



ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΠΕΡΙΟΧΗ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

«Ανάλυση της Ναυλαγοράς Πλοίων Μεταφοράς Φορτίων Χύδην»

Διπλωματική Εργασία

Χρυσίνης Βασίλειος

16-03-2012

ΑΘΗΝΑ

Χρυσίνας Βασιλείος

**Ανάλυση της Ναυλαγοράς Πλοίων Μεταφοράς Φορτίων Χύδην**

16-03-2012

Διπλωματική Εργασία

**Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών**

Μέλη Τριμελούς Επιτροπής

Δημήτριος Β. Λυρίδης (Επιβλέπων Καθηγητής)

Γεώργιος Ζαραφονίτης

Χαρίλαος Ν. Ψαράτης

ΑΘΗΝΑ

# Περιεχόμενα

Κατάλογος Πινάκων.....	5
Κατάλογος Εικόνων.....	5
Κατάλογος Σχημάτων.....	6
Ευχαριστίες.....	8
Σκοπός.....	9
Δομή.....	10
Προγενέστερη Έρευνα.....	11
Αναμενόμενα Αποτελέσματα.....	12

## **1. Η Ναυλαγορά**

1.1 Βασικές έννοιες.....	14
1.1.1 Ναύλος (Freight).....	14
1.1.2 Προσφορά (Supply).....	15
1.1.3 Ζήτηση (Demand).....	17
1.1.4 Πλεόνασμα (Surplus).....	19
1.1.5 Κόστος καινούριου πλοίου (Newbuilding price).....	19
1.2 Η Ναυλαγορές Charter και Liner.....	20
1.2.1 Η Ναυλαγορά Charter.....	20
1.2.2 Η Ναυλαγορά Liner.....	21
1.3 Ο Μηχανισμός Διαμόρφωσης της Ναυλαγοράς.....	23
1.4 Ο Ναυτιλιακός Κύκλος.....	28
1.5 Η Οικονομική Κρίση.....	31
1.5.1 Η Παγκόσμια Οικονομική Κρίση του 2008.....	33
1.5.2 Η Οικονομική Κρίση του 2008 στην Ναυλαγορά.....	39

## **2. Το Εμπόριο Τσιμέντου Μέσω Θαλάσσης**

2.1 Το Προϊόν.....	40
2.1.1 Τσιμέντο.....	40
2.1.1.1 Γενικά Στοιχεία.....	40
2.1.1.2 Τρόπος Παρασκευής.....	41
2.1.2 Τσιμέντο Κλίνκερ.....	42
2.2 Τα Cement Carriers.....	43
2.2.1 Ιδιαιτερότητες του μεταφερόμενου προϊόντος.....	43
2.2.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά.....	44

2.2.3 Παγκόσμιος στόλος.....	45
2.3 Η Αγορά.....	46
2.3.1 Ανάλυση Αγοράς.....	46
2.3.2 Καταναλωτές.....	49
2.3.3 Παραγωγοί.....	50
2.3.4 Διεθνές Εμπόριο Τσιμέντου.....	52
2.3.5 Κοινωνικοπολιτικό πλαίσιο.....	55

### **3. Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα**

3.1 Περιγραφή Βιολογικού Νευρώνα.....	58
3.2 Ιστορική αναδρομή στην εξέλιξη των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων.....	60
3.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων.....	62
3.4 Ο Τεχνητός Νευρώνας και η δομή του.....	64
3.4 Το Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο και η δομή του.....	67
3.5 Κύριες Κατηγορίες Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων.....	69
3.6 Εκπαίδευση Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων.....	72
3.7 Πεδία Εφαρμογών Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων.....	76
3.8 Πρόβλεψη με χρήση Χρονοσειρών.....	78

### **4. Παρουσίαση και Ανάλυση Δεδομένων**

4.1 Πηγές Δεδομένων.....	80
4.2 Περιγραφή Χρονοσειρών.....	83
4.2 Σχολιασμός Χρονοσειρών.....	93
4.3 Επεξεργασία Δεδομένων.....	94

