA all in	0.0078	0.0413	0.7547	6825
	RBF all in	0.0035	0.023	0.6	6451
	Self-Organizing all in	0.0068	0.038	0.096	3320

Πίνακας 43: Σφάλματα και προβλέψεις νευρωνικών δικτύων τρίτης μεθόδου για την πρόβλεψη 8 μηνών

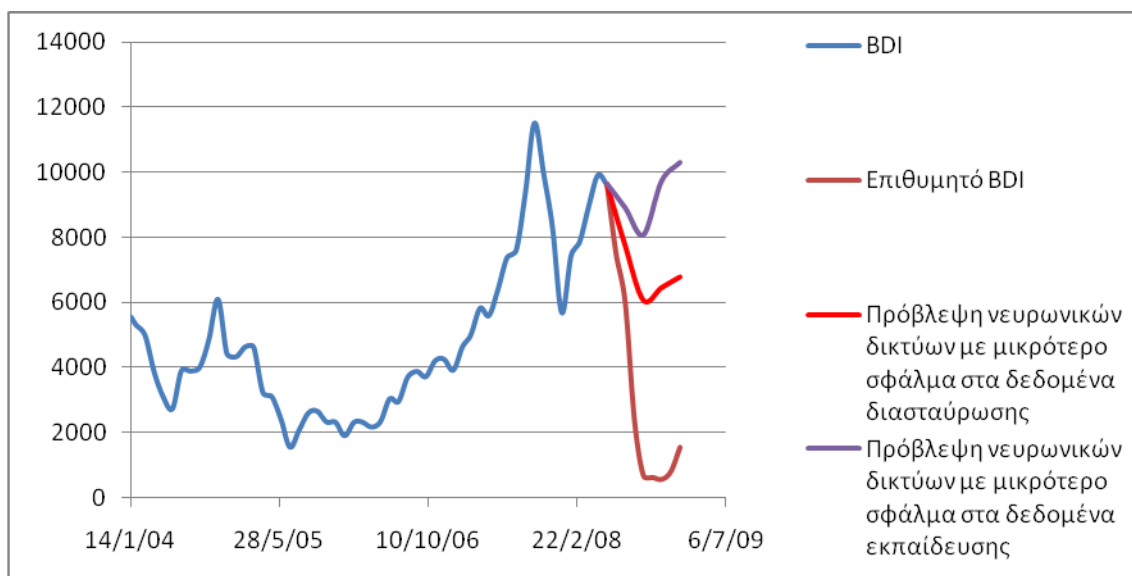
Πρόβλεψη 8 μηνών					
Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα στα δεδομένα:					
α.α.	Δίκτυο	Διασταύρωσης	Εκπαίδευσης	Ελέγχου	Τιμή Πρόβλεψης
46	nn1-4- Tanh-Momentum- all in	0.00821	0.0156	0.6718	8077
47	nn2-1- Tanh-Momentum- all in	0.0197	0.0067	2.4	10282
49	nn2-4- Tanh-Momentum- all in	0.025072	0.03621	1.6139	8144
50	nn3-3- Tanh-Momentum- all in		0.0137	2.36	11570
51	nn3-4- Tanh-Momentum- all in		0.01344	2.48	11680
	Generalized all in	0.0058	0.033	1.21	10293
	PCA all in	0.0064	0.028	1.815	10757
	RBF all in	0.00515	0.0258	0.733	7475
	Self-Organizing all in	0.00431	0.03	0.586	6781

Στη συνέχεια, συγκεντρώνοντας τις προβλέψεις των νευρωνικών με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα διασταύρωσης (cross validation) και εκπαίδευσης (training) προκύπτει ο πίνακας πρόβλεψης για τη μεθοδολογία αυτή (Πίνακας 44).

Πίνακας 44: Προβλέψεις 2,4,6 και 8 μηνών 3^{ης} μεθόδου για νευρωνικά με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα διασταύρωσης και εκπαίδευσης.

Πρόβλεψη	Μικρότερο Σφάλμα	
	Δεδομένα διασταύρωσης (cross validation)	Δεδομένα εκπαίδευσης (training)
2 Μήνες μετά	7735	8896
4 Μήνες μετά	6062	8069
6 Μήνες μετά	6451	9716
8 Μήνες μετά	6781	10282

Επίσης παρουσιάζεται το αντίστοιχο χρονοδιάγραμμα πρόβλεψης του δείκτη Baltic Dry Index για την παρούσα μέθοδο (Σχήμα 22).



Σχήμα 22: Πρόβλεψη 3^{ης} μεθόδου

Ακολουθεί η αξιολόγηση της προβλεπόμενης τάσης για τη μεθοδολογία αυτή τόσο για την καμπύλη που αντιστοιχεί στα νευρωνικά με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα διασταύρωσης (cross validation) όσο και στα νευρωνικά με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα εκπαίδευσης (training) (Πίνακας 45).

Πίνακας 45: Αξιολόγηση 3^{ης} μεθόδου με βάση την τάση (άνοδος ή κάθοδος).

		ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ	
		άνοδος	κάθοδος
ΠΡΟΒΛΕΨΗ	άνοδος	1	1
	κάθοδος	0	2

, δηλαδή επιτυχία 75%.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν από τα τεχνικά νευρωνικά δίκτυα αυτής της μεθόδου για κάθε βάθος πρόβλεψης (2,4, 6, και 8 μήνες μετά τον Ιούνιο του 2008) του δείκτη Baltic Dry Index (Πίνακες 46, 47, 48, 49).

Πίνακας 46: Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν τελικά από τα νευρωνικά της 3^{ης} μεθόδου για την πρόβλεψη των 2 μηνών

Πρόβλεψη 2 μηνών					
	5	PCA	RBF	Generalized	Self-Organizing
BDI	✓				
Αιτήσεις Ανέργων (Jobless Claims)			✓	✓	
Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)	✓			✓	✓
Άμεση τιμή χρυσού (Spot Price of Gold)	✓	✓		✓	✓
Παραγωγικός δείκτης (ISM)	✓	✓	✓	✓	✓
Καταναλωτική εμπιστοσύνη (Consumer Confidence)		✓	✓	✓	
Καταναλωτική πίστη (Consumer Credit)	✓		✓		✓
Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)	✓	✓		✓	✓
Αποθέματα πετρελαίου (EIA Petroleum Report)	✓		✓	✓	
Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production)	✓		✓	✓	✓
Δείκτης μεταβλητότητας (VIX)	✓		✓		✓
Βιομηχανικές Παραγγελίες (Factory Orders)					✓
Ατομικό εισόδημα (Personal Income)		✓			
Ατομική καταναλωτική δαπάνη (PCE)	✓				✓
S&P500	✓	✓		✓	✓
Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)	✓	✓			
Ακαθάριστο εθνικό προϊόν (GDP)			✓	✓	
Άμεση τιμή χαλκού (Spot Price of Copper)	✓	✓		✓	✓
Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)	✓	✓			
Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase)			✓		
Μηνιαία μεταβολή του μέσου κόστους ναυπήγησης νεότευκτου πλοίου(Average newbuilding difference).	✓	✓	✓	✓	✓
Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value).				✓	
Τιμή μίσθωσης πλοίου 65000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 6 μηνών (6 month timecharter rate for 65000 ton DWT ship).	✓	✓			

Πίνακας 47: Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν τελικά από τα νευρωνικά της 3^{ης} μεθόδου για την πρόβλεψη των 4 μηνών

Πρόβλεψη 4 μηνών							
	17	24	25	PCA	RBF	Generalized	Self-Organizing
BDI	✓	✓	✓			✓	✓
Αιτήσεις Ανέργων (Jobless Claims)		✓	✓	✓		✓	✓
Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)	✓	✓		✓			✓
Άμεση τιμή χρυσού (Spot Price of Gold)	✓	✓	✓	✓		✓	
Παραγωγικός δείκτης (ISM)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Καταναλωτική εμπιστοσύνη (Consumer Confidence)	✓				✓		
Καταναλωτική πίστη (Consumer Credit)	✓				✓	✓	✓
Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)		✓	✓		✓		✓
Αποθέματα πετρελαίου (EIA Petroleum Report)	✓				✓	✓	✓
Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production)	✓		✓	✓			✓
Δείκτης μεταβλητότητας (VIX)		✓	✓		✓		
Βιομηχανικές Παραγγελίες (Factory Orders)	✓			✓		✓	✓
Ατομικό εισόδημα (Personal Income)		✓		✓			
Ατομική καταναλωτική δαπάνη (PCE)	✓	✓					✓
S&P500	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)			✓			✓	✓
Ακαθάριστο εθνικό προϊόν (GDP)	✓	✓					
Άμεση τιμή χαλκού (Spot Price of Copper)				✓			✓
Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)	✓	✓	✓	✓			✓
Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase).		✓		✓		✓	✓
Μηνιαία μεταβολή του μέσου κόστους ναπήγησης νεότευκτου πλοίου(Average newbuilding difference).		✓					
Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value).		✓	✓		✓		✓
Τιμή μίσθωσης πλοίου 65000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 6 μηνών (6 month timecharter rate for 65000 ton DWT ship).	✓	✓	✓				✓

Πίνακας 48: Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν τελικά από τα νευρωνικά της 3^{ης} μεθόδου για την πρόβλεψη των 6 μηνών

Πρόβλεψη 6 μηνών							
	36	37	38	PCA	RBF	Generalized	Self-Organizing
BDI	✓		✓				✓
Αιτήσεις Ανέργων (Jobless Claims)				✓			
Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)		✓		✓			✓
Άμεση τιμή χρυσού (Spot Price of Gold)	✓	✓					✓
Παραγωγικός δείκτης (ISM)	✓	✓		✓	✓	✓	✓
Καταναλωτική εμπιστοσύνη (Consumer Confidence)					✓	✓	✓
Καταναλωτική πίστη (Consumer Credit)		✓		✓	✓	✓	✓
Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Αποθέματα πετρελαίου (EIA Petroleum Report)		✓	✓				✓
Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production)			✓			✓	
Δείκτης μεταβλητότητας (VIX)	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Βιομηχανικές Παραγγελίες (Factory Orders)	✓					✓	✓
Ατομικό εισόδημα (Personal Income)							
Ατομική καταναλωτική δαπάνη (PCE)	✓			✓	✓	✓	✓
S&P500	✓		✓	✓			✓
Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Ακαθάριστο εθνικό προϊόν (GDP)		✓					
Άμεση τιμή χαλκού (Spot Price of Copper)		✓	✓	✓			✓
Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)	✓	✓	✓			✓	✓
Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορητών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase).	✓			✓	✓	✓	✓
Μηνιαία μεταβολή του μέσου κόστους ναπήγησης νεότευκτου πλοίου(Average newbuilding difference).	✓		✓			✓	
Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value).	✓	✓	✓			✓	✓
Τιμή μίσθωσης πλοίου 65000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 6 μηνών (6 month timecharter rate for 65000 ton DWT ship).		✓	✓				

Πίνακας 49: Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν τελικά από τα νευρωνικά της 3^{ης} μεθόδου για την πρόβλεψη των 8 μηνών

Πρόβλεψη 8 μηνών									
	41	42	44	45	46	PCA	RBF	Generalized	Self-Organizing
BDI						✓			
Αιτήσεις Ανέργων (Jobless Claims)			✓	✓	✓	✓		✓	
Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)	✓	✓		✓		✓		✓	✓
Άμεση τιμή χρυσού (Spot Price of Gold)		✓	✓	✓	✓	✓			
Παραγωγικός δείκτης (ISM)		✓		✓	✓		✓	✓	✓
Καταναλωτική εμπιστοσύνη (Consumer Confidence)	✓		✓	✓			✓	✓	
Καταναλωτική πίστη (Consumer Credit)		✓			✓	✓	✓	✓	
Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)							✓	✓	
Αποθέματα πετρελαίου (EIA Petroleum Report)	✓					✓		✓	
Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production)	✓			✓		✓			✓
Δείκτης μεταβλητότητας (VIX)			✓		✓		✓	✓	
Βιομηχανικές Παραγγελίες (Factory Orders)				✓			✓		
Ατομικό εισόδημα (Personal Income)		✓		✓			✓	✓	
Ατομική καταναλωτική δαπάνη (PCE)			✓						
S&P500							✓	✓	
Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)			✓	✓	✓				✓
Ακαθάριστο εθνικό προϊόν (GDP)			✓		✓		✓		
Άμεση τιμή χαλκού (Spot Price of Copper)		✓	✓		✓			✓	
Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)	✓			✓	✓	✓			✓
Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase).					✓		✓	✓	
Μηνιαία μεταβολή του μέσου κόστους ναπήγησης νεότευκτου πλοίου(Average newbuilding difference).				✓		✓			
Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value).	✓	✓	✓	✓					✓
Τιμή μίσθωσης πλοίου 65000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 6 μηνών (6 month timecharter rate for 65000 ton DWT ship).				✓			✓	✓	✓

Στα πλαίσια αυτής της μεθόδου χρησιμοποιήθηκαν κυρίως οι παρακάτω μεταβλητές:

Για την πρόβλεψη 2 μήνες μετά:

- 1) Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)
- 2) Άμεση τιμή χρυσού (Spot Price of Gold)
- 3) Παραγωγικός δείκτης (ISM)
- 4) Καταναλωτική εμπιστοσύνη (Consumer Confidence)
- 5) Καταναλωτική πίστη (Consumer Credit)
- 6) Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)
- 7) Αποθέματα πετρελαίου (EIA Petroleum Report)

- 8) Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production)
- 9) Δείκτης μεταβλητότητας (VIX)
- 10) S&P500
- 11) Άμεση τιμή χαλκού (Spot Price of Copper)
- 12) Μηνιαία μεταβολή του μέσου κόστους ναυπήγησης νεότευκτου πλοίου σε δολάρια ανά τόνο ωφέλιμου φορτίου (Average newbuilding difference)

Για την πρόβλεψη 4 μήνες μετά:

- 1) BDI
- 2) Αιτήσεις Ανέργων (Jobless Claims)
- 3) Άμεση τιμή χρυσού (Spot Price of Gold)
- 4) Παραγωγικός δείκτης (ISM)
- 5) S&P500
- 6) Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)

Για την πρόβλεψη 6 μήνες μετά:

- 1) Παραγωγικός δείκτης (ISM)
- 2) Καταναλωτική πίστη (Consumer Credit)
- 3) Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)
- 4) Δείκτης μεταβλητότητας (VIX)
- 5) Ατομική καταναλωτική δαπάνη (PCE)
- 6) S&P500
- 7) Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)
- 8) Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)
- 9) Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value).
- 10) Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase)

Για την πρόβλεψη 8 μήνες μετά:

- 1) Αιτήσεις Ανέργων (Jobless Claims)
- 2) Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)
- 3) Άμεση τιμή χρυσού (Spot Price of Gold)
- 4) Παραγωγικός δείκτης (ISM)
- 5) Καταναλωτική εμπιστοσύνη (Consumer Confidence)
- 6) Καταναλωτική πίστη (Consumer Credit)
- 7) Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)
- 8) Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)

4.6.1 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων

Και οι τρεις μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν προέβλεψαν άμεση πτώση του δείκτη BDI. Καλύτερη προσέγγιση της μορφής της προβλεπόμενης χρονοσειράς είχε η τρίτη μέθοδος, κατά την οποία χρησιμοποιήθηκαν πολλοί τύποι νευρωνικών με είσοδο όλες τις μεταβλητές της θεωρητικής προσέγγισης. Είναι άξιο προσοχής πως η δεύτερη μέθοδος, κατά την οποία χρησιμοποιήθηκαν ως είσοδοι σε Modular Neural Networks οι μεταβλητές με συσχέτιση μεγαλύτερη του 0,45 με τον προβλεπόμενο δείκτη χρονικά μετατοπισμένες ανάλογα με το cross-correlation που έχουν με αυτόν, προέβλεψε πιο απότομη πτώση του BDI δύο μήνες μετά τον Ιούνιο του 2008 από την πραγματική. Επίσης οι προβλέψεις των τιμών του BDI από τη δεύτερη μέθοδο, ειδικά για δύο, έξι και οκτώ μήνες μετά τον Ιούνιο του 2008 είναι πολύ πιο κοντά στις πραγματικές από τις προβλέψεις των άλλων μεθόδων.

Στο σημείο αυτό συγκεντρώνονται οι μεταβλητές που κράτησαν τα νευρωνικά με μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα ελέγχου (testing), δηλαδή στις προβλέψεις που έκαναν, για κάθε μέθοδο και ορίζοντα πρόβλεψης. Προκύπτει:

Για την πρόβλεψη δύο μήνες μετά:

1^η μέθοδος(α.α. 6):

1. BDI
2. Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)
3. Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase)
4. Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)

2^η μέθοδος(α.α. 14):

1. Μηνιαία μεταβολή του μέσου κόστους ναυπήγησης νεότευκτου πλοίου σε δολάρια ανά τόνο ωφέλιμου φορτίου (Average newbuilding difference).
2. Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)

3^η μέθοδος(RBF):

1. Αιτήσεις Ανέργων (Jobless Claims)
2. Παραγωγικός δείκτης (ISM)
3. Καταναλωτική εμπιστοσύνη (Consumer Confidence)
4. Αποθέματα πετρελαίου (EIA Petroleum Report)
5. Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production)
6. Δείκτης μεταβλητότητας (VIX)
7. Ακαθάριστο εθνικό προϊόν (GDP)
8. Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)
9. Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase)
10. Μηνιαία μεταβολή του μέσου κόστους ναυπήγησης νεότευκτου πλοίου σε δολάρια ανά τόνο ωφέλιμου φορτίου (Average newbuilding difference)

Παρατηρούμε πως οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για την επιτυχή πρόβλεψη του BDI δύο μήνες μετά και από τις τρεις διαφορετικές μεθόδους είναι οι: μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase), τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value) και μηνιαία μεταβολή του μέσου κόστους ναυπήγησης νεότευκτου πλοίου σε δολάρια ανά τόνο ωφέλιμου φορτίου (Average new building difference).

Για την πρόβλεψη 4 μήνες μετά:

1^η μέθοδος (α.α. 20):

1. BDI
2. Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)
3. Άμεση τιμή χρυσού (Spot Price of Gold)
4. Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)
5. Άμεση τιμή χαλκού (Spot Price of Copper)
6. Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)
7. Μηνιαία μεταβολή του μέσου κόστους ναυπήγησης νεότευκτου πλοίου σε δολάρια ανά τόνο ωφέλιμου φορτίου (Average newbuilding difference)
8. Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)

2^η μέθοδος (α.α. 28):

1. Άμεση τιμή χρυσού (Spot Price of Gold)
2. Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)
3. Αποθέματα πετρελαίου (EIA Petroleum Report)
4. Άμεση τιμή χαλκού (Spot Price of Copper)
5. Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)
6. Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase)
7. Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)

3^η μέθοδος (Self-organising):

1. BDI
2. Αιτήσεις Ανέργων (Jobless Claims)
3. Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)
4. Καταναλωτική πίστη (Consumer Credit)
5. Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)
6. Αποθέματα πετρελαίου (EIA Petroleum Report)
7. Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production)
8. Βιομηχανικές Παραγγελίες (Factory Orders)
9. Ατομική καταναλωτική δαπάνη (PCE)
10. S&P500
11. Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)
12. Άμεση τιμή χαλκού (Spot Price of Copper)
13. Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)
14. Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase)

15. Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)
16. Τιμή μίσθωσης πλοίου 65000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 6 μηνών (6 month timecharter rate for 65000 ton DWT ship)

Παρατηρούμε πως οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για την επιτυχή πρόβλεψη του BDI τέσσερις μήνες μετά και από τις τρεις διαφορετικές μεθόδους είναι οι: τιμή του Baltic Dry Index 4 μήνες πριν, Δείκτης Τιμών Καταναλωτή (CPI), Τρέχουσα Τιμή Χρυσού ανά Ουγγιά (Spot Price of Gold per Oz), Παγκόσμιος δείκτης Μετοχών (World Stock Index), Ειδικά Τραβηχτικά Δικαιώματα σε σχέση με το Δολάριο (SDRvs\$), Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value), Δείκτης Τιμών Παραγωγού (Producer Price Index), Εβδομαδιαία συνολικά αποθέματα αργού πετρελαίου και πετρελαϊκών προϊόντων συμπεριλαμβανομένων των στρατηγικών αποθεμάτων πετρελαίου σε χιλιάδες βαρέλια (Weekly U.S. Total Crude Oil and Petroleum Products Ending Stocks ,Including strategic petroleum reserve, SPR), Τρέχουσα Τιμή Χαλκού σε δολάρια ανά τόνο (Spot Price of Copper) και Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase).