### **5. Επεξεργασία και Παρουσίαση Αποτελεσμάτων**

5.1 Το Neurosolutions και η χρήση του.....	101
5.2 Αρχιτεκτονικές δικτύων και παρουσίαση αποτελεσμάτων.....	104
5.2.1 Multilayer Perceptrons.....	104
5.2.2 Generalized Feedforward.....	106
5.2.3 Modular.....	108
5.2.4 Jordan & Elman.....	112
5.2.5 Radial Basis Function.....	114
5.2.6 Self-organizing Feature Maps.....	115

## **6. Συμπεράσματα**

6.1 Τεχνικά Συμπεράσματα .....	116
6.2 Γενικά Συμπεράσματα .....	117
6.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	118
Βιβλιογραφία .....	119

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Οι 20 διαδρομές με την μεγαλύτερη μετακίνηση εμπορευματοκιβωτίων για το 2009.

Πίνακας 2: Εξέλιξη της ανάπτυξης προσφοράς και ζήτησης για μεταφορά φορτίου χύδην.

Πίνακας 3: Συσχέτιση μεταξύ των χρονοσειρών και της υπό μελέτη μεταβλητής.

Πίνακας 4: Συσχέτιση μεταξύ των χρονοσειρών.

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Αμπάρι Cement Carrier.

Εικόνα 2: Προφίλ Cement Carrier με ίδια φορτοεκφορτωτικά μέσα.

Εικόνα 3: Απεικόνιση βιολογικού νευρώνα.

Εικόνα 4: Τυπική διάταξη βιολογικού νευρώνα.

Εικόνα 5: Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο Hopfield με 4 κόμβους.

Εικόνα 6: Τυπική Δομή Τεχνητού Νευρώνα.

Εικόνα 7: Τυπική Δομή Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου.

Εικόνα 8: Δομή Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου τύπου Feedback.

Εικόνα 9: Δομή Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου τύπου Feed-Forward.

Εικόνα 10: Εκπαίδευση μέσω αλγορίθμου αντίστροφης διάδοσης.

Εικόνα 11: Απεικόνιση των διαφόρων περιφερειών της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Εικόνα 12: Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο Generalized Feed Forward με 4 κρυφά επίπεδα.

Εικόνα 13: Οι 4 διαφορετικές αρχιτεκτονικές των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων τύπου Modular που χρησιμοποιήθηκαν.

Εικόνα 14: Οι 4 διαφορετικές αρχιτεκτονικές των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων τύπου Jordan & Elman που χρησιμοποιήθηκαν.

## Κατάλογος Σχημάτων

- Σχήμα 1 : Σχηματική αναπαράσταση επιλογών πλοιοικιτή.
- Σχήμα 2: Εξέλιξη του παγκοσμίου στόλου 1963-2006.
- Σχήμα 3: Αξιοποίηση χρόνου ενός VLCC.
- Σχήμα 4: Οικονομικοί κύκλοι του παγκοσμίου Α.Ε.Π. και θαλάσσιο εμπόριο.
- Σχήμα 5: Καμπύλη προσφοράς.
- Σχήμα 6: Μεταβολή καμπύλης προσφοράς.
- Σχήμα 7: Μεταβολή ζήτησης.
- Σχήμα 8: Τα στάδια ενός τυπικού κύκλου της ναυλαγοράς ξηρού φορτίου χύδην.
- Σχήμα 9: Σχηματική απεικόνιση της εξέλιξης ντόμινο της παγκόσμιας κρίσης του 2008.
- Σχήμα 10: Εξέλιξη της ανάπτυξης της βιομηχανικής παραγωγής της περιφέρειας του ατλαντικού την τελευταία δεκαετία.
- Σχήμα 11: Εξέλιξη της ανάπτυξης της βιομηχανικής παραγωγής της Κίνας την τελευταία δεκαετία.
- Σχήμα 12 : Εξέλιξη του δείκτη VIX την τελευταία δεκαετία.
- Σχήμα 13: Κατανομή των Cement Carriers με κριτήριο την ηλικία.
- Σχήμα 14: Παγκόσμια παραγωγή τσιμέντου για την πενταετία 2006-2010.
- Σχήμα 15: Συγκριτικό διάγραμμα κατανάλωσης τσιμέντου στην Κίνα σε σχέση με την κατανάλωση στο υπόλοιπο κόσμο.
- Σχήμα 16: Οι δέκα χώρες με την μεγαλύτερη κατανάλωση τσιμέντου παγκοσμίως για το 2010.
- Σχήμα 17: Κυκλικό διάγραμμα με την κατανάλωση τσιμέντου σε περιφερειακό επίπεδο για το 2010.
- Σχήμα 18: Οι δέκα χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή τσιμέντου παγκοσμίως για το 2010.
- Σχήμα 19: Οι δέκα χώρες με τις μεγαλύτερες εισαγωγές τσιμέντου παγκοσμίως για το 2010.
- Σχήμα 20: Οι δέκα χώρες με την μεγαλύτερη εξαγωγή τσιμέντου παγκοσμίως για το 2010.
- Σχήμα 21: Πωλήσεις και δυνατότητα παραγωγής των 6 μεγαλύτερων εταιριών παραγωγής τσιμέντου.
- Σχήμα 22: Απεικόνιση θαλασσιού εμπορίου τσιμέντου και κλίνκερ για το διάστημα 1995-2010 και πρόβλεψη για το 2015.
- Σχήμα 23: Κύριες διαδρομές παγκοσμίου θαλασσιού εμπορίου τσιμέντου και κλίνκερ.
- Σχήμα 24: Μεταβολή της τιμής scrap ενός handysize bulk carrier
- Σχήμα 25 : Εξέλιξη των λιανικών πωλήσεων τα τελευταία 20 χρόνια.

Σχήμα 26: Εξέλιξη της καταναλωτικής εμπιστοσύνης την τελευταία δεκαπενταετία.

Σχήμα 27: Διάγραμμα έξι μηνών με την ποσοστιαία εξέλιξη του Dow Jones Industrial Average και της τιμής του χρυσού.

Σχήμα 28: Διάγραμμα της αξίας του SDR σε δολάρια από το 1991 μέχρι το 2008.

Σχήμα 29: Εξέλιξη των τιμών (σε εκατομμύρια δολάρια) νεότευκτων και μεταχειρισμένων (10 ετών) dry bulk handysize carriers.

Σχήμα 30: Εξέλιξη των δεικτών C.P.I. και P.P.I. από το 1991.

Σχήμα 31: Μέσο τετραγωνικό λάθος στα δεδομένα εκπαίδευσης και διασταύρωσης για Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο τύπου Jordan-Elman με 2 κρυφά επίπεδα.

Σχήμα 32: Αντιστοιχία (Fit) Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου Multilayer Perceptron με 2 κρυφά επίπεδα.

Σχήμα 33: Αντιστοιχία (Fit) Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου Multilayer Perceptron με 4 κρυφά επίπεδα.

Σχήμα 34: Πρόβλεψη Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου Multilayer Perceptron

Σχήμα 35: Αντιστοιχία (Fit) Νευρωνικού Δικτύου Generalized Feedforward με 1 κρυφό επίπεδο.

Σχήμα 36: Πρόβλεψη Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου Generalized Feedforward με 4 κρυφά επίπεδα.

Σχήμα 37: Πρόβλεψη Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου Generalized Feedforward.

Σχήμα 38: Αντιστοιχία (Fit) Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου Modular αρχιτεκτονικής 1.

Σχήμα 39: Αντιστοιχία (Fit) Νευρωνικού Δικτύου Modular αρχιτεκτονικής 2.

Σχήμα 40: Αντιστοιχία (Fit) Νευρωνικού Δικτύου Modular αρχιτεκτονικής 3.

Σχήμα 41: Αντιστοιχία (Fit) Νευρωνικού Δικτύου Modular αρχιτεκτονικής 4.

Σχήμα 42: Πρόβλεψη Νευρωνικού Δικτύου Modular.

Σχήμα 43: Αντιστοιχία (Fit) Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου Jordan & Elman αρχιτεκτονικής 1.