Για την πρόβλεψη 6 μήνες μετά:

1^η μέθοδος (α.α. 33):

1. Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)
2. Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)
3. Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase)
4. Μηνιαία μεταβολή του μέσου κόστους ναυπήγησης νεότευκτου πλοίου σε δολάρια ανά τόνο ωφέλιμου φορτίου (Average newbuilding difference)
5. Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)

2^η μέθοδος (α.α. 40):

1. Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)
2. Άμεση τιμή χρυσού (Spot Price of Gold)
3. Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)
4. Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production)
5. Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase)
6. Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value).

3^η μέθοδος (Self-organising):

1. BDI
2. Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)
3. Άμεση τιμή χρυσού (Spot Price of Gold)
4. Παραγωγικός δείκτης (ISM)
5. Καταναλωτική εμπιστοσύνη (Consumer Confidence)
6. Καταναλωτική πίστη (Consumer Credit)

7. Δείκτης τιμών παραγωγού (PPI)
8. Αποθέματα πετρελαίου (EIA Petroleum Report)
9. Δείκτης μεταβλητότητας (VIX)
10. Βιομηχανικές Παραγγελίες (Factory Orders)
11. Ατομική καταναλωτική δαπάνη (PCE)
12. S&P500
13. Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)
14. Άμεση τιμή χαλκού (Spot Price of Copper)
15. Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)
16. Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase)
17. Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)

Παρατηρούμε πως οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για την επιτυχή πρόβλεψη του BDI έξι μήνες μετά και από τις τρεις διαφορετικές μεθόδους είναι οι Δείκτης Τιμών Καταναλωτή (CPI), Δείκτης Τιμών Παραγωγού (Producer Price Index), Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase), Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value) και Τρέχουσα Τιμή Χρυσού ανά Ουγγιά (Spot Price of Gold per Oz).

Για την πρόβλεψη 8 μήνες μετά:

1^η μέθοδος (α.α. 43):

1. Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)
2. Άμεση τιμή χρυσού (Spot Price of Gold)
3. Αποθέματα πετρελαίου (EIA Petroleum Report)
4. Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)
5. Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase)
6. Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)
7. Τιμή μίσθωσης πλοίου 65000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 6 μηνών (6 month timecharter rate for 65000 ton DWT ship)

2^η μέθοδος (α.α. 54):

1. Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)
2. Καταναλωτική πίστη (Consumer Credit)
3. Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)
4. Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)
5. Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)

3^η μέθοδος (Self-organising):

1. Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI)
2. Παραγωγικός δείκτης (ISM)
3. Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production)
4. Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (World Stock Index)
5. Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα σε σχέση με το δολάριο (SDRvs\$)

6. Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)
7. Τιμή μίσθωσης πλοίου 65000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 6 μηνών (6 month timecharter rate for 65000 ton DWT ship)

Παρατηρούμε πως οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για την επιτυχή πρόβλεψη του BDI οκτώ μήνες μετά και από τις τρεις διαφορετικές μεθόδους είναι οι Δείκτης Τιμών Καταναλωτή (CPI), Ειδικά Τραβηχτικά Δικαιώματα σε σχέση με το Δολάριο (SDRvs\$), Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value), Τιμή μίσθωσης πλοίου 65000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 6 μηνών (6 month timecharter rate for 65000 ton DWT ship) και Παγκόσμιος δείκτης Μετοχών (World Stock Index).

Κεφάλαιο 5 Περίληψη & Συμπεράσματα και Προτάσεις για περαιτέρω Έρευνα

5.1 Περίληψη και Συμπεράσματα

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας πέρα από τη χρήση ναυτιλιακών μεταβλητών έγινε και χρήση μακροοικονομικών μεταβλητών με σκοπό την μοντελοποίηση της αγοράς της ναυτιλίας ειδικότερα σε μία περίοδο έντονων διακυμάνσεων, όπως η περίοδος Ιούνιος 2008 έως Δεκέμβριος 2008, δηλαδή κατά τη διάρκεια μίας οικονομικής κρίσης, τα αποτελέσματα της οποίας ακόμα βιώνουμε. Οι μεταβλητές αυτές αξιοποιήθηκαν από μία πληθώρα τεχνικών νευρωνικών δικτύων που διέφεραν μεταξύ τους ως προς τον τύπο, την αρχιτεκτονική και τη συνάρτηση εκπαίδευσης. Τα δεδομένα που είχαμε στη διάθεσή μας επεξεργάστηκαν με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Πιο συγκεκριμένα εξετάστηκε, αρχικά, η συσχέτισή τους με την προς πρόβλεψη μεταβλητή. Οι μεταβλητές με συσχέτιση μεγαλύτερη του 0,45 με τον δείκτη Baltic Dry Index χρησιμοποιήθηκαν ως είσοδοι σε τεχνητά νευρωνικά δίκτυα τύπου Modular Neural Networks που μεταξύ τους διέφεραν σε αρχιτεκτονική, δεδομένα διασταύρωσης (cross validation data) και εκπαίδευσης (training data), και συναρτήσεις εκπαίδευσης. Η παραπάνω διαδικασία αποτελεί και την πρώτη μέθοδο πρόβλεψης του δείκτη BDI. Στη συνέχεια για τις μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στην πρώτη μέθοδο υπολογίστηκε, μέσω του προγράμματος SPSS, η συσχέτιση με χρονική καθυστέρηση (cross correlation) που παρουσιάζουν με την προς πρόβλεψη μεταβλητή και μετατοπίστηκαν χρονικά ώστε να έχουν μέγιστη συσχέτιση με τον Baltic Dry Index. Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιήθηκαν ως είσοδοι σε τεχνητά νευρωνικά δίκτυα τύπου Modular Neural Networks που μεταξύ τους διέφεραν σε αρχιτεκτονική και συναρτήσεις εκπαίδευσης. Η διαδικασία αυτή αποτελεί την δεύτερη μέθοδο πρόβλεψης του δείκτη BDI. Τέλος όλα τα δεδομένα που είχαμε στη διάθεσή μας επεξεργάστηκαν από τεχνητά νευρωνικά δίκτυα τύπου Modular Neural Networks, Generalized Feedforward, Principal Component Analysis, Radial Basis Function και Self Organising Feature Maps. Αυτή είναι η τρίτη και τελευταία μέθοδος για την πρόβλεψη του δείκτη Baltic Dry Index. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί πως οι δύο πρώτες μέθοδοι με τη χρήση στατιστικών εργαλείων απορρίπτονται, λόγω χαμηλής συσχέτισης με τον προς πρόβλεψη δείκτη, ένα αριθμό μεταβλητών οι οποίες θα μπορούσαν να συμβάλουν στη μοντελοποίηση της ναυτιλιακής αγοράς. Από την άλλη, η τρίτη μέθοδος αξιοποιεί στο μέγιστο βαθμό τα διαθέσιμα δεδομένα. Οι μεταβλητές που τελικά χρησιμοποιούνται από τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα και των τριών μεθόδων

για τη βέλτιστη πρόβλεψη του δείκτη Baltic Dry Index την περίοδο μετά τον Ιούνιο του 2008 μπορούμε να θεωρήσουμε ότι επηρεάζουν σε αρκετά μεγάλο βαθμό την αγορά της ναυτιλίας. Οι μεταβλητές που τελικά αξιοποιούν τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα της τρίτης μεθόδου για τη βέλτιστη πρόβλεψη του δείκτη Baltic Dry Index την περίοδο μετά τον Ιούνιο του 2008 θεωρούνται επίσης σημαντικές. Όλες οι παραπάνω μεταβλητές αναφέρονται παρακάτω και αναλύεται η επίδρασή τους στο τομέα της ναυτιλίας. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν επαληθεύουν την ικανότητα των νευρωνικών να προσαρμόζονται σε πολύπλοκα προβλήματα και χαρακτηρίζουν τη μελέτη μακροοικονομικών μεταβλητών, πέρα των ναυτιλιακών, απαραίτητη για την λήψη αποφάσεων στο χώρο της ναυτιλίας. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα διπλωματική εργασία παρατίθενται παρακάτω:

Συμπεράσματα που αφορούν ναυτιλιακούς δείκτες

- Στην πρόβλεψη του δείκτη BDI δύο μήνες μετά τον Ιούνιο του 2008 παρατηρούμε ότι τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα που προσέγγισαν καλύτερα την πραγματικότητα (με βάση το μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα ελέγχου) χρησιμοποίησαν κυρίως ναυτιλιακές μεταβλητές και πιο συγκεκριμένα:
 - 1) Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase)
 - 2) Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)
 - 3) Μηνιαία μεταβολή του μέσου κόστους ναυπήγησης νεότευκτου πλοίου σε δολάρια ανά τόνο ωφέλιμου φορτίου (Average newbuilding difference)

Το γεγονός ότι το διάστημα των 2 μηνών είναι σχετικά μικρό, καθιστά δύσκολη την αξιοποίηση των μακροοικονομικών παραγόντων για τη πρόβλεψη του δείκτη BDI. Είναι λογικό επομένως, σε αυτό το διάστημα, να έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα πρόβλεψης οι ναυτιλιακοί παράγοντες. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούμε ότι μία πτώση στην τιμή της αξίας διάλυσης (panamax scrap value) σηματοδοτεί την αύξηση του δείκτη BDI. Αντίθετα ο δείκτης BDI θα κινηθεί προς την ίδια κατεύθυνση με τη μηνιαία μεταβολή του στόλου και το μέσο κόστος ναυπήγησης νεότευκτου πλοίου, συντηρώντας μια σχέση αλληλεπίδρασης.

- Στην πρόβλεψη του δείκτη BDI τέσσερις και έξι μήνες μετά τον Ιούνιο του 2008 παρατηρούμε ότι τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα που προσέγγισαν καλύτερα την πραγματικότητα (με βάση το μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα ελέγχου) από τους διαθέσιμους ναυτιλιακούς δείκτες χρησιμοποίησαν κυρίως τους :
 - 1) Μηνιαία μεταβολή του στόλου φορτηγών πλοίων παγκοσμίως (Fleet increase)
 - 2) Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value)

Παρατηρούμε ότι το μέσο κόστος ναυπήγησης νεότευκτου πλοίου (Average newbuilding difference) δεν χρησιμοποιείται καθώς αυξάνεται η διάρκεια πρόβλεψης του δείκτη BDI γεγονός που αποκαλύπτει την αμεσότητα και τη στενή εξάρτηση του δείκτη με τον BDI. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι αυτός ο δείκτης έχει άμεση σχέση με τη ψυχολογία της μάζας με αποτέλεσμα η επιρροή του να εμφανίζεται σε βραχυπρόθεσμο χρονικό ορίζοντα σε σχέση με τον BDI.

- Στην πρόβλεψη του δείκτη BDI οκτώ μήνες μετά τον Ιούνιο του 2008 παρατηρούμε ότι τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα που προσέγγισαν καλύτερα την πραγματικότητα (με βάση το μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα ελέγχου) χρησιμοποίησαν τις εξής ναυτιλιακές μεταβλητές:
 - 1) Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Panamax (Panamax scrap value) και
 - 2) Τιμή μίσθωσης πλοίου 65000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 6 μηνών (6 month timecharter rate for 65000 ton DWT ship)

Ο δείκτης τιμής διάλυσης πλοίου τύπου Panamax παρατηρούμε πως εξακολουθεί να επηρεάζει το δείκτη BDI ακόμα και σε μεσοπρόθεσμο ορίζοντα. Η τιμή χρονοναύλωσης πλοίου 65000 τόνων ωφέλιμου φορτίου επηρεάζει τον δείκτη BDI μόνο στο μεσοπρόθεσμο μέλλον καθώς είναι μία μεταβλητή που δεν υπόκειται σε έντονες διακυμάνσεις λόγω της φύσης της.

Συμπεράσματα που αφορούν μακροοικονομικούς δείκτες

- Αξιολογώντας τα αποτελέσματα της έρευνάς μας βάσει των διαφορετικών μεθόδων που χρησιμοποιήσαμε καταλήξαμε ότι οι μακροοικονομικές μεταβλητές που επηρεάζουν κυρίως (αποδεκτές από όλες τις μεθόδους) τον δείκτη BDI και την αγορά της ναυτιλίας γενικότερα σε ορίζοντα 4,6 και 8 μηνών είναι οι εξής:
 - 1) Δείκτης Τιμών Καταναλωτή (CPI),
 - 2) Δείκτης Τιμών Παραγωγού (Producer Price Index),
 - 3) Τρέχουσα Τιμή Χρυσού ανά Ουγγιά (Spot Price of Gold per Oz).

Ο δείκτης τιμών του καταναλωτή αντικατοπτρίζει στην ουσία τον πληθωρισμό σε επίπεδο καταναλωτή ενώ ο δείκτης τιμών παραγωγού είναι το αντίστοιχο μέγεθος για τον πληθωρισμό σε επίπεδο παραγωγού. Ο πληθωρισμός είναι ένα από τα πιο βασικά στοιχεία που επηρεάζει τη νομισματική πολιτική μιας χώρας ή και παγκοσμίως ανάλογα με την κλίμακα στην οποία εμφανίζεται. Η ομαλή αύξηση του δείκτη τιμών καταναλωτή εντός κάποιων ορίων (γύρω στις 5 μονάδες βάσης) δείχνει μια ομαλή ανάπτυξη της οικονομίας η οποία μπορεί να διατηρηθεί και να καλλιεργηθεί περαιτέρω, με μια συνετή νομισματική πολιτική

σε επίπεδο επιτοκίων από τις Κεντρικές Τράπεζες. Ο πλοιοκτήτης, σε αυτή τη περίπτωση παρακολουθώντας αυτό το μέγεθος σε συνδυασμό με τη πολιτική επιτοκίων μπορεί να συμπεράνει τη πιθανή διάρκεια ή μη της οικονομικής ανάπτυξης και συνεπώς του πρόσφορου εδάφους για επενδύσεις στη ναυτιλία. Αυτό σημαίνει ότι αν ένας «καλός» δείκτης CPI συνοδεύεται από μια μη συνετή νομισματική πολιτική, όπως έγινε για παράδειγμα τη περίοδο διακυβέρνησης της Ομοσπονδιακής Κεντρικής Τράπεζας των ΗΠΑ από τον Alan Greenspan, τότε ο πλοιοκτήτης πρέπει να είναι επιφυλακτικός. Η συνετή νομισματική πολιτική αντικατοπτρίζεται στην πλειοψηφία των περιπτώσεων στην τιμή του χρυσού (Τρέχουσα τιμή χρυσού ανά ουγγιά). Οι επενδυτές, όταν αντιληφθούν ότι η νομισματική πολιτική ξεφεύγει από τα όρια του συνετού παρουσιάζουν μία αποστροφή στη διακράτηση ρευστού και κατευθύνονται στο χρυσό ως καταφύγιο για τη διατήρηση της αξίας της ρευστότητας τους. Αυτό περνάει αυτόματα στη τιμή του χρυσού με αποτέλεσμα σε περιόδους οικονομικής ανασφάλειας η τιμή του χρυσού να ανεβαίνει ενώ αντίστοιχα σε περιόδους οικονομικής ευφορίας η τιμή του χρυσού να κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα. Ο δείκτης τιμών παραγωγού είναι εξίσου σημαντικός με τον δείκτη τιμών καταναλωτή που περιγράψαμε παραπάνω, καθώς συνήθως είναι δύο δείκτες που κινούνται παράλληλα. Ωστόσο υπάρχουν φορές που μια αντίδραση του PPI μπορεί να έπεται του CPI. Αν και ένα τέτοιο γεγονός σπάνια συμβαίνει, μπορεί να σχετίζεται με την πολιτική αποθεμάτων. Μια υπεραποθεματοποίηση μπορεί να κρατήσει τον εν λόγω δείκτη χαμηλά παρά μια αύξηση στον CPI ενώ το αντίστροφο θα συμβεί σαν αποτέλεσμα μιας έλλειψης αποθεμάτων.

- Κατά την τρίτη μέθοδο αξιοποιούνται όλες οι διαθέσιμες μεταβλητές ανεξαρτήτως της συσχέτισης που παρουσιάζουν με την προς πρόβλεψη χρονοσειρά. Εκτός του Δείκτη Τιμών Καταναλωτή (CPI), του Δείκτη Τιμών Παραγωγού (Producer Price Index) και της Τρέχουσας Τιμής Χρυσού ανά Ουγγιά (Spot Price of Gold per Oz), χρησιμοποιούνται (όπως προκύπτει από τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα με το μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα ελέγχου) κυρίως οι παρακάτω μακροοικονομικοί δείκτες:
 - Δείκτης του Ινστιτούτου για τη Διαχείριση της Προσφοράς, Παραγωγικός Δείκτης (ISM Mfg Index). Ο δείκτης αυτός παρουσιάζεται σε όλους τους ορίζοντες πρόβλεψης αποδεικνύοντας την υψηλή σπουδαιότητα του για την εξέλιξη του BDI. Το γεγονός ότι ο δείκτης αυτός προκύπτει από έρευνες που διεξάγει το Ινστιτούτο Διαχείρισης Παραγωγής σε περισσότερες από 300 παραγωγικές εταιρείες όσον αφορά την απασχόληση, την παραγωγή, τις νέες παραγγελίες και τις παραδόσεις προμηθευτή, τον καθιστά αντικειμενικό δείκτη ικανό να προβλέψει, τις περισσότερες φορές με ακρίβεια, την τάση σε όλους τους τομείς της επιχειρηματικής δραστηριότητας.
 - Καταναλωτική Πίστη (Consumer Credit). Ο δείκτης αυτός επηρεάζει τον δείκτη BDI όπως και το σύνολο της επιχειρηματικής δραστηριότητας μόνο στη περίπτωση που η καταναλωτική πίστη ξεφεύγει από τα όρια που θα μπορούσε κάποιος να θεωρήσει ως λογικά. Στην περίπτωσή μας, πριν την απότομη πτώση του BDI είχε προηγηθεί μια σταδιακή αύξηση

της καταναλωτικής πίστης η οποία ξεπέρασε τα όρια του ορθολογικού. Με την απότομη πτώση του υπό εξέταση δείκτη BDI παρατηρούμε ότι η καταναλωτική πίστη παρουσιάζει κάμψη με τάση να επανέλθει σε πιο «φυσιολογικά» επίπεδα. Το γεγονός ότι ο δείκτης αυτός επηρεάζει τον BDI σε βραχυπρόθεσμο ορίζοντα (2 και 4 μήνες υστέρηση) αποκαλύπτει ότι η συνειδητοποίηση της μη ορθολογικής καταναλωτικής πίστης γίνεται αντιληπτή όταν πλέον είναι αργά για να αποφευχθεί η οικονομική κρίση.