Σχήμα 44: Αντιστοιχία (Fit) Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου Jordan & Elman αρχιτεκτονικής 2.

Σχήμα 45: Αντιστοιχία (Fit) Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου RBF με 2 κρυφά επίπεδα.

Σχήμα 46: Πρόβλεψη Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου RBF.

Σχήμα 47: Αντιστοιχία (Fit) Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου SOFM με 2 κρυφά επίπεδα.



## Ευχαριστίες

Θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Δημήτριο Λυρίδη, αρχικά που μου ανέθεσε το συγκεκριμένο θέμα, αλλά και για όλη την βοήθεια του κατά την διάρκεια της συγγραφής αυτής της διπλωματικής εργασίας. Οι γνώσεις και τα στοιχεία που μου παρείχε αλλά και η προσιτότητα του ήταν καίριες.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης του καθηγητές αλλά και το σύνολο του εκπαιδευτικού προσωπικού του Ε.Μ.Π. για την άψογη αντιμετώπιση και την παιδεία υψηλού επίπεδου που μου προσέφεραν.

Εκτός από το εκπαιδευτικό προσωπικό οφείλω τις ευχαριστίες μου σε όλα τα μέλη της οικογένειας μου, για την στήριξη τους όλα αυτά τα χρόνια.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την Μαρίνα, για όσα προσέφερε κατά την περίοδο της συγγραφής αυτής της διπλωματικής εργασίας, αλλά και για την ανεξάντλητη κατανόηση που επέδειξε.

## Σκοπός

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν διπλός. Πρώτος στόχος ήταν η ανάλυση της αγοράς του εμπορίου τσιμέντου μέσω θαλάσσης. Δεύτερος στόχος ήταν να γίνει μια μοντελοποίηση της συγκεκριμένης αγοράς με την χρήση Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων και η αξιολόγηση των δικτύων αυτών ως προς την δυνατότητα πρόβλεψης μελλοντικών τιμών.

Η αγορά των cement carriers αποτελεί μέρος της ναυλαγοράς ξηρού φορτίου και μια ποσοτική μελέτη για την συγκεκριμένη αγορά δεν είχε ξαναγίνει σε επίπεδο διπλωματικής εργασίας. Αρχικά γίνεται μια περιγραφή βασικών ναυτιλιακών όρων και μια γενικότερη ανάλυση της ναυλαγοράς έτσι ώστε να ακολουθήσει η ανάλυση της συγκεκριμένης αγοράς. Θεωρήθηκε επίσης χρήσιμο να γίνει μια αναφορά στο προϊόν το οποίο μεταφέρεται, δηλαδή το τσιμέντο, αλλά και στο μεταφορικό μέσο, δηλαδή τα cement carriers, και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους.

Αφού έγιναν αντιληπτές οι βασικές παράμετροι και το γενικότερο πλαίσιο της συγκεκριμένης αγοράς, ακολούθησε η ποσοτική μοντελοποίηση. Λόγω της έλλειψης στοιχείων και χρονοσειρών εξειδικευμένων για την αγορά των cement carriers, θεωρήθηκε σωστό να γίνει σύνδεση με την ευρύτερη αγορά των handysize bulk carriers. Η συγκεκριμένη σύνδεση δεν είναι σε καμία περίπτωση αυθαίρετη αφού ουσιαστικά η αγορά της θαλάσσιας μεταφοράς τσιμέντου εμπεριέχεται στην ευρύτερη αγορά της μεταφοράς ξηρού φορτίου χύδην, ενώ τα cement carriers δεν ξεπερνούν σε μέγεθος τα handysize bulk carriers. Ως εκ τούτου οι δυο αγορές είναι έντονα συσχετισμένες.

Τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα, βρίσκονται ακόμα σε στάδιο ανάπτυξης και για αυτό η εφαρμογή τους στη ναυλαγορά μπορεί να προσφέρει χρήσιμα συμπεράσματα και να εμπλουτίσει το γνωστικό αντικείμενο γύρω από την πρόβλεψη ναυτιλιακών μεταβλητών. Η παγκόσμια οικονομική κρίση του 2008, η οποία έπληξε και την ναυλαγορά, επιλέχθηκε ως το περιβάλλον δοκιμής των δικτύων. Η επιλογή αυτή βασίστηκε στην πρόκληση που ενείχε η συγκεκριμένη χρονική περίοδος από άποψη πρόβλεψης, αφού υπήρξαν μεγάλες διακυμάνσεις. Με σκοπό την καλύτερη κατανόηση του συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος γίνεται μια σύντομη περιγραφή της συγκεκριμένης κρίσης. Για να καταστεί εφικτή η συγκεκριμένη μοντελοποίηση έγινε συλλογή πλήθους χρονοσειρών, τόσο μακροοικονομικής όσο και ναυτιλιακής φύσης.

Η δυνατότητα πρόβλεψης βασικών ναυτιλιακών μεταβλητών, όπως η τιμή των ναύλων, έχει καίρια σημασία από οικονομικής άποψης, ενώ αποτελεί ένα συναρπαστικό θέμα και για τον ερευνητή αφού παρουσιάζει πλήθος προκλήσεων. Τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα, η δομή και τα βασικά χαρακτηριστικά των οποίων περιγράφονται εκτενώς, αποτελούν το βασικό εργαλείο πρόβλεψης για την συγκεκριμένη έρευνα, ενώ στο τέλος θα αξιολογηθεί και η απόδοσή τους.

## Δομή

Θα κάνουμε παρακάτω μια αναφορά στην δομή των κεφαλαίων της παρούσας διπλωματικής. Οι πρώτες σελίδες αφορούν στις ευχαριστίες, στα περιεχόμενα, στην προγενέστερη έρευνα, στην δομή αλλά και στα αποτελέσματα που αναμένουμε από την συγκεκριμένη έρευνα.

Το πρώτο κεφάλαιο πραγματεύεται αρχικά μια περιγραφή της ναυλαγοράς γενικότερα και ύστερα των βασικών εννοιών που διέπουν την λειτουργία της, όπως για παράδειγμα η έννοια της προσφοράς. Επίσης γίνεται μια σύντομη περιγραφή των δυο ναυλαγορών, Charter και Liner. Στην συνέχεια στεκόμαστε στον ναυτιλιακό κύκλο και τα χαρακτηριστικά του. Τέλος, καθώς το χρονικό πλαίσιο στο οποίο εστιάζει η παρούσα έρευνα αφορά στην παγκόσμια κρίση του 2008, γίνεται μια περιγραφή της έννοιας της οικονομικής κρίσης καθώς και της κρίσης του 2008 συγκεκριμένα, με αναφορά στα αίτια, στις συνέπειες και στην επίδραση στη ναυλαγορά.

Το δεύτερο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στο εμπόριο τσιμέντου μέσω θαλάσσης. Αρχικά γίνεται περιγραφή του προϊόντος, δηλαδή του τσιμέντου και του κλίνκερ, και των ιδιοτήτων τους. Ακολουθεί η περιγραφή των πλοίων που εξειδικεύονται στην μεταφορά τσιμέντου, των cement carriers, και των ειδικών τεχνικών χαρακτηριστικών τα οποία διαθέτουν. Στο τέλος του συγκεκριμένου κεφαλαίου γίνεται εκτενής αναφορά στη συγκεκριμένη αγορά, με σκοπό την κατανόηση των παικτών που την απαρτίζουν καθώς και των μεταξύ τους σχέσεων.

Το τρίτο κεφάλαιο επικεντρώνεται στα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα με σκοπό να γίνουν κατανοητές στον αναγνώστη οι αρχές λειτουργίας του συγκεκριμένου είδους τεχνητής νοημοσύνης. Επιπροσθέτως, υπάρχει μια σύντομη ιστορική αναδρομή αλλά και περιγραφή της δομής των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων. Επίσης αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που έχει η χρήση τους καθώς και οι τρόποι εκπαίδευσης τους.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή των μεγεθών που εκφράζονται στις χρονοσειρές, καθώς και οι πηγές από τις οποίες συλλέχθηκαν. Επίσης υπάρχει σχολιασμός για την επιλογή των χρονοσειρών καθώς και η συσχέτιση την οποία παρουσιάζουν με την προς πρόβλεψη μεταβλητή. Επιπροσθέτως παραθέτουμε έναν αναλυτικό πίνακα με την συσχέτιση που παρουσιάζουν μεταξύ τους οι χρονοσειρές έτσι ώστε να γίνει καλύτερα κατανοητή η μεταξύ τους σχέση.

Το πέμπτο κεφάλαιο περιέχει μια περιγραφή της επεξεργασίας των δεδομένων και της διαδικασίας που ακολουθήθηκε για την κατασκευή των δικτύων. Έπεται η περιγραφή της κάθε αρχιτεκτονικής δικτύου που χρησιμοποιήθηκε και παρήγαγε αξιόλογα αποτελέσματα, συνοδευόμενη από την διαγραμματική παρουσίαση των αποτελεσμάτων των δικτύων. Γίνεται επίσης και ένας σύντομος σχολιασμός των διαγραμμάτων αυτών με σκοπό την αξιολόγηση τους.

Το έκτο κεφάλαιο συμπεριλαμβάνει τα συμπεράσματα, γενικά και τεχνικά, που μπορούν να εξαχθούν από την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας. Αναφέρονται επίσης και κάποιες προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Τέλος, παρατίθεται η βιβλιογραφία η οποία χρησιμοποιήθηκε.

## Προγενέστερη Έρευνα

Κατά το παρελθόν έχουν γίνει διάφορες ερευνητικές προσπάθειες για την κατανόηση και την χρήση των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων ως εργαλεία πρόβλεψης. Έτσι, έχουν αναπτυχθεί διάφορα μοντέλα πρόβλεψης, χωρίς όμως να έχει δημιουργηθεί ένας γενικός κανόνας, με αποτέλεσμα τα δίκτυα να κατασκευάζονται με δόκιμες και βάσει των αποτελεσμάτων που παράγουν (trial and error). Θα αναφερθούν παρακάτω κάποιες σημαντικές ερευνητικές προσπάθειες, οι οποίες μελετήθηκαν και κατά την συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας:

- Από τους Albert Willem Veenstra και Phillip Hans Franses αναπτύχθηκε ένα διανυσματικό μοντέλο για κάποια δεδομένα τιμών ναύλωσης για πλοία μεταφοράς ξηρού φορτίου χύδην. Παρά την αστάθεια των χρονοσειρών που χρησιμοποιήθηκαν, παρατηρήθηκε από τους ερευνητές μια σταθερή συμπεριφορά μακροπρόθεσμα.
- Ο Voudris, Athanasios V. εκπόνησε μια μελέτη με σκοπό την πρόβλεψη των ναύλων μονού ταξιδιού πλοίου τύπου Capesize, μεταφορικής ικανότητας 140000 τόνων μεταλλεύματος για την διαδρομή Tubarao – Rotterdam. Για αυτή την μελέτη κατασκεύασε Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα τα οποία χρησιμοποιούσαν γενετικούς αλγορίθμους. Τα δίκτυα αυτά παράγγααν ικανοποιητικά αποτελέσματα σε προβλέψεις που έφταναν σε βάθος 18 μηνών. Από την συγκεκριμένη έρευνα μπορούμε να εξάγουμε το συμπέρασμα πως τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη ναυλαγορά ξηρού φορτίου χύδην, αν τα δεδομένα που τους δίνονται είναι επαρκή.
- Ο Γεώργιος Κονταξάκης, στην διπλωματική του εργασία, χρησιμοποίησε Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα με σκοπό την πρόβλεψη του Baltic Dry Index (BDI) σε βάθος 4,8 και 12 μηνών. Χρησιμοποίησε αρκετές μακροοικονομικές αλλά και ναυτιλιακές μεταβλητές. Στην κατασκευή των δικτύων ακολούθησε διάφορες τεχνικές, κάποιες εκ των οποίων έδωσαν αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα. Επίσης πειραματίστηκε με τα δεδομένα εισαγωγής καθώς και με τα δεδομένα εκπαίδευσης και διασταύρωσης, καταλήγοντας στο συμπέρασμα πως την καλύτερη συμπεριφορά παρουσίασαν τα δίκτυα που διέθεταν δεδομένα διασταύρωσης.