- Η καταναλωτική πίστη συνδέεται στενά με την ατομική καταναλωτική δαπάνη. Ο συνδυασμός των υψηλών τιμών της καταναλωτικής πίστης με τις υψηλές τιμές της Ατομικής Καταναλωτικής Δαπάνης (Personal Consumption Expenditure, PCE) 6 μήνες πριν τον Ιούνιο του 2008 θα μπορούσε να σηματοδοτήσει την αλόγιστη κατανάλωση μέσω του ανορθόδοξου δανεισμού από τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα. Το γεγονός αυτό είναι πολύ πιθανό να οδηγήσει σε ύφεση.
- Τα Ειδικά Τραβηχτικά Δικαιώματα σε σχέση με το Δολάριο (SDRvs\$) επηρεάζουν την πρόβλεψή μας σε πιο μεσοπρόθεσμο διάστημα (6 και 8 μήνες). Εξετάζοντας περαιτέρω τα στοιχεία παρατηρούμε ότι η μεγάλη πτώση του δολαρίου σε σχέση με τα ΕΤΔ είχε δρομολογηθεί 1 χρόνο περίπου πριν την εμφάνιση της μεγάλης πτώσης του δείκτη BDI. Ένα ασθενές δολάριο υποδεικνύει την αστάθεια και αβεβαιότητα στη κινητήρια οικονομία του κόσμου με αποτέλεσμα να προϋδεάζει για μια ενδεχόμενη κρίση.
- Οι Βιομηχανικές Παραγγελίες (Factory Orders) επηρεάζουν τον δείκτη BDI σε μεσοπρόθεσμο ορίζοντα (6 μήνες). Μία αύξηση στις βιομηχανικές παραγγελίες υποδηλώνει οικονομική άνθηση και αισιοδοξία οδηγώντας στην αύξηση της παραγωγικής δυναμικότητας. Ωστόσο δεν είναι απόλυτο ότι μια αύξηση στις βιομηχανικές παραγγελίες σηματοδοτεί συνέχιση της οικονομικής ανάπτυξης καθώς όταν συνδυάζεται για παράδειγμα με υπέρμετρη αύξηση στη καταναλωτική πίστη σηματοδοτεί αύξηση του κινδύνου για επενδύσεις.
- Οι δείκτες S&P500 και Παγκόσμιος δείκτης Μετοχών (World Stock Index) επηρεάζουν την πρόβλεψη του δείκτη BDI 4,6 και 8 μήνες μετά. Οι τιμές των μετοχών απεικονίζουν την οικονομική ευρωστία των εταιρειών καθώς και τις προσδοκίες των επενδυτών. Η αρνητική πορεία αυτών των δεικτών σηματοδοτεί γενικότερα οικονομική κρίση, πτώση στη ζήτηση προϊόντων καταναλωτικών και βιομηχανικών και κατά συνέπεια πρώτων υλών. Αυτό συνεπάγεται μείωση της ζήτησης για μεταφορά χύδην φορτίου με αποτέλεσμα τη μείωση του δείκτη BDI.
- Η Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel production) συμβαδίζει με την οικονομική ανάπτυξη. Γενικά παρατηρούμε ότι σε περιόδους οικονομικής ανάπτυξης αυξάνεται η παραγωγή χάλυβα με αποτέλεσμα να αυξάνονται και οι ανάγκες μεταφοράς του. Ο χάλυβας αποτελεί κύριο

φορτίο για τα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου με αποτέλεσμα η αύξηση της ζήτησης να σηματοδοτεί άμεσα (διάστημα 2 μηνών) αύξηση του δείκτη BDI.

- Ο Δείκτης Μεταβλητότητας (Volatility Index, VIX) ως μέτρο για τη μεταβλητότητα των παραγώγων του δείκτη S&P 500 επηρεάζει άμεσα (2 μήνες) τον δείκτη BDI. Ο δείκτης μεταβλητότητας (VIX) υποδηλώνει την αστάθεια και τον φόβο που επικρατεί στις αγορές με συνέπεια ο ψυχολογικός του χαρακτήρας να του προσδίδει βραχυπρόθεσμο χαρακτήρα επιρροής.
- Τα συνολικά αποθέματα αργού πετρελαίου και πετρελαϊκών προϊόντων (U.S. Total Crude Oil and Petroleum Products Ending Stocks ,Including strategic petroleum reserve, SPR) έχει παρατηρηθεί ότι αυξάνουν σε περιόδους ύφεσης λόγω της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας και αντίστροφα. Στη μέθοδο που ακολουθήσαμε, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα συνολικά αποθέματα πετρελαίου να επηρεάζουν σε βραχυπρόθεσμο ορίζοντα (2 και 4 μήνες) τη πρόβλεψη του δείκτη BDI

Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι μετράει ο συνδυασμός των παραπάνω παραγόντων και τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τα νευρωνικά δίκτυα προέκυψαν από συνδυασμό όλων των μακροοικονομικών παραγόντων.

Τεχνικά συμπεράσματα

- Τα δίκτυα τύπου Modular Neural Networks που παρουσίασαν μικρότερο σφάλμα στα δεδομένα εκπαίδευσης (training) προέβλεψαν άμεση πτώση του δείκτη Baltic Dry Index προσεγγίζοντας αρκετά καλά την απότομη πτώση της χρονοσειράς του BDI.
- Τα δίκτυα τύπου RBF και Self-Organising κατάφεραν να προσεγγίσουν με μεγάλη επιτυχία την άμεση πτώση του δείκτη BDI μετά τον Ιούνιο του 2008.
- Τα δίκτυα τύπου PCA προέβλεψαν άμεση πτώση αλλά όχι δραστική ενώ τα δίκτυα τύπου Generalized Feedforward προέβλεψαν πτώση του BDI 4 μήνες μετά τον Ιούνιο του 2008.
- Η πρώτη μέθοδος, κατά την οποία χρησιμοποιήθηκαν νευρωνικά τύπου Modular Neural Networks και οι μεταβλητές με συσχέτιση μεγαλύτερη του 0,45 με την μεταβλητή προς πρόβλεψη, προσεγγίζει σε ικανοποιητικό βαθμό την πραγματική τάση της χρονοσειράς που μελετάμε, χωρίς όμως να εκτιμώνται οι μελλοντικές τιμές στα πολύ χαμηλά επίπεδα εκείνης της περιόδου.
- Η δεύτερη μέθοδος, κατά την οποία μετατοπίστηκαν χρονικά οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στην πρώτη μέθοδο ανάλογα με τη βέλτιστη συσχέτιση με χρονική καθυστέρηση (cross correlation) που παρουσίαζαν με την προς πρόβλεψη μεταβλητή, αν και δεν προσέγγισε αρκετά καλά την τάση της

χρονοσειράς του BDI μετά τον Ιούνιο του 2008 κατάφερε να εκτιμήσει τον δείκτη στα πολύ χαμηλά επίπεδα της περιόδου που μελετάμε.

- Η τρίτη μέθοδος, κατά την οποία χρησιμοποιήθηκαν όλες οι μεταβλητές της θεωρητικής προσέγγισης σαν είσοδοι σε νευρωνικά τύπου Modular Neural Networks, Generalized Feed-Forward, Principal Component Analysis, Radial Basis Function Networks και Self-Organizing Feature Map, εκτίμησε ικανοποιητικά την πραγματική τάση της χρονοσειράς του δείκτη Baltic Dry Index, χωρίς όμως οι προβλεπόμενες τιμές να κυμαίνονται στα πολύ χαμηλά επίπεδα της εποχής.
- Ανεξαρτήτως της μεθόδου και των τύπων νευρωνικών που χρησιμοποιήθηκαν η πρόβλεψη για πτώση του δείκτη Baltic Dry Index με τη χρήση μακροοικονομικών και ναυτιλιακών μεταβλητών σε συνδυασμό με γενετικούς αλγόριθμους ήταν επιτυχής.

Γενικά συμπεράσματα

- Για άλλη μια φορά επιβεβαιώνεται, πως τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα σαν μοντέλα πρόβλεψης χρονοσειρών παρουσιάζουν αξιοσημείωτη συμπεριφορά.
- Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν ένα εργαλείο λήψης αποφάσεων για χρηματοοικονομικά ιδρύματα όπως επίσης και για πλοιοκτήτες.
- Η συνεισφορά των νευρωνικών δικτύων έγκειται στο γεγονός ότι μας αποκάλυψαν τους παράγοντες που έπαιξαν ουσιαστικό ρόλο στην πρόβλεψη της απρόσμενης συμπεριφοράς του δείκτη BDI . Στη συνέχεια, οι εμπλεκόμενοι με τη ναυτιλία και συγκεκριμένα με το δείκτη BDI μπορούν, γνωρίζοντας τα σημεία αναφοράς του κάθε δείκτη(benchmarks) αλλά και λαμβάνοντας υπόψη τις προβλέψεις των ειδικών (consensus) που γίνονται κάθε φορά πριν την επίσημη ανακοίνωση των αποτελεσμάτων των διάφορων μακροοικονομικών δεικτών, να λαμβάνουν συνετές αποφάσεις.
- Οι μακροοικονομικοί δείκτες σε συνδυασμό με τους ναυτιλιακούς δείκτες συνέβαλαν ουσιαστικά στην κατανόηση της λειτουργίας της ναυλαγοράς ιδιαίτερα σε μία περίοδο έντονων διακυμάνσεων, όπως αυτή της τελευταίας χρηματοπιστωτικής κρίσης τις συνέπειες της οποίας ακόμα βιώνουμε στο ευρύτερο φάσμα της επιχειρηματικής δραστηριότητας.

5.2 Προτάσεις για περαιτέρω Έρευνα

- Τα δίκτυα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία ήταν στατικά, δηλαδή δε διέθεταν μνήμη και η έξοδος κάθε νευρώνα αποτελούσε μια συγκεκριμένη, σχετικά απλή συνάρτηση μόνο του διανύσματος εισόδου του. Θα μπορούσε κάποιος φοιτητής να κάνει προβλέψεις με τη χρήση δυναμικών τεχνικών νευρωνικών δικτύων, τα οποία διαθέτουν μνήμη, και να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων. Βέβαια πρέπει να σημειωθεί πως για τη χρήση δυναμικών δικτύων απαιτείται μεγάλος όγκος δεδομένων.
- Μία ενδιαφέρουσα ιδέα θα ήταν η μελέτη ευαισθησίας κάθε μεταβλητής στην πρόβλεψη του δείκτη Baltic Dry Index, δηλαδή η μελέτη της μεταβολής της πρόβλεψης του δείκτη BDI λόγω της μεταβολής της τιμής μίας μεταβλητής. Έτσι θα ήταν πιο κατανοητό ποιες μεταβλητές επηρεάζουν περισσότερο την πρόβλεψη του Baltic Dry Index.
- Η χρήση διαφορετικών μεθόδων τερματισμού της εκπαίδευσης και η σύγκριση των προβλέψεων με τα νευρωνικά της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Βιβλιογραφία

1. Lippmann Richard P. (1987), An Introduction to Computing with Neural Nets
2. Albert Willem Veenstra and Philip Hans Franses (1996), A co-integration approach to forecasting freight rates in the dry bulk shipping sector, Department of Regional Transport and Port Economics, Erasmus University, Rotterdam, The Netherlands.
3. Voudris, Athanasios V (2006), Analysis and forecast of the capesize bulk carriers shipping market using Artificial Neural Networks, Massachusetts Institute of Technology. Dept. of Mechanical Engineering.
4. Lai Tingjia (2009), Prediction model for Dry Bulk Secondhand Ship Market, National Cheng Kung University.
5. Γκιζιάκης, Παπαδόπουλος, Πλωμαρίτου (2002), Εισαγωγή στις Ναυλώσεις, εκδόσεις Αθ. Σταμούλης.
6. Stopford M. (1997), Maritime Economics 2nd edition, Routledge, London.
7. Gorton L. , Ihre R. , Sandevan A. (1999), Shipbroking and Chartering Practice 5th Edition, London: Lloyd's of London.
8. Ψαράτης Χαρίλαος (2005), Σημειώσεις μαθήματος: Οικονομική Θαλασσίων Μεταφορών 1, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Μελέτης Πλοίου και Θαλασσίων Μεταφορών.
9. P.M. Alderton (1995), Sea Transport (Operation & Economics) 4th Ed., T. Reed.
10. Γκιζιάκης Κωνσταντίνος, Καρλής Αθανάσιος (2007), Σημειώσεις μαθήματος: Εισαγωγή στις Ναυλώσεις , Πανεπιστήμιο Πειραιά, Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών.
11. William Payne (barrister-at-law.), Edward Richard Hardy Ivamy, (1989), Payne & Ivamy's Carriage of Goods by Sea, Butterworth, Great Britain.
12. Σόρος Τζορτζ (2009), Η Οικονομική Κρίση του 2008 και η Σημασία της, Λιβανης Α.Α., Αθήνα.
13. Σημίτης Κωνσταντίνος (2008), Η κρίση, εκδόσεις Πόλις, Αθήνα.
14. Άρθρο: The 2008-2009 Financial Crisis – Causes and Effects, Ηλεκτρονική εφημερίδα: cashmoneylife.
15. Στουρνάρας Γιάννης, Η διεθνής κρίση και η Ελληνική Οικονομία: Διλήμματα και προτάσεις, παρουσίαση.

16. Ted Πετρόπουλος, Άρθρο: Σε στάση αναμονής μέχρι το 2011, εφημερίδα Cargo.
17. Minsky and Papert (1969), Perceptrons, An introduction to computational geometry, MIT press, expanded edition.
18. Christos Stergiou and Dimitrios Siganos, Neural Networks, paper, Imperial college, Department of Computing.
19. Neural networks: A Requirement for Intelligent Systems, <http://www.learnartificialneuralnetworks.com/>
20. Haykin Simon (1999) , Neural Networks: A Comprehensive Foundation, Prentice Hall
21. Γλυνός Νικόλαος, Γεωργίου Β. Χάρης, Μελισσόβας Β. Σπύρος, Παπαδόπουλος Σ. Δημήτρης (1995) , Μέθοδοι Εκπαίδευσης και Μοντέλα Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Πληροφορικής.
22. Διαμαντάρας Κωνσταντίνος (2007), Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα.
23. Neurosolutions Interactive Book.
24. J.M. Mendel and R.W. McLaren (1970), Adaptive, Learning and Pattern Recognition Systems: Theory and Applications, Academic Press, New York.
25. Omri Weisman and Ziv Pollak (1995), The Perceptron, Ben Gurion University of the Negev.
26. Donald F. Specht (1988), Probabilistic Neural Networks.
27. Carling, A. (1992). Introducing Neural Networks. Wilmslow, UK: Sigma Press
28. Κώστας Συριόπουλος (1998), Ανάλυση και Έλεγχοι Μονομεταβλητών Χρηματοοικονομικών Χρονολογικών Σειρών, «τυπωθήτω».
29. Νικόλαος Δ. Μανός, Διδακτορική Διατριβή – «Μέθοδοι θωράκισης ναυτιλιακών επιχειρήσεων και Τραπεζών έναντι χρηματοπιστωτικών κινδύνων».
30. Wolfgang Banzhaf, Peter Nordin, Robert E. Keller, Frank D. Francone (1998) Genetic Programming – An Introduction, Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, California.

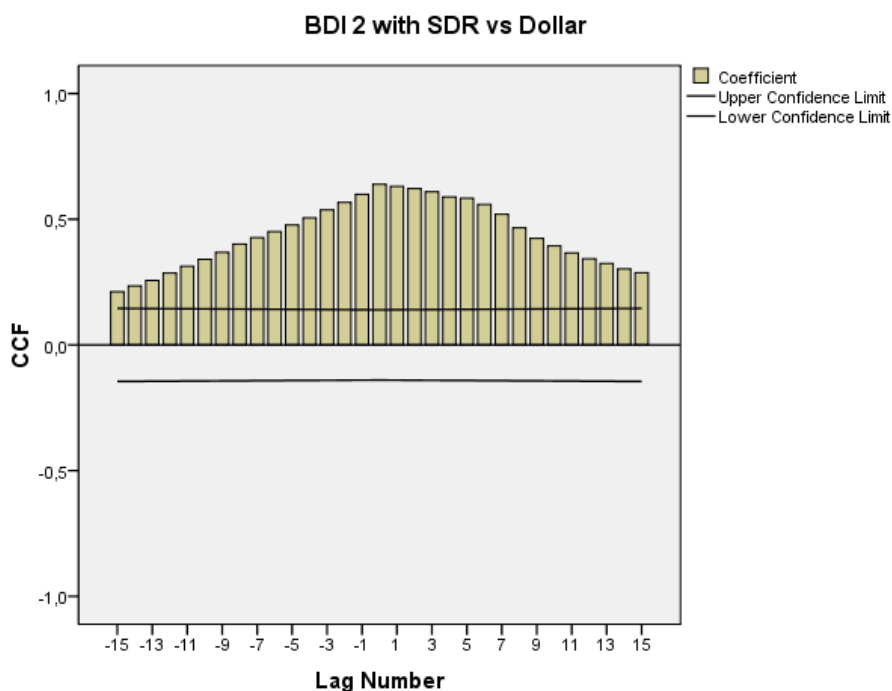
Παράρτημα Α Διαγράμματα συσχετίσεων με χρονική καθυστέρηση (cross correlation)

Παρακάτω παρατίθενται όλα τα διαγράμματα συσχέτισης με χρονική καθυστέρηση που παρουσιάζει ο δείκτης Baltic Dry Index μετατοπισμένος χρονικά για τις προβλέψεις 2, 4, 6, και 8 μήνες μετά τον Ιούνιο του 2008 (BDI 2, BDI 4, BDI 6, BDI 8) με όλες τις μεταβλητές που παρουσιάζουν συσχέτιση μεγαλύτερη του 0,45 με αυτόν σε κάθε βάθος πρόβλεψης.

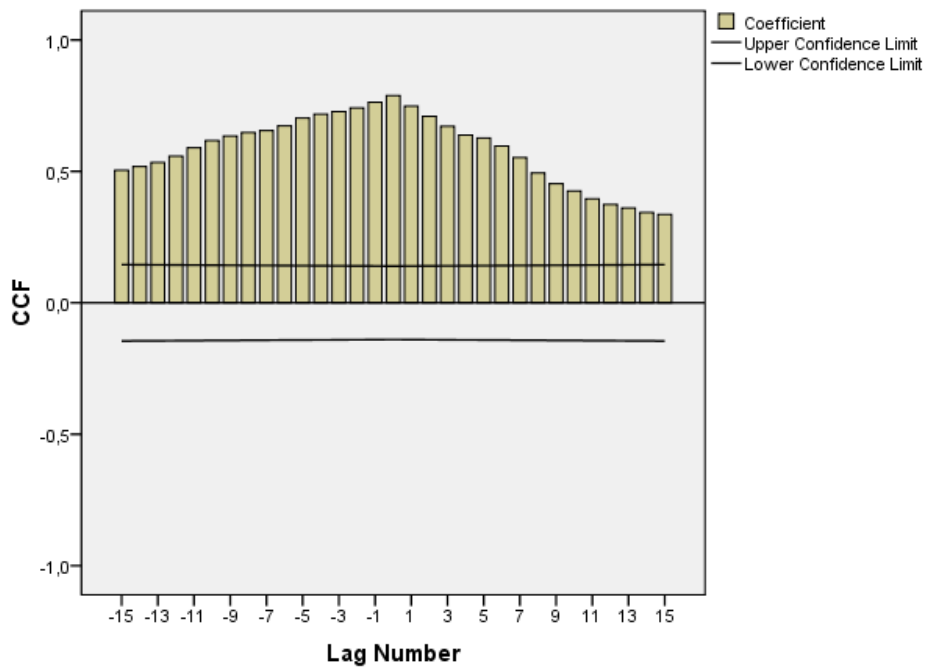
Το διάστημα εμπιστοσύνης (διάστημα μεταξύ upper confidence limit και lower confidence limit), που φαίνεται στα διαγράμματα παρακάτω καθορίζει με εμπειρικό τρόπο τις συσχετίσεις εκείνες που μπορούν να θεωρηθούν σημαντικές. Ο εμπειρικός αυτός κανόνας, ο οποίος ορίζει το διάστημα εμπιστοσύνης εκφράζεται με μαθηματικό τρόπο από την παρακάτω σχέση:

$$\text{Confidence Limits} = \frac{2}{\sqrt{n}}$$

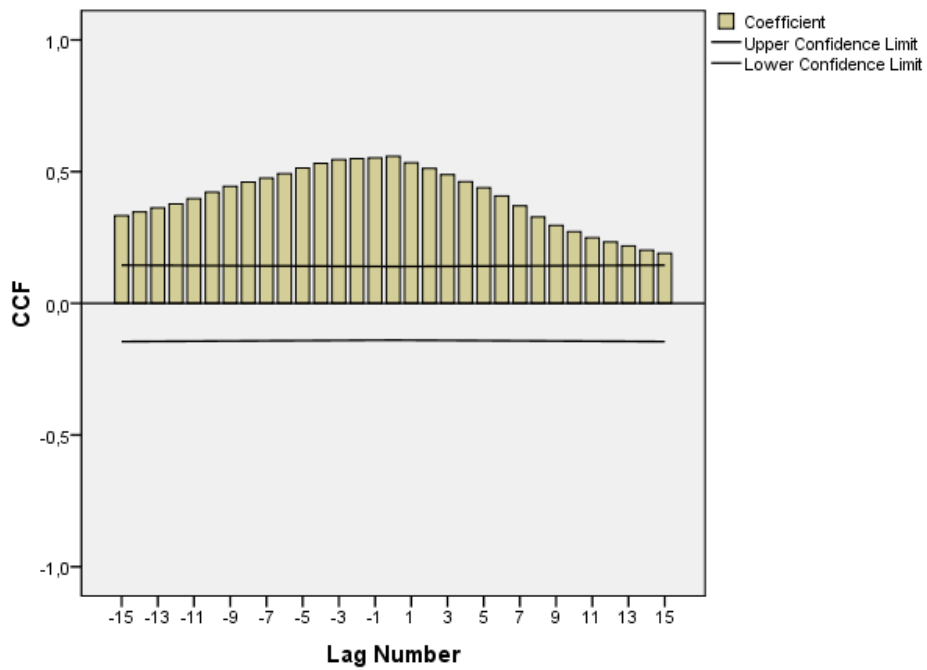
,όπου n: ο αριθμός των παρατηρήσεων.

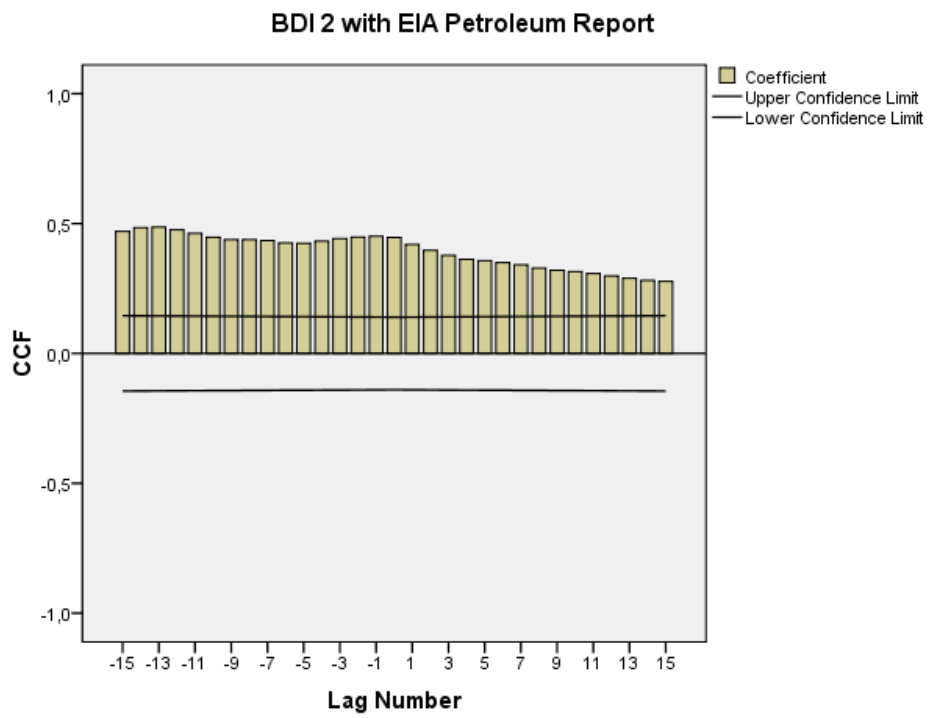
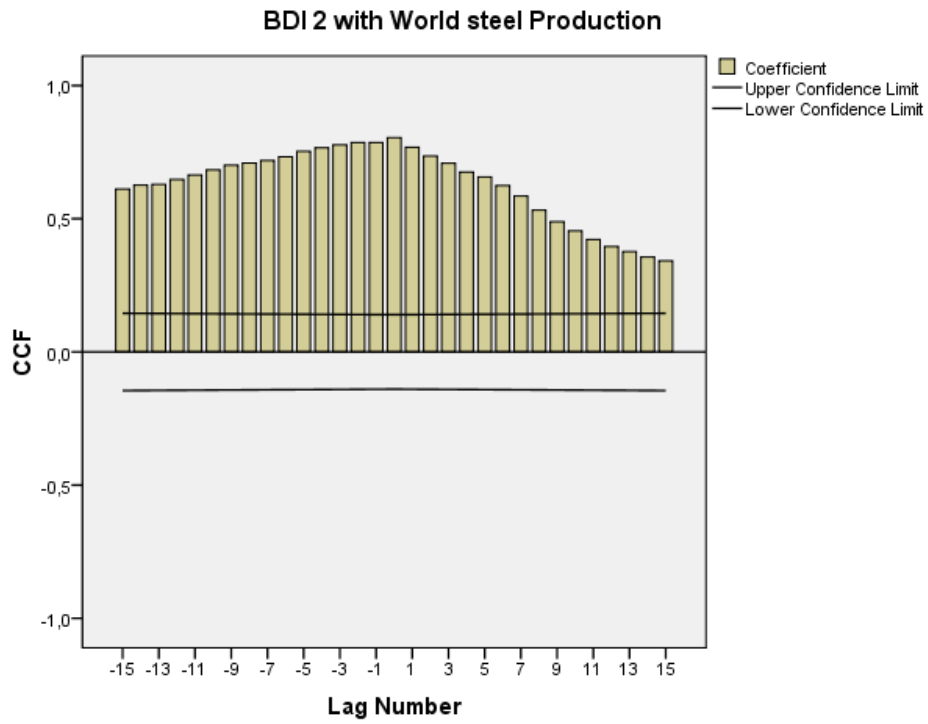


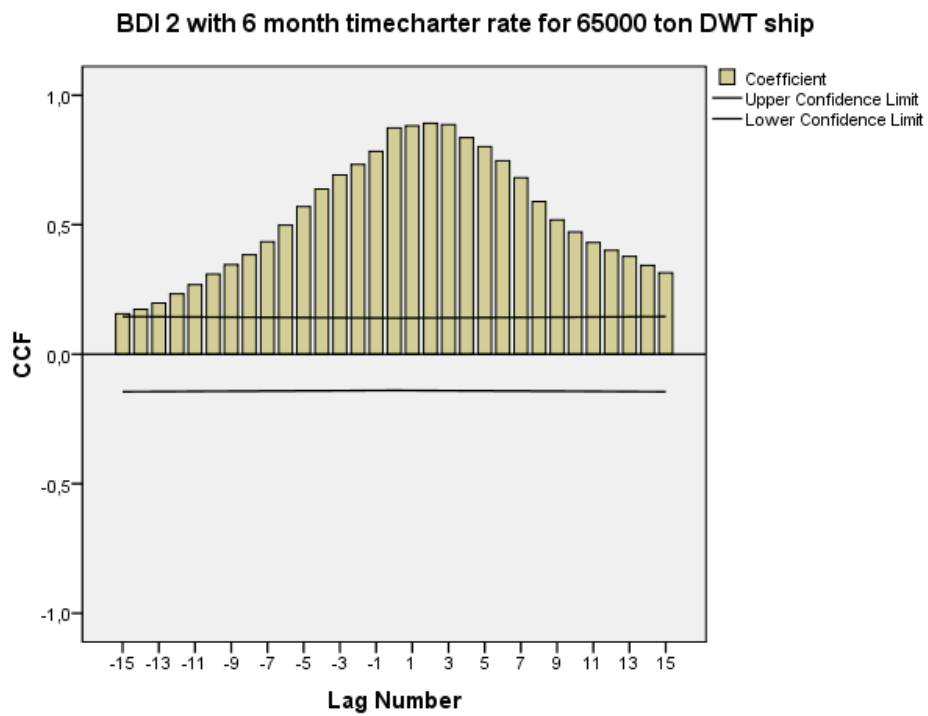
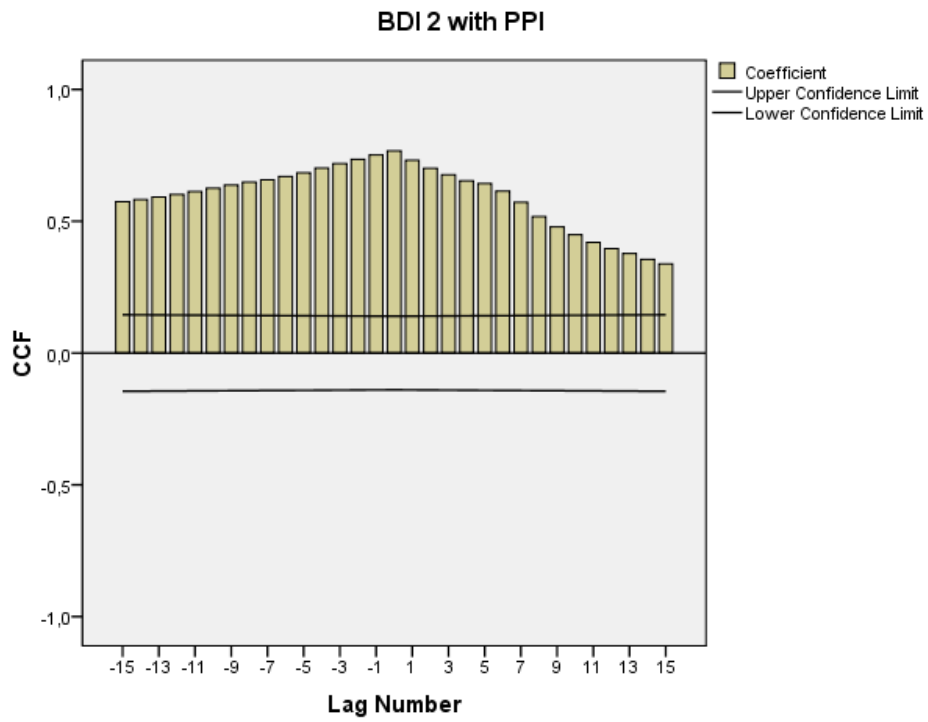
BDI 2 with Spot price of copper



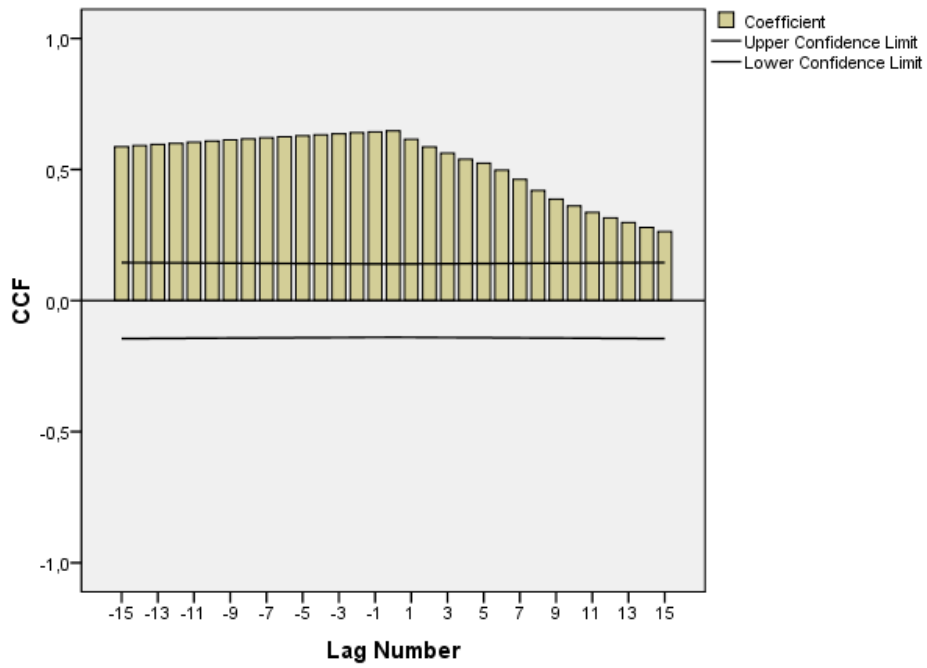
BDI 2 with Worldstock index



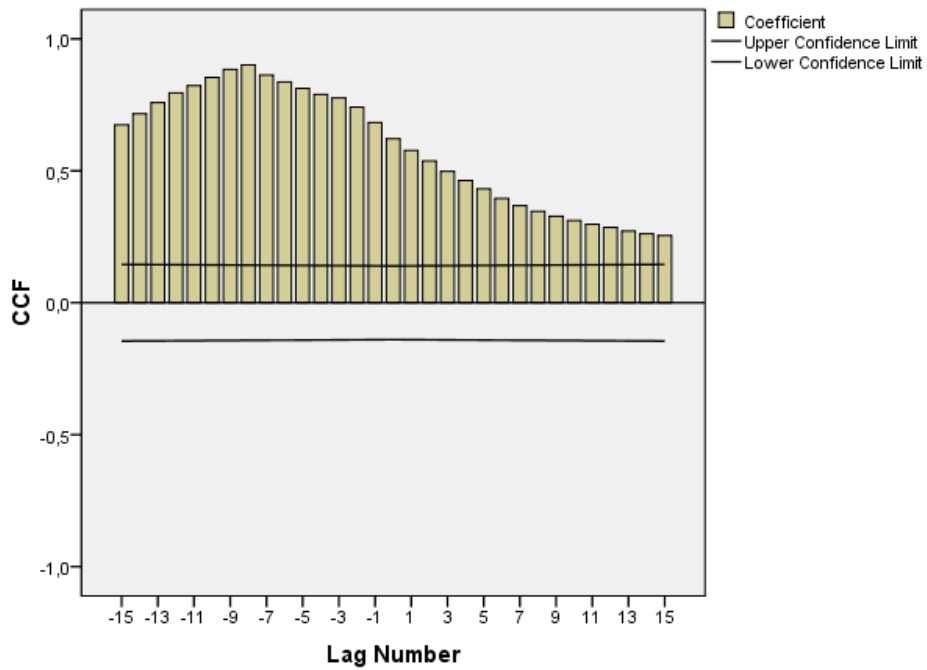




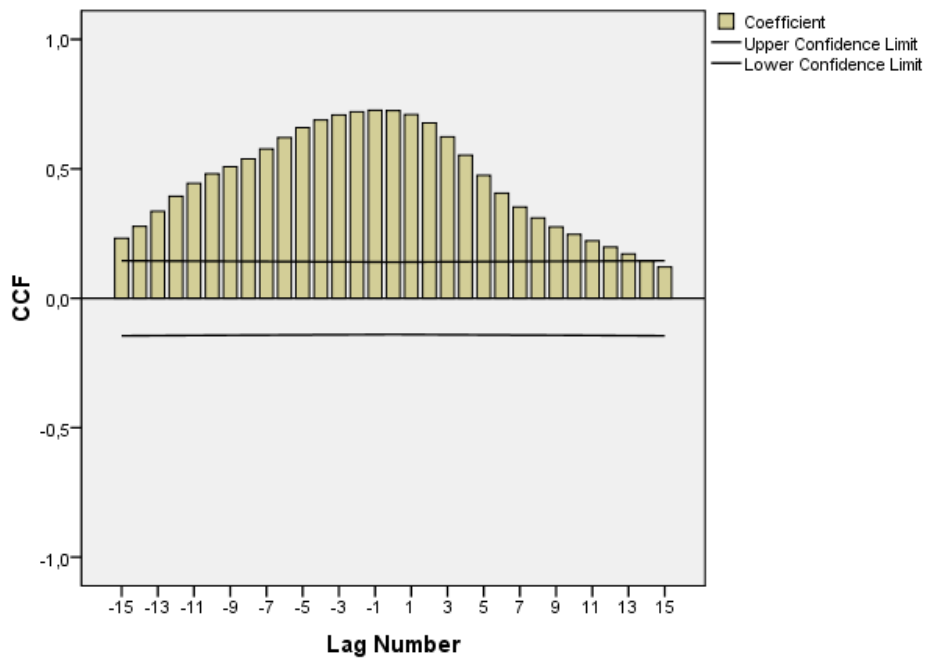
BDI 2 with Consumer credit



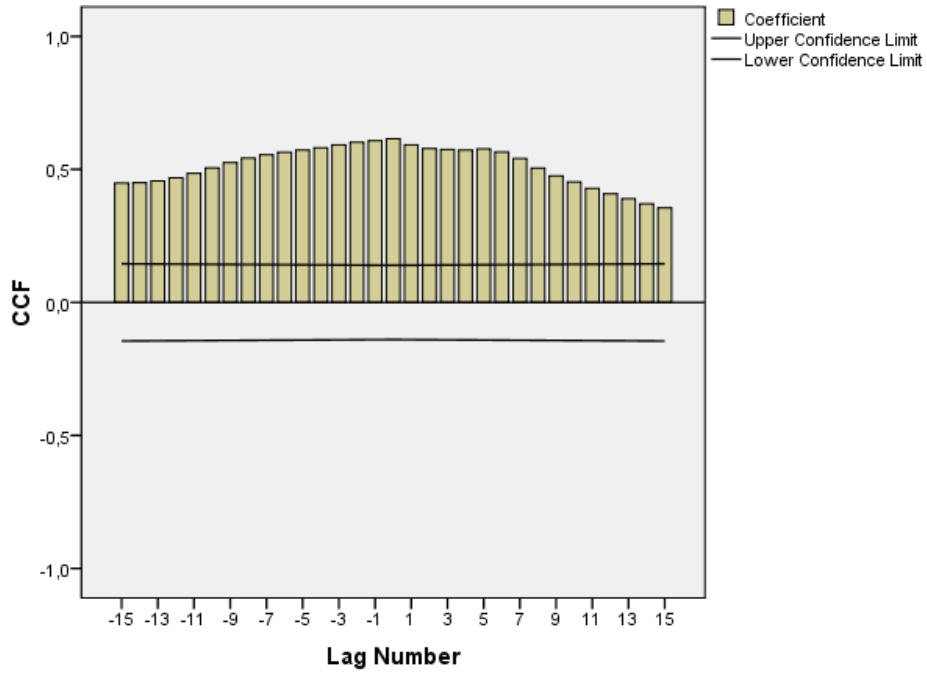
BDI 2 with Panamax Scrap Value

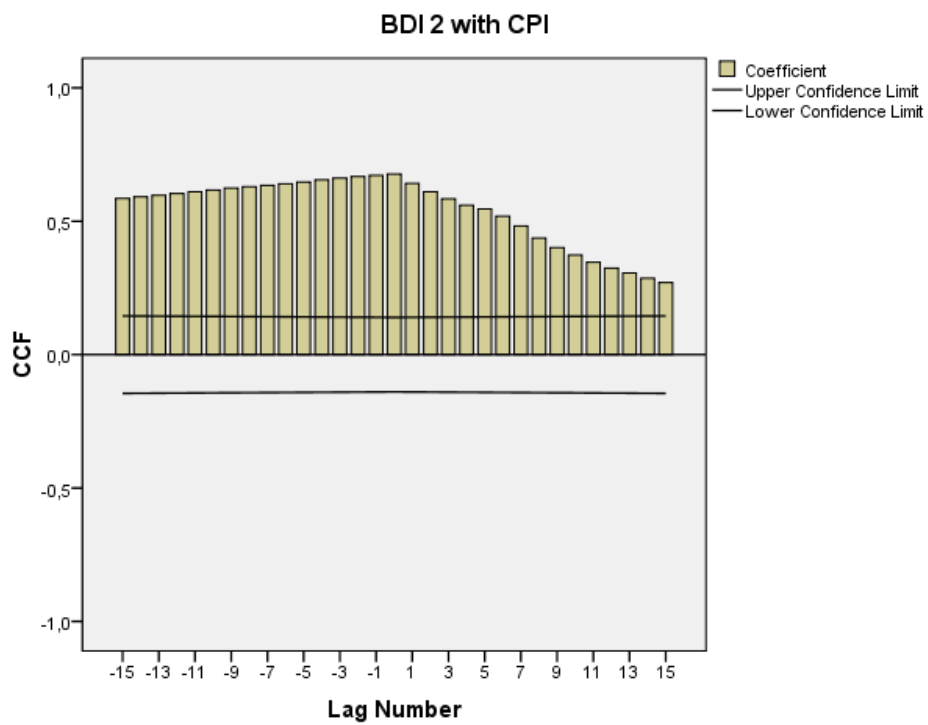
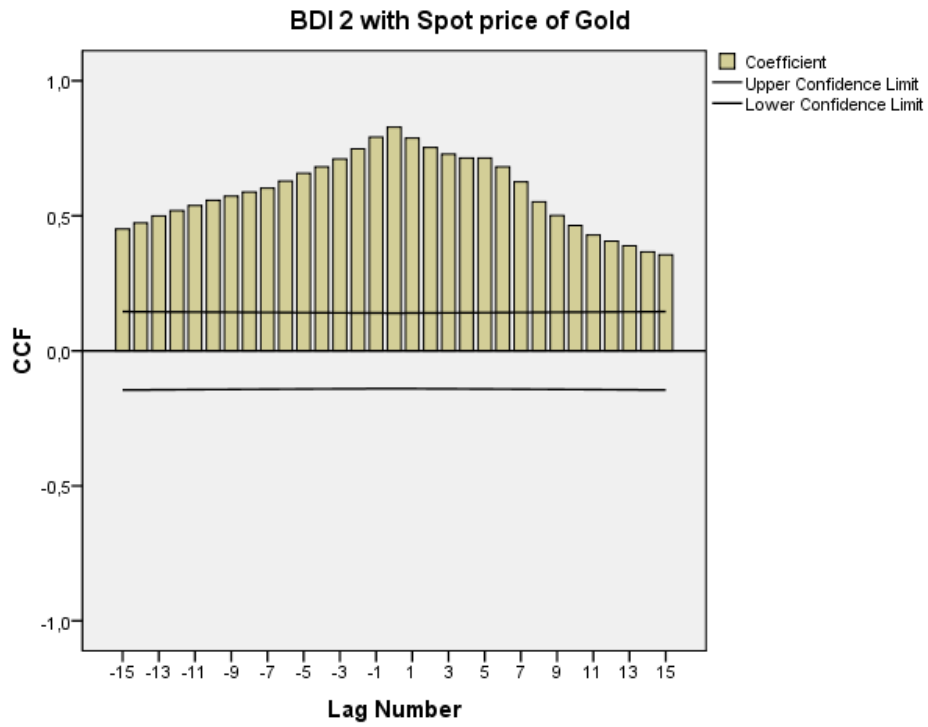


BDI 2 with Average new building difference

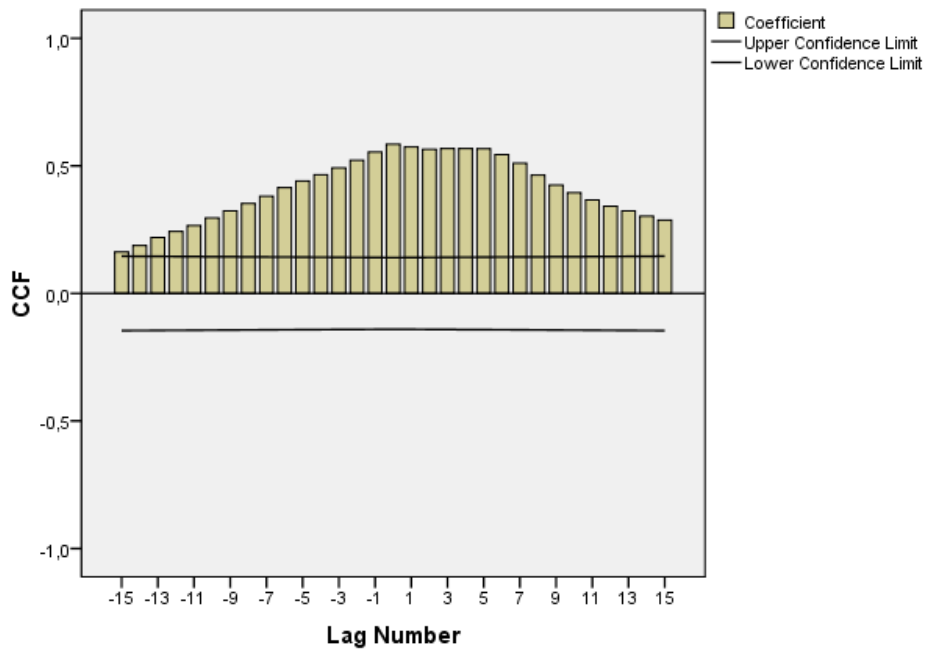


BDI 2 with Fleet increase

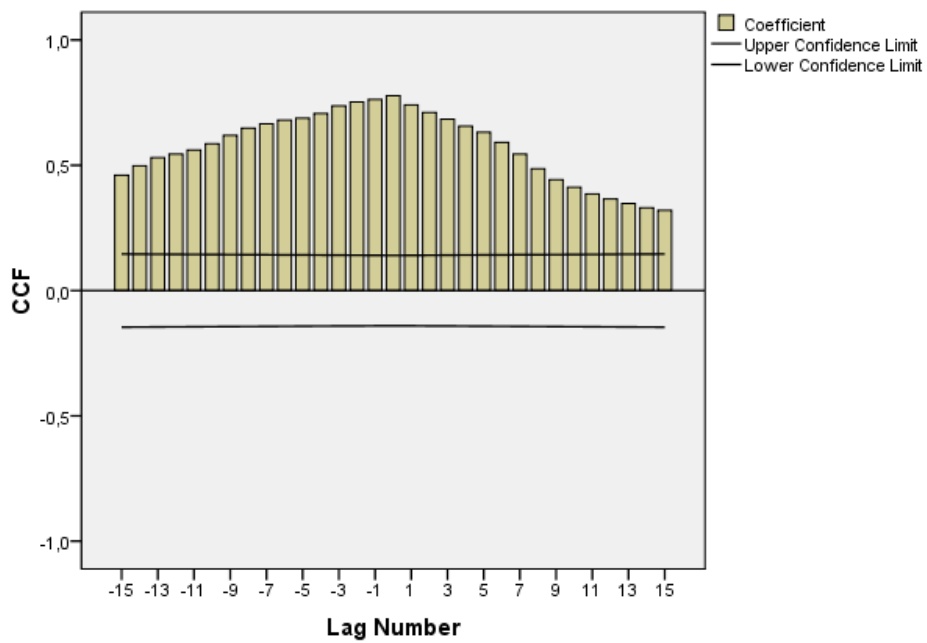




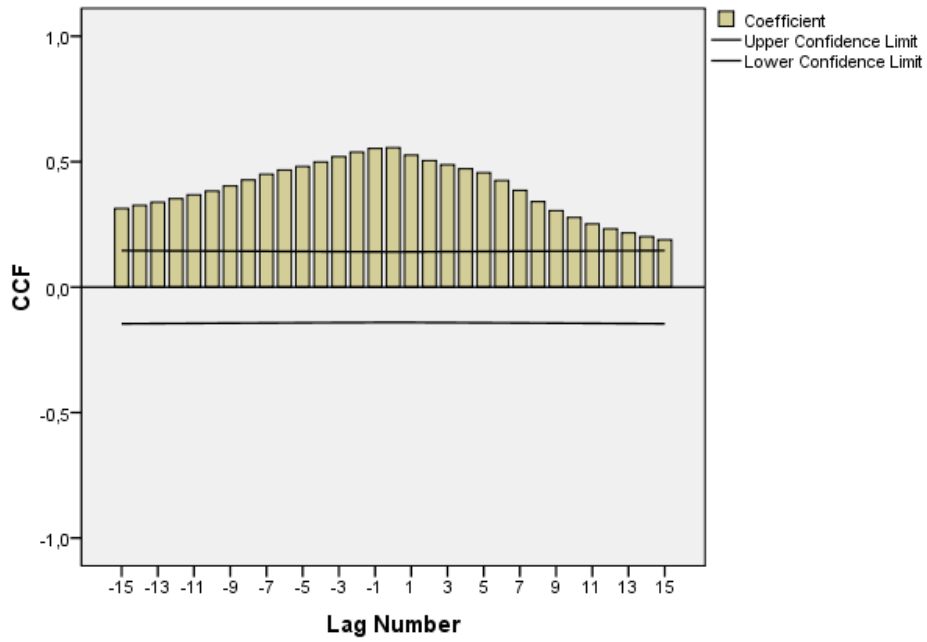
BDI 4 with SDR vs Dollar



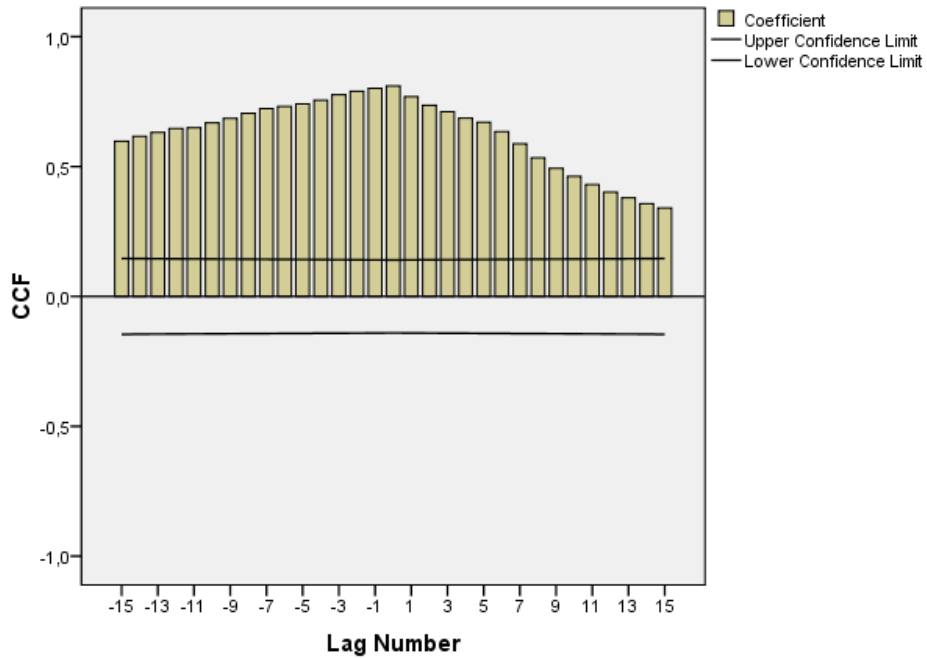
BDI 4 with Spot price of copper



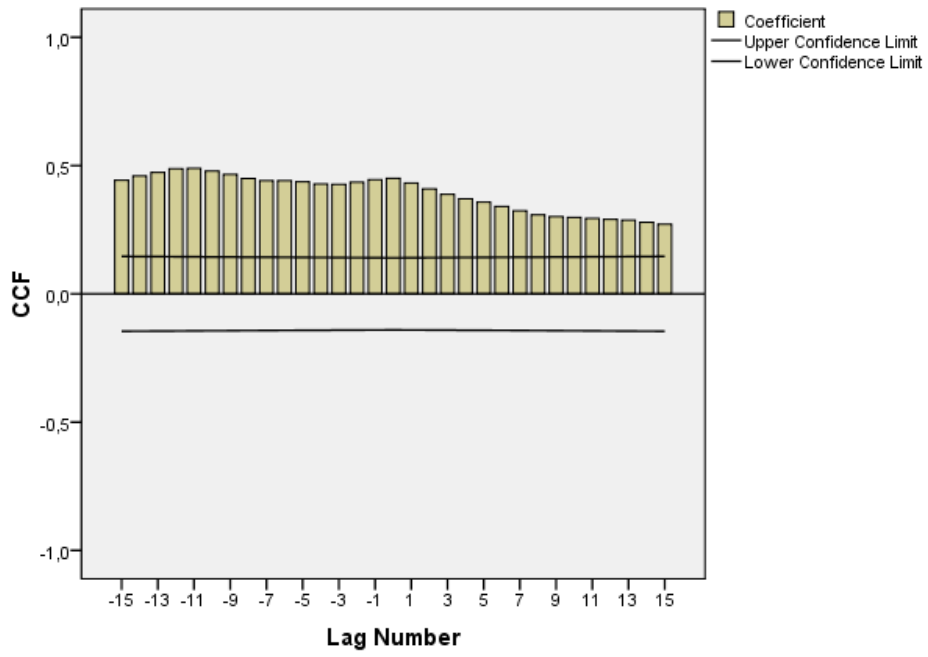
BDI 4 with Worldstock index



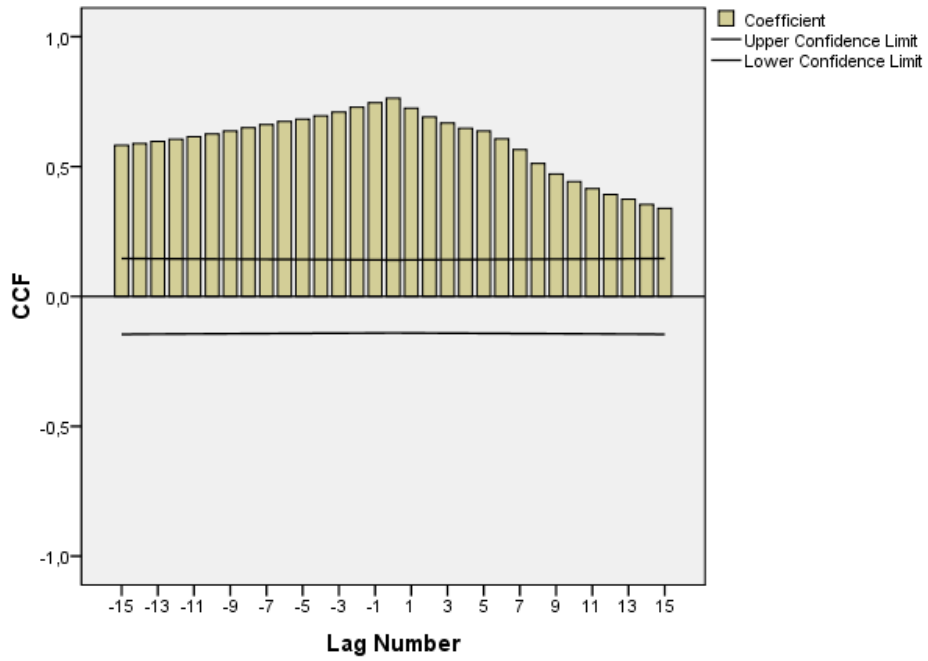
BDI 4 with World steel production



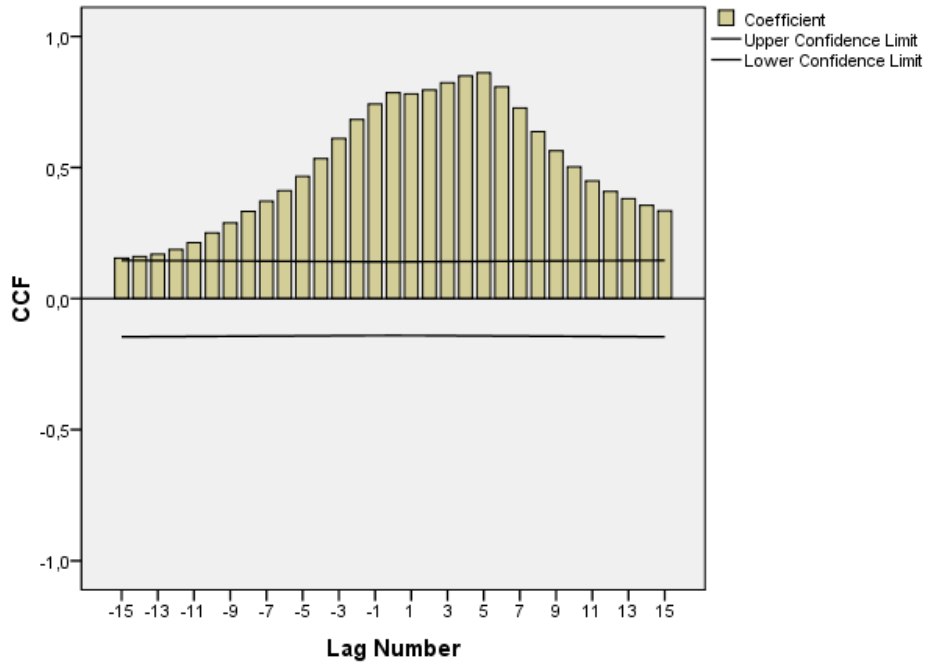
BDI 4 with EIA Petroleum Report



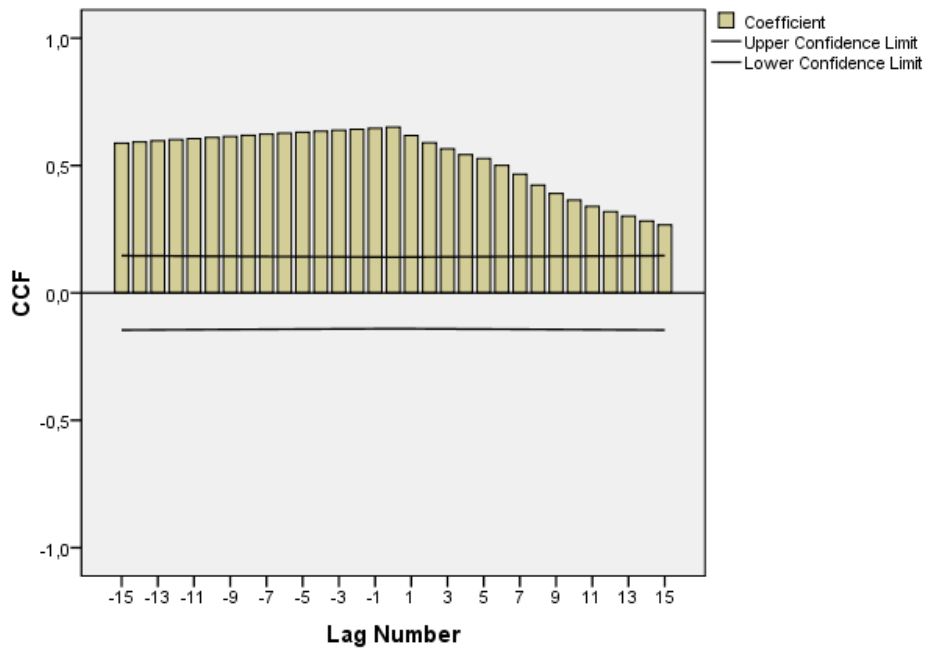
BDI 4 with PPI



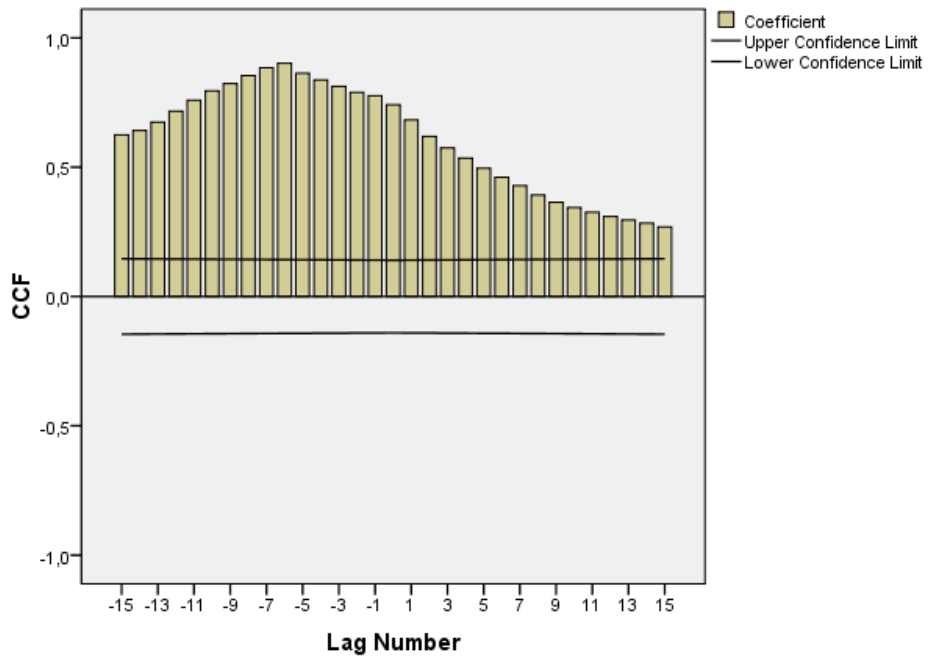
BDI 4 with 6 month Timecharter rate for 65000 ton dwt ship



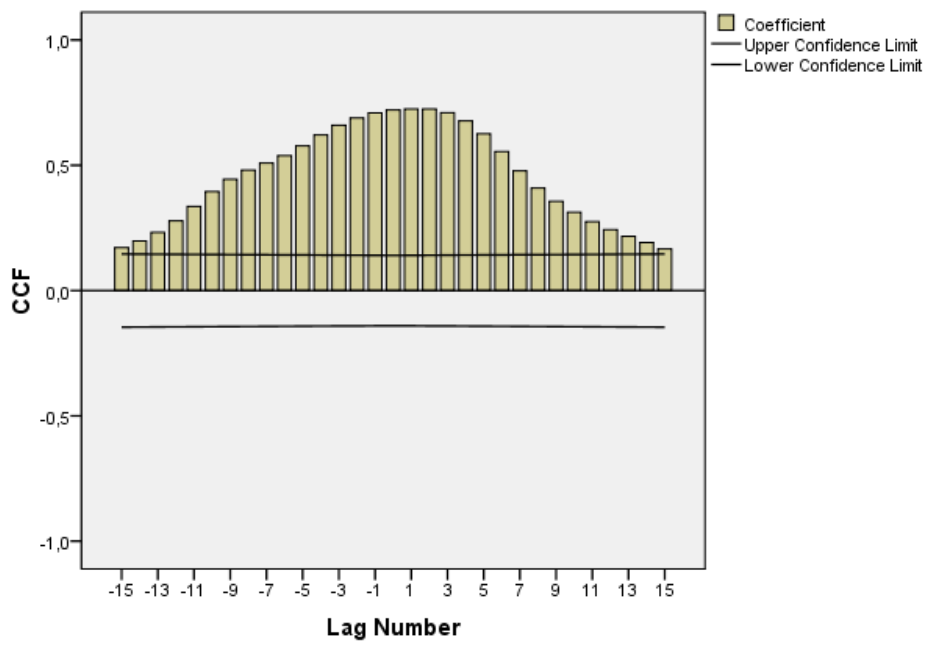
Bdi 4 with Consumer credit



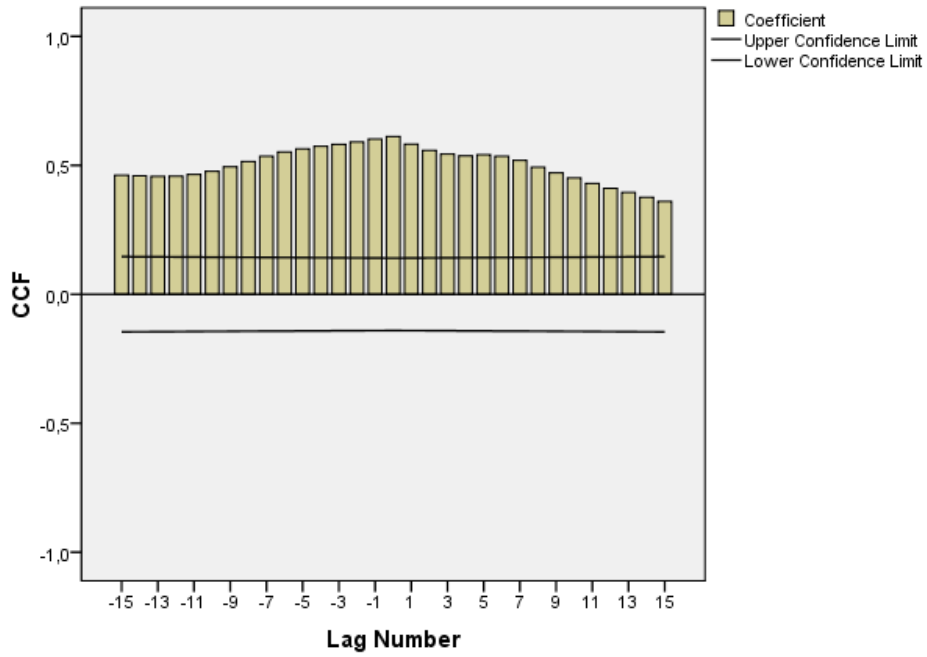
BDI 4 with Panamax scrap value



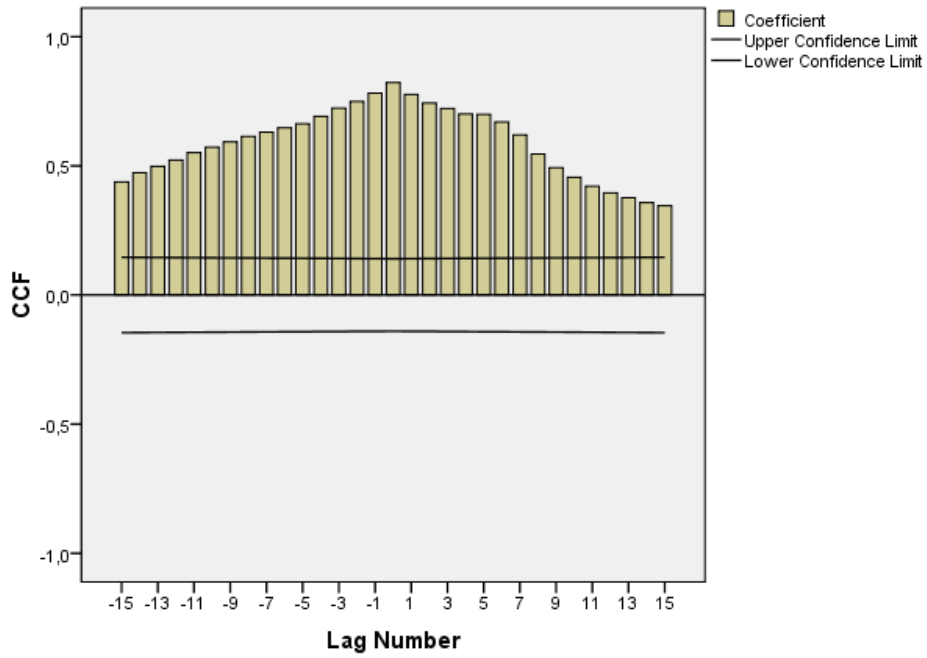
BDI 4 with Average new building difference



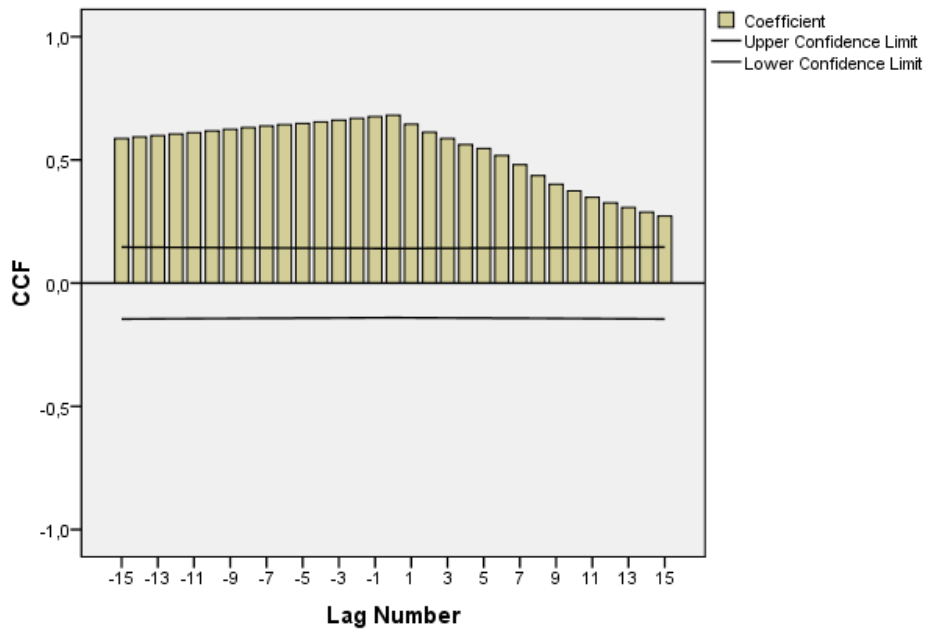
BDI 4 with Fleet increase



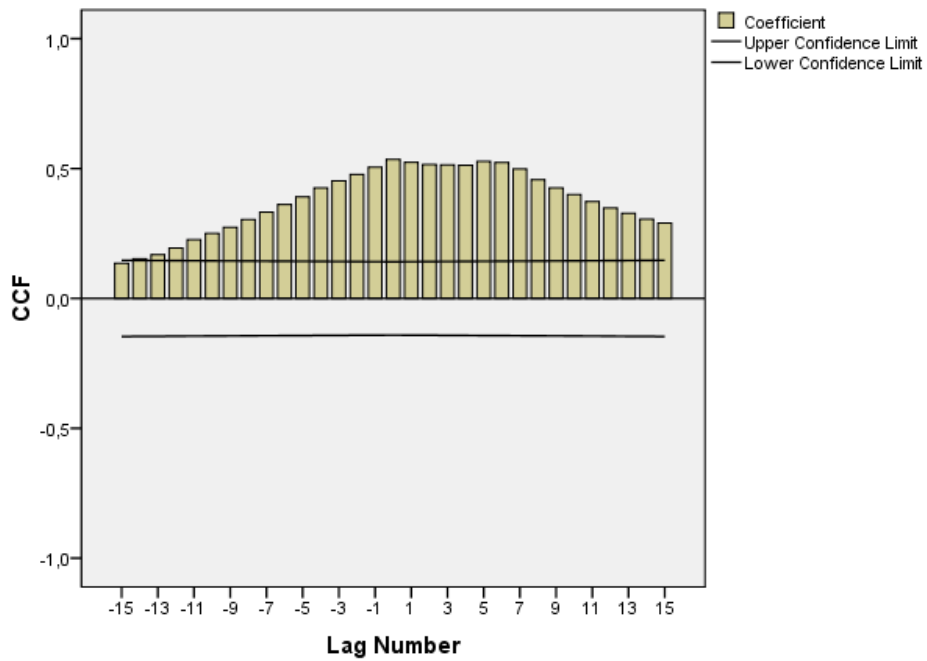
BDI 4 with Spot price of gold



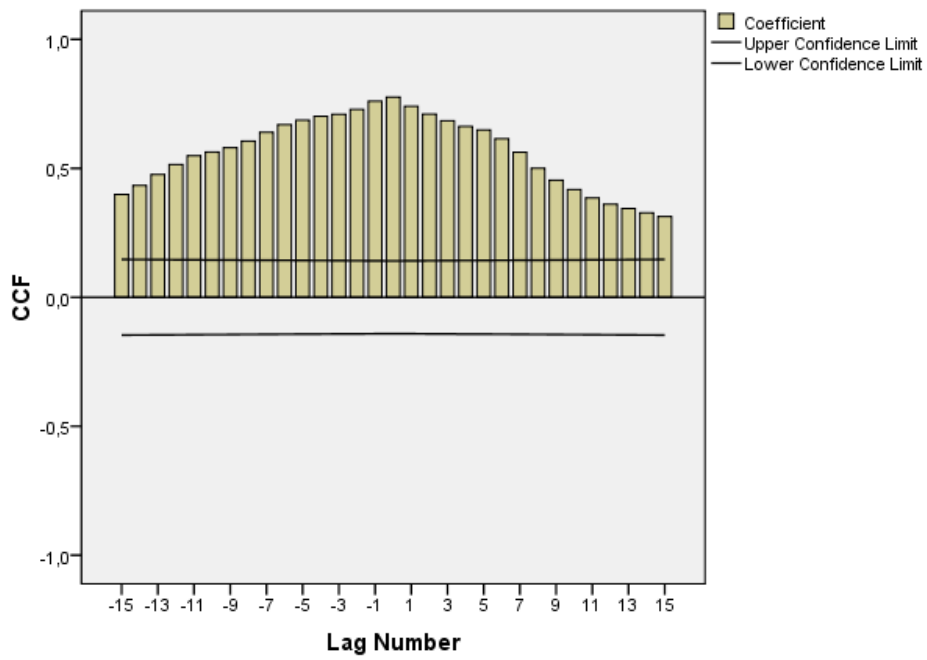
BDI 4 with CPI



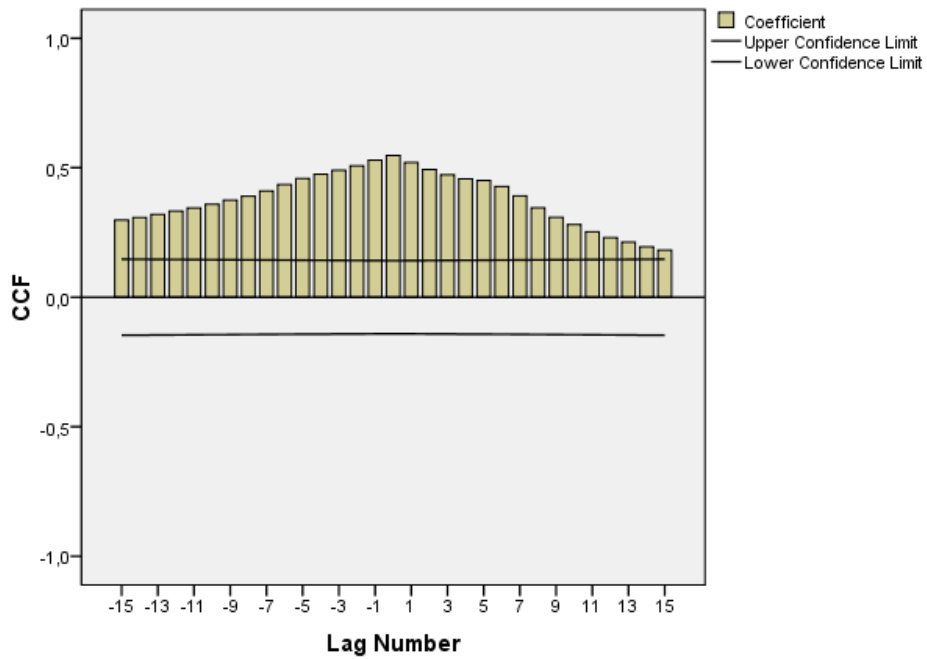
BDI 6 with SDR vs Dollar



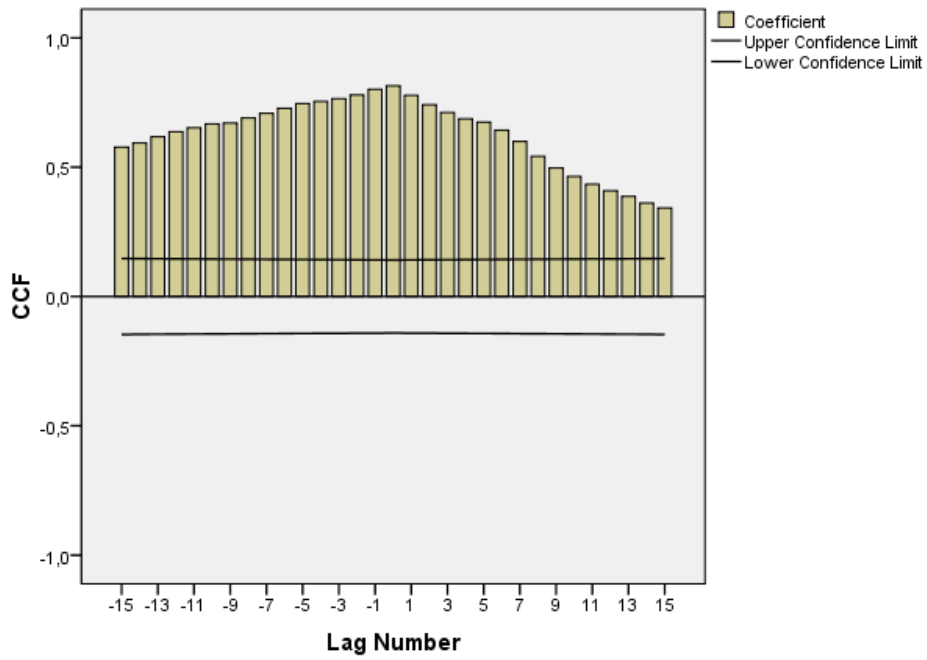
BDI 6 with Spot price of copper



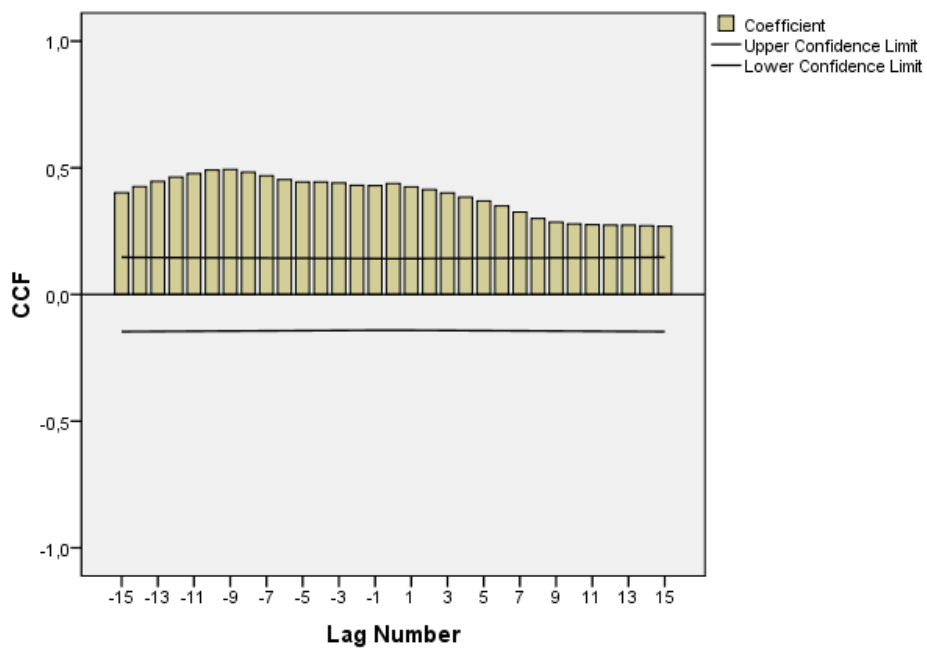
BDI 6 with Worldstock index



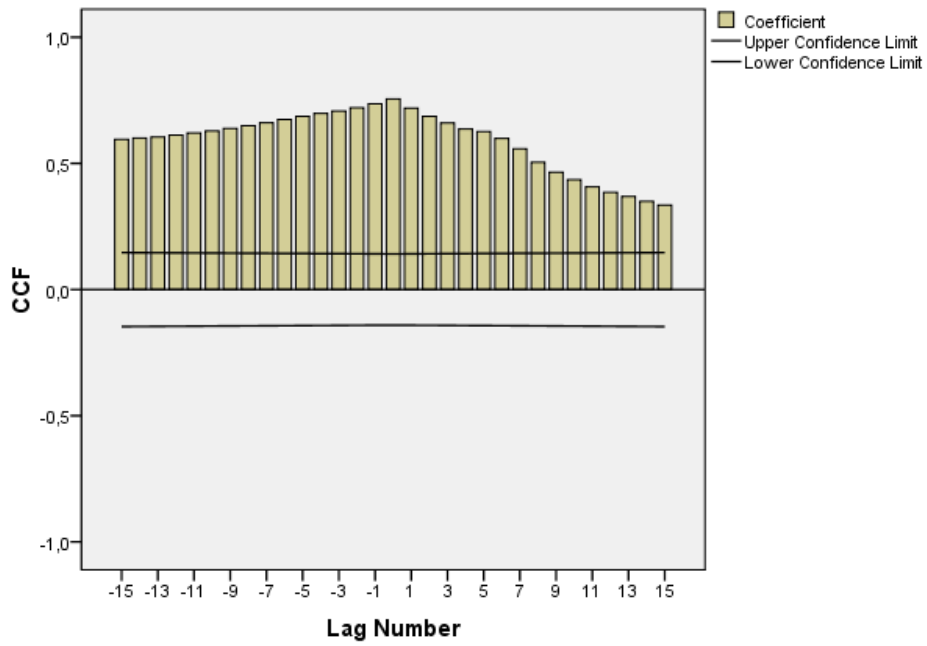
BDI 6 with World steel production



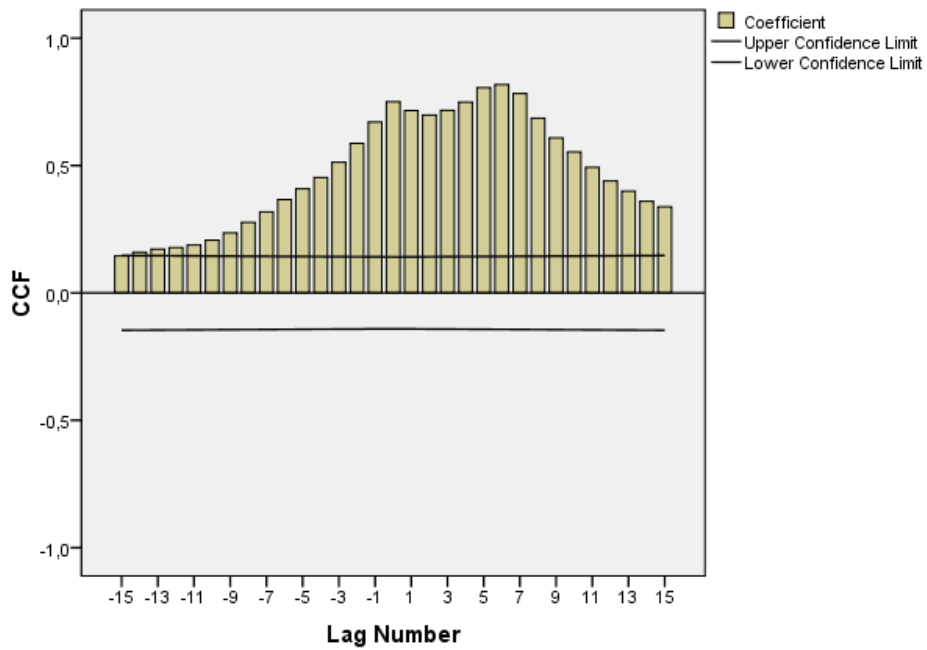
BDI 6 with EIA Petroleum Report



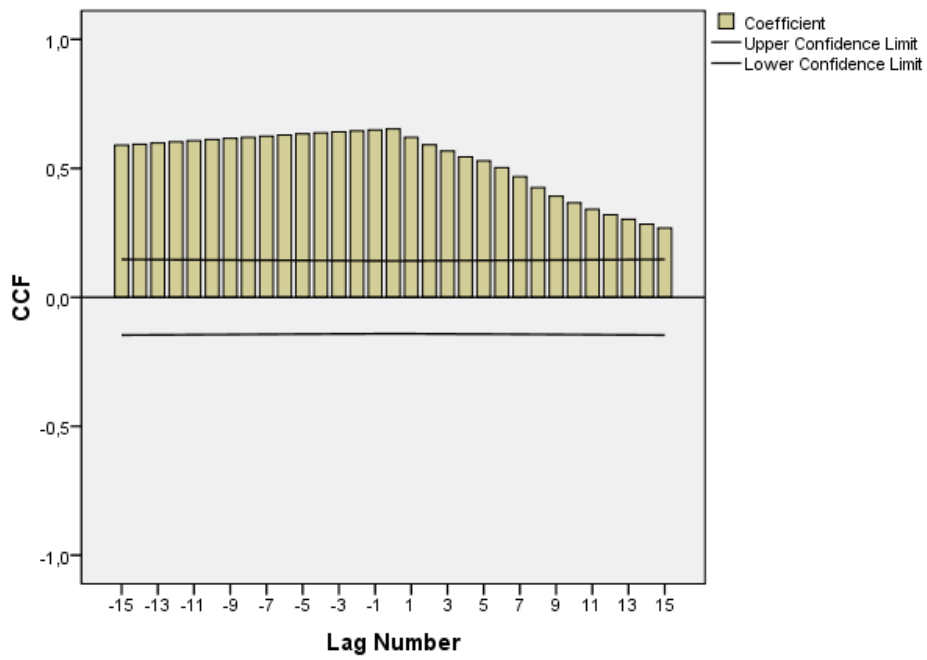
BDI 6 with PPI



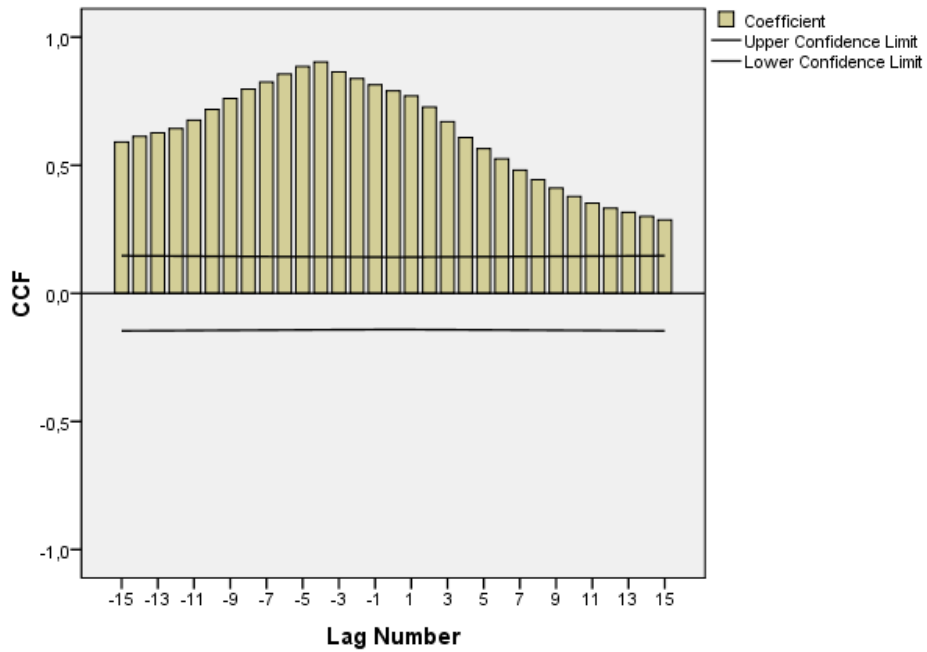
BDI 6 with 6 month Timecharter rate for 65000 ton dwt ship



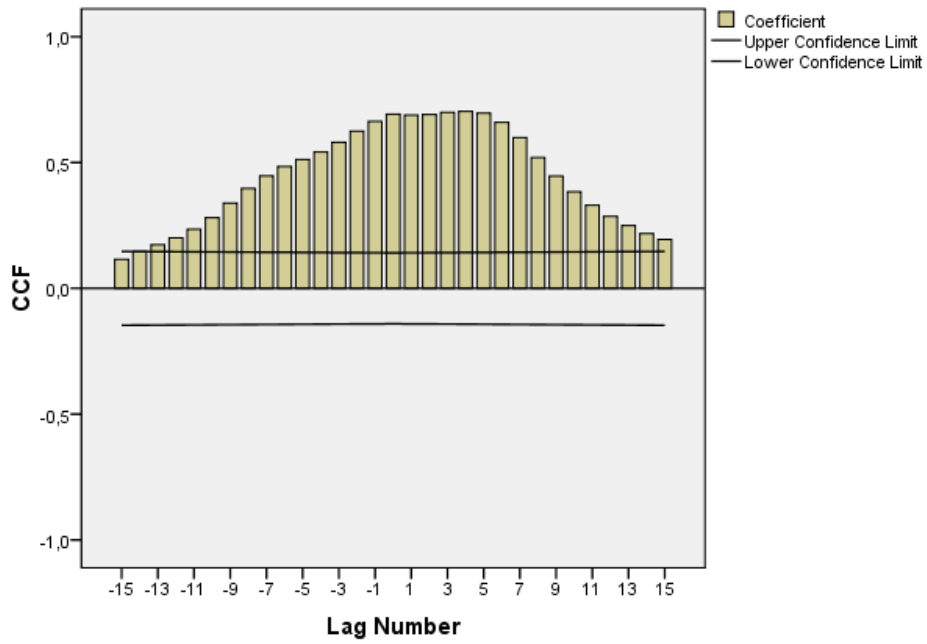
BDI 6 with Consumer credit



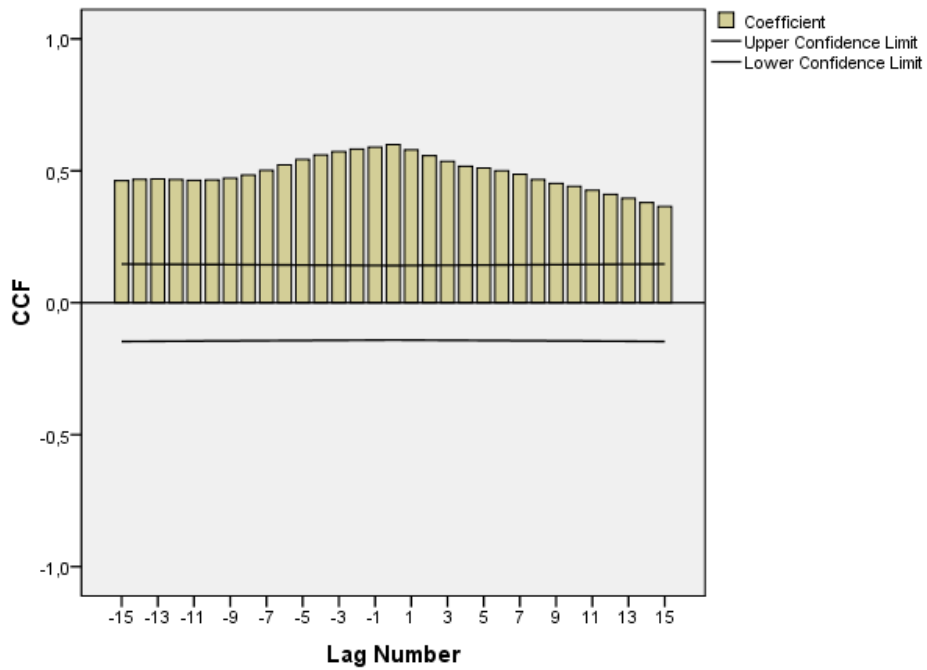
BDI 6 with Panamax scrap value



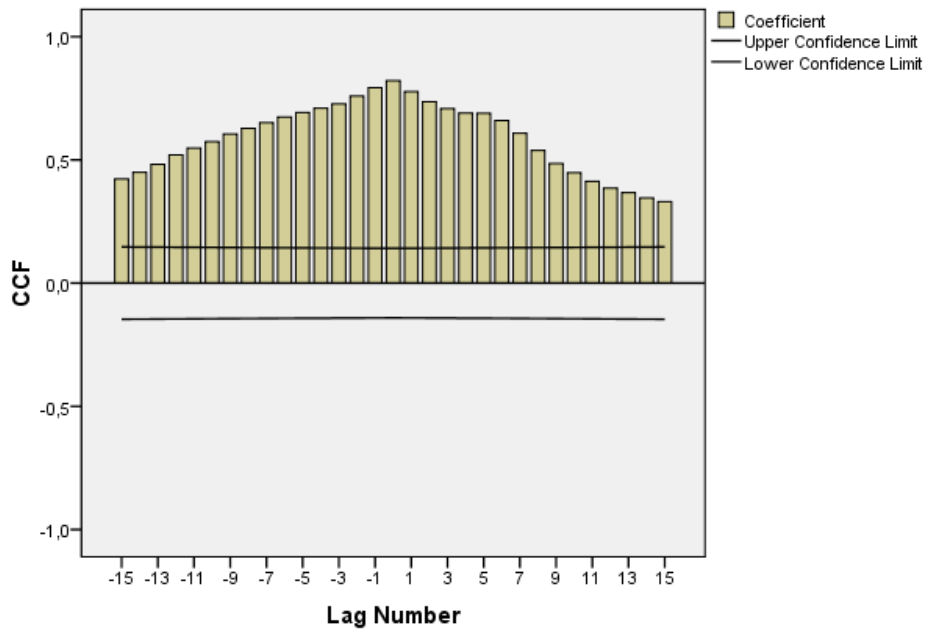
BDI 6 with Average newbuilding difference



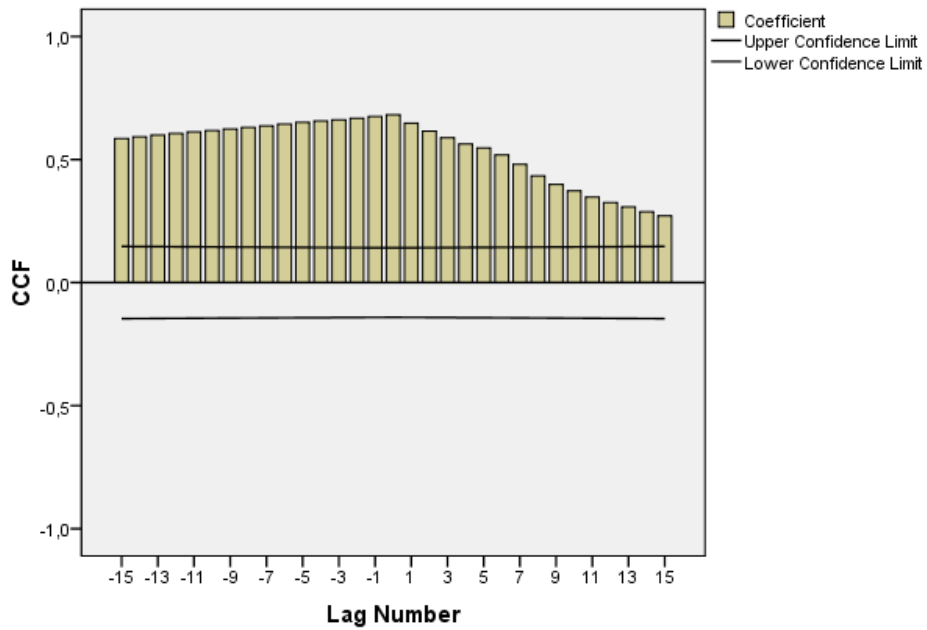
BDI 6 with Fleet increase



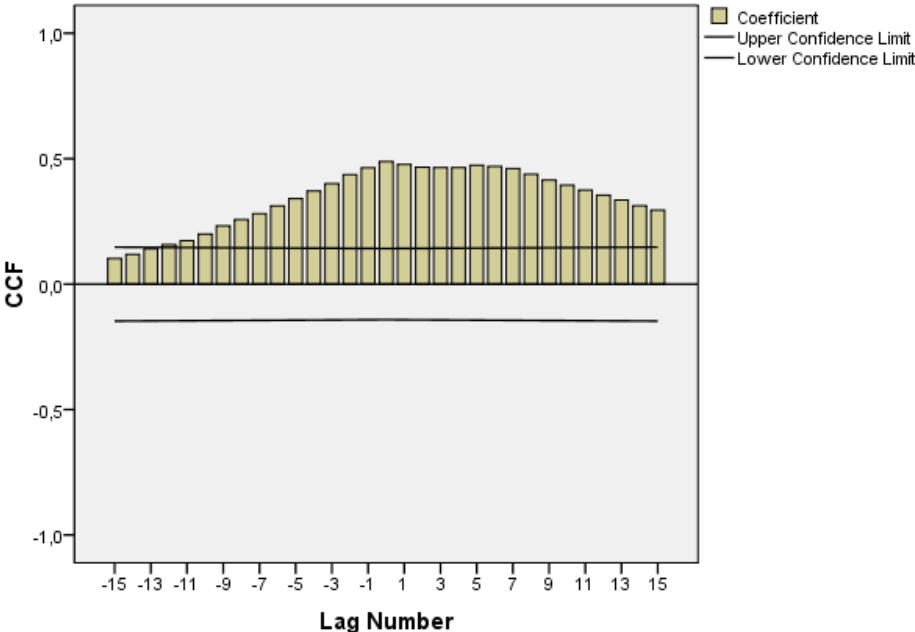
BDI 6 with Spot price of gold



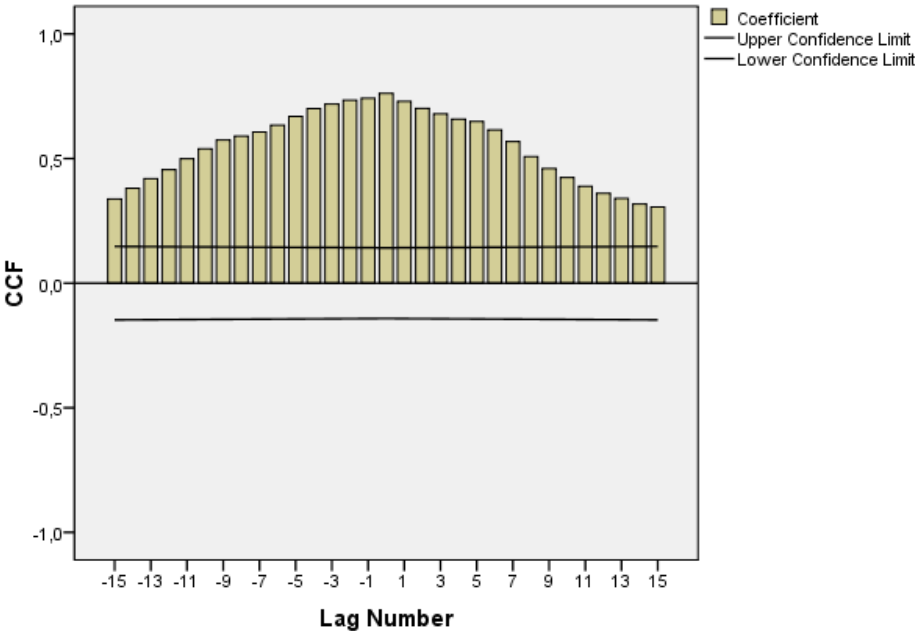
BDI 6 with CPI



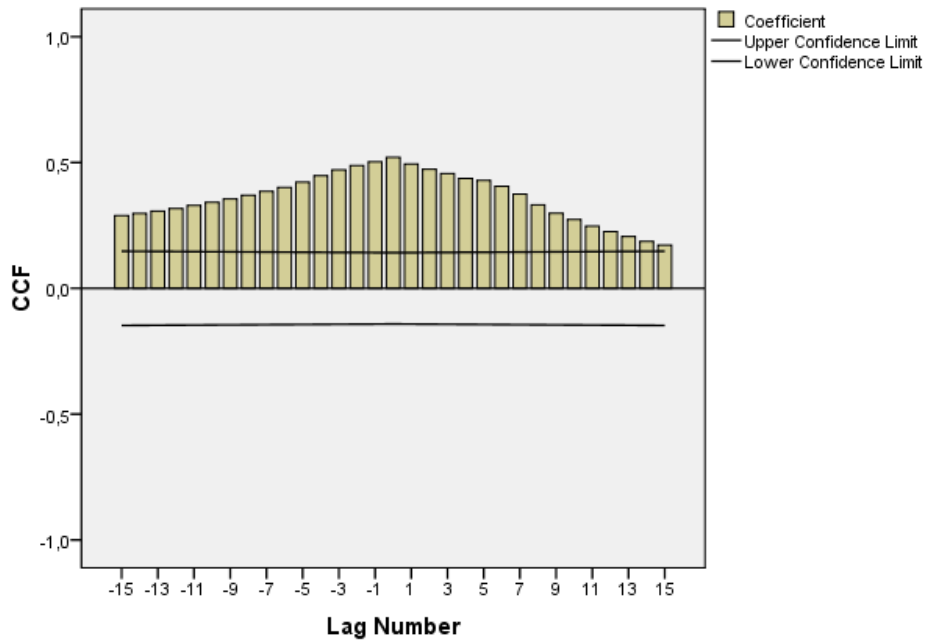
BDI 8 with SDR vs Dollar



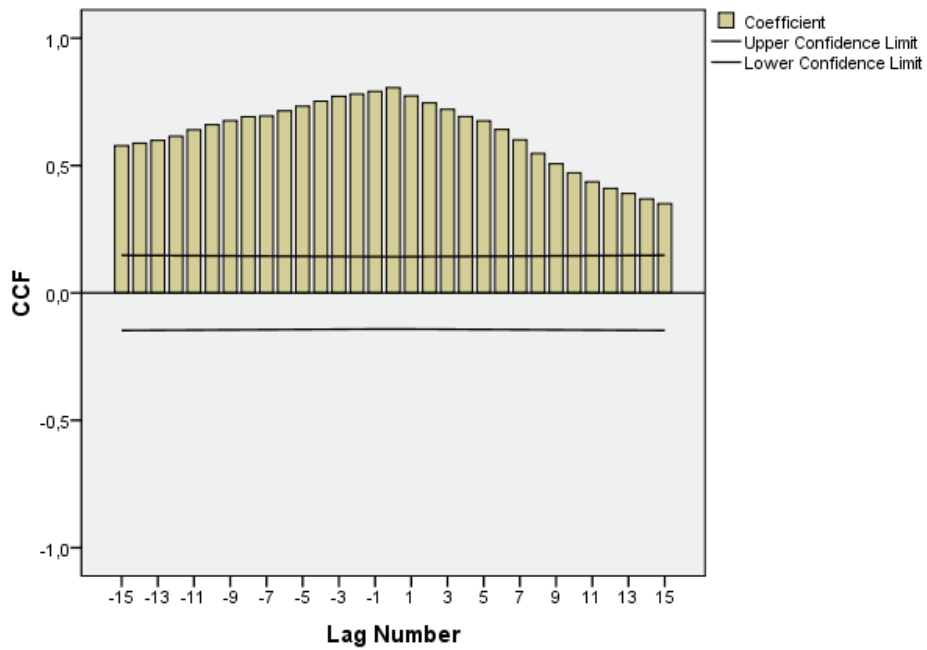
BDI 8 with Spot price of copper



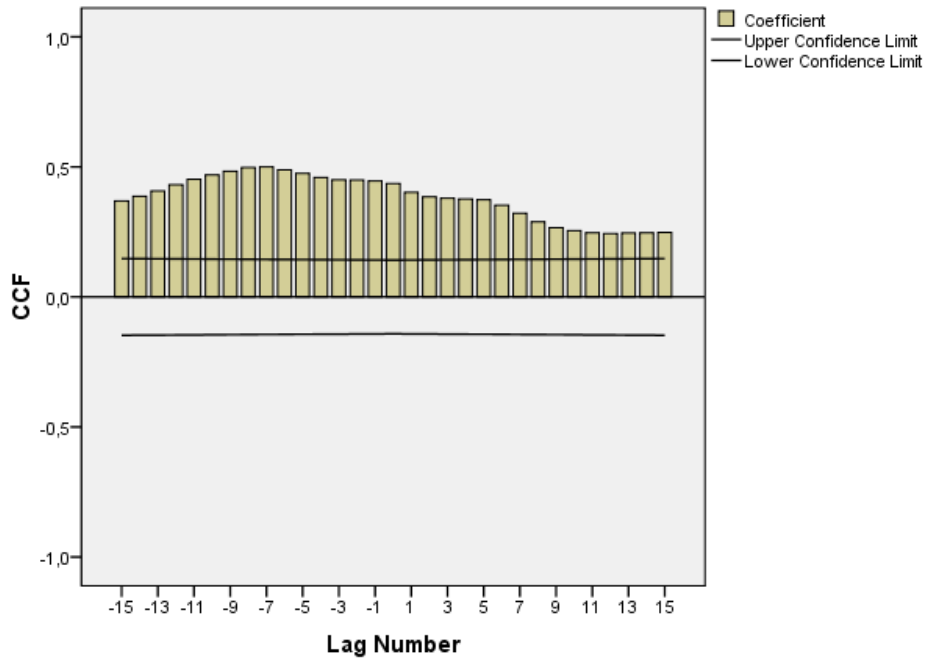
BDI 8 with Worldstock index



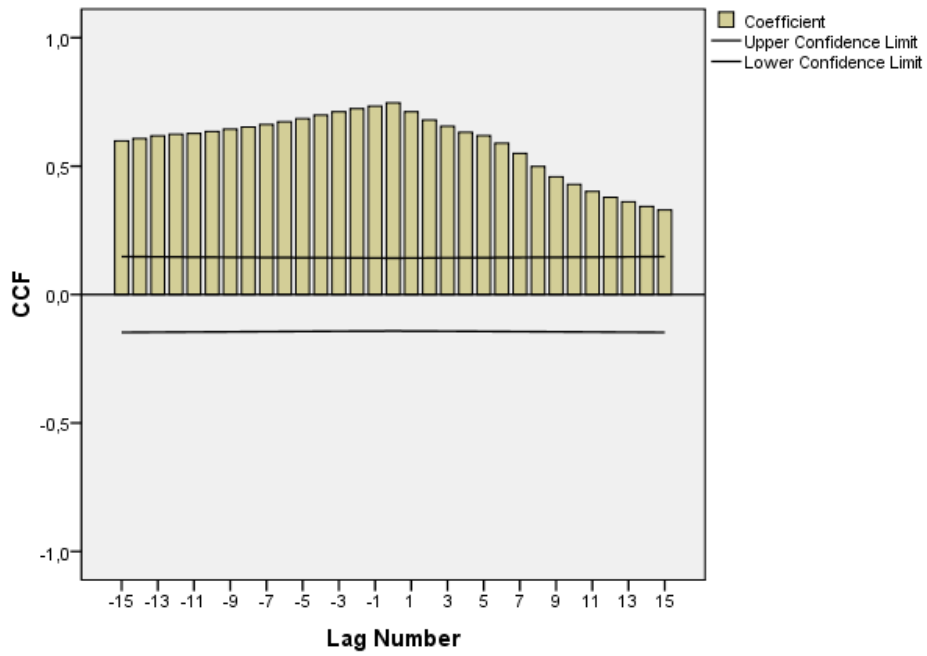
BDI 8 with World steel production



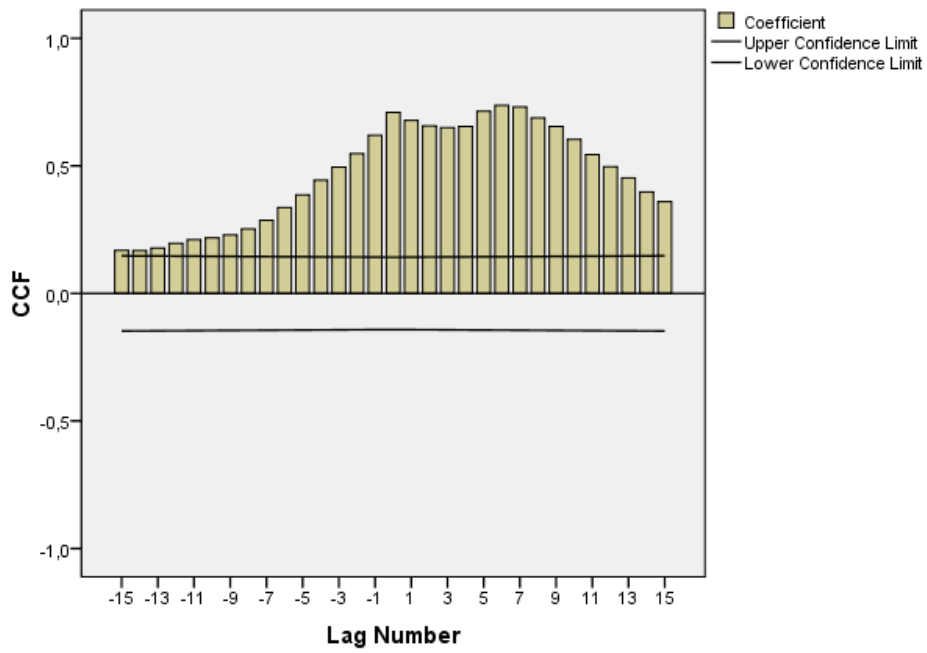
BDI 8 with EIA Petroleum Report



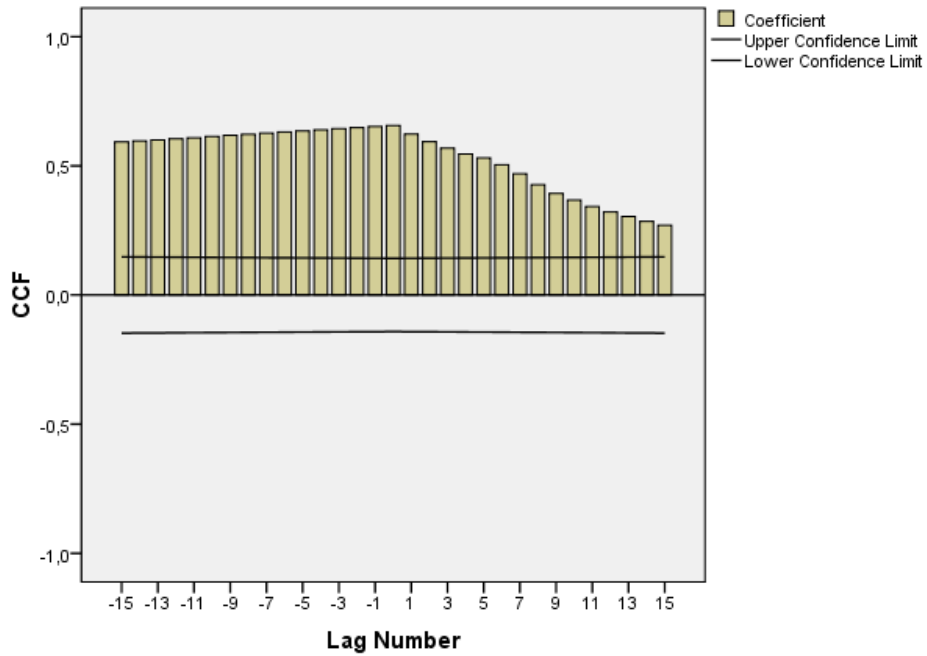
BDI 8 with PPI

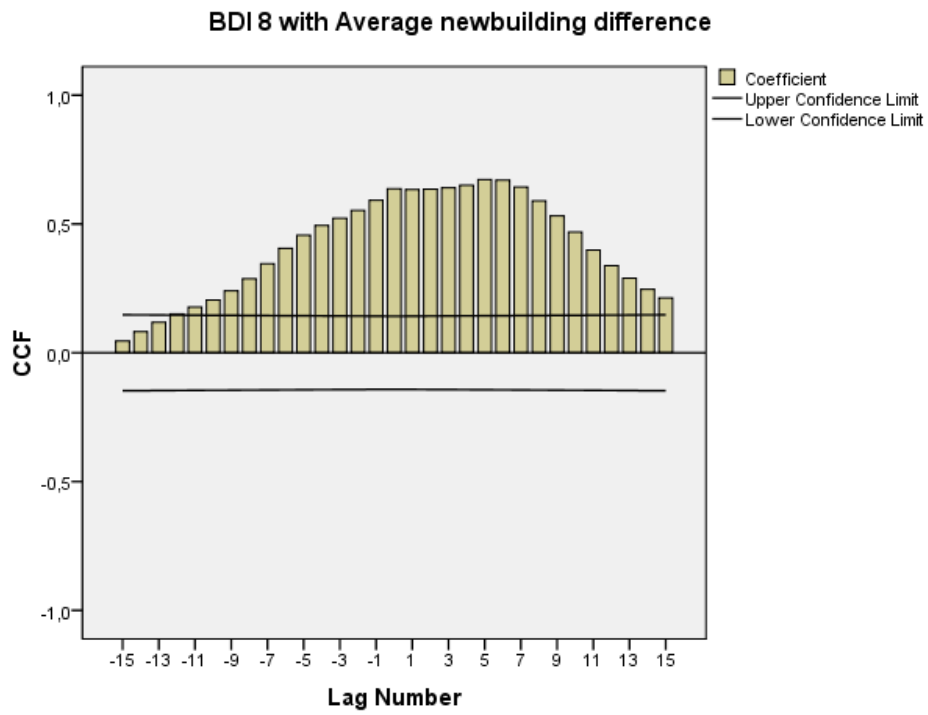
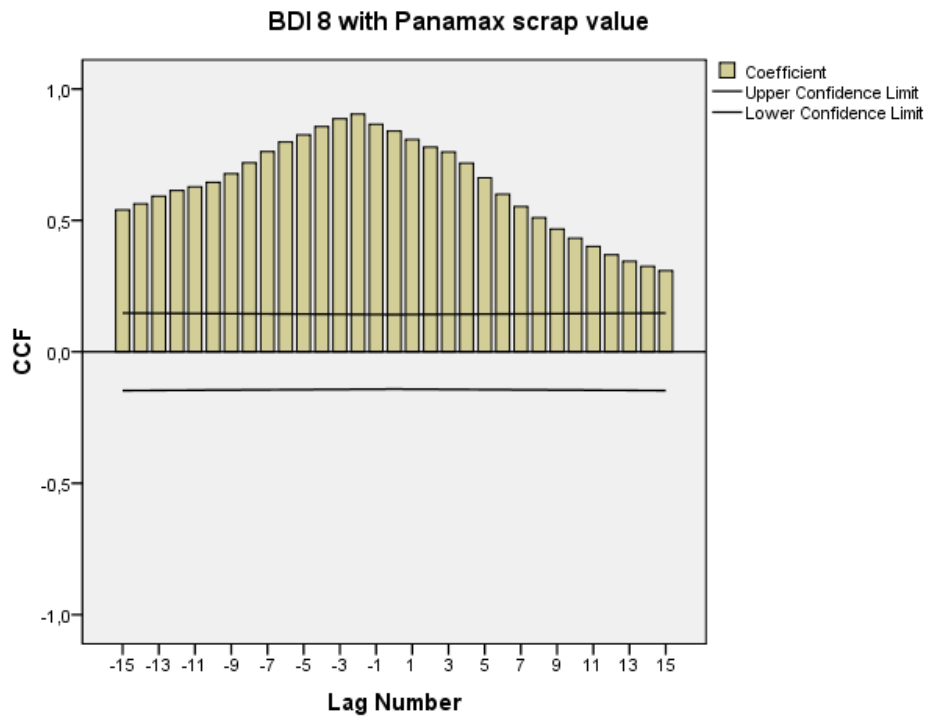


BDI 8 with 6 month Timecharter rate for 65000 ton dwt ship

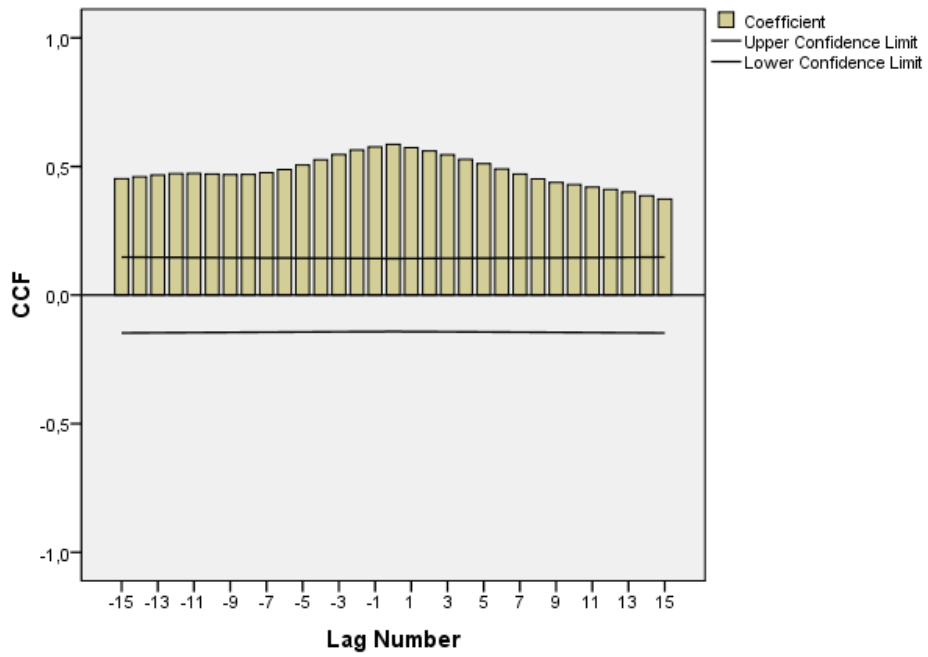


BDI 8 with Consumer credit

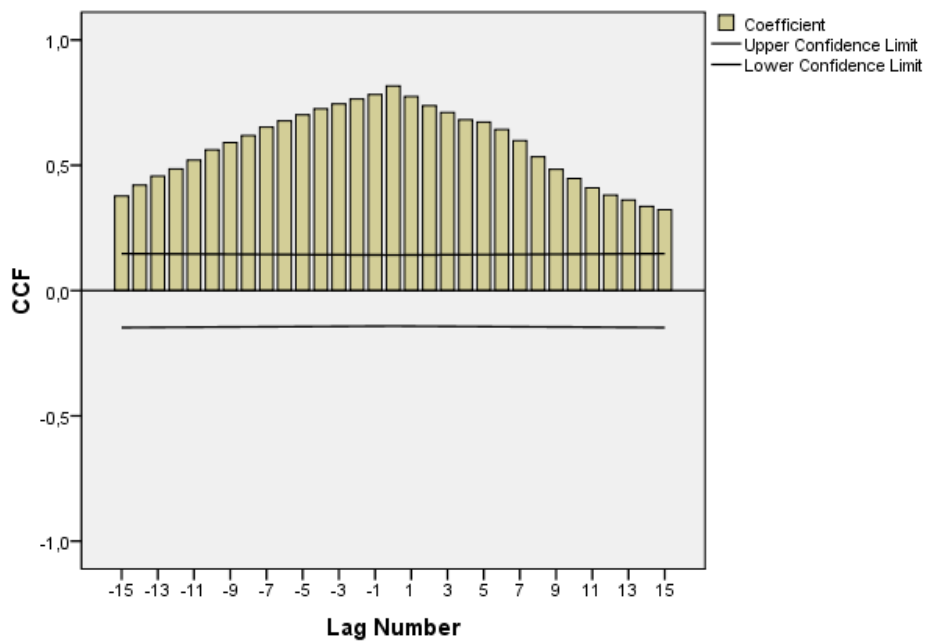




BDI 8 with Fleet increase



BDI 8 with Spot price of gold



BDI 8 with CPI