## Αναμενόμενα Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα τα οποία αναμένονται στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία είναι καλές προσεγγίσεις της συμπεριφοράς της ναυλαγοράς κατά την διάρκεια της κρίσης από τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα. Αισιοδοξούμε για ένα θετικό αποτέλεσμα λόγω της δυνατότητας των δικτύων να προσαρμόζονται καλά σε ιδιομορφίες των χρονοσειρών και στα ασυνήθιστα πρότυπα (patterns) που παρουσιάζονται σε αυτές αλλά και στην ικανότητα τους να αντιλαμβάνονται τις περίπλοκες συνδέσεις μεταξύ των χρονοσειρών, οι οποίες μπορεί να μην γίνουν άμεσα αντιληπτές από τον ερευνητή.

Ένα άλλο στοιχείο που υποστηρίζει την πεποίθηση πως θα υπάρξει ικανοποιητική προσέγγιση είναι η προγενέστερη έρευνα στο συγκεκριμένο πεδίο. Όπως είδαμε και στο αντίστοιχο κεφάλαιο, οι προηγούμενες παρόμοιες προσπάθειες κατέληξαν σε καλά αποτελέσματα. Επιπροσθέτως η χρήση μιας αρκετά μεγάλης βάσης δεδομένων, σημαντικά μεγαλύτερης των προηγούμενων ερευνών, με μια ποικιλία ναυτιλιακών και μακροοικονομικών χρονοσειρών μας κάνει να αισιοδοξούμε για ακριβέστερη προσέγγιση.

Ιδανική εξέλιξη θα αποτελούσε τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα να κατάφεραν να προβλέψουν την κατακόρυφη πτώση των ναύλων που συντελέστηκε στο δεύτερο μισό του 2008, αποδεικνύοντας έτσι πως αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο για οικονομικούς αναλυτές, ερευνητές, πλοιοκτήτες και πάσης φύσεως εμπλεκόμενους με την ναυτιλία.

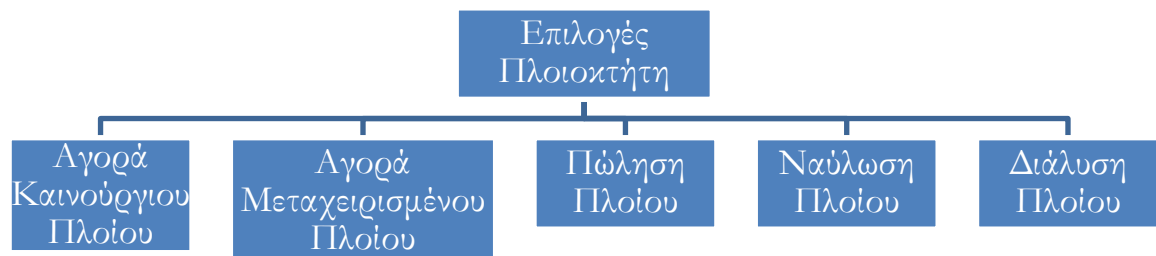
Στον αντίποδα, η ερευνητική προσέγγιση θα πρέπει να χαρακτηριστεί ανεπιτυχής αν τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα αποτύχουν να μοντελοποιήσουν ικανοποιητικά την ναυλαγορά. Μια τέτοια εξέλιξη θα είχαμε, αν για παράδειγμα, τα δίκτυα προέβλεπαν μια συνεχή άνοδο της τιμής των ναύλων ή μια σταθεροποίηση της στα υψηλά επίπεδα στα οποία κυμάνθηκε το πρώτο μισό του 2008. Γενικότερα αποτυχημένη θα χαρακτηρίζαμε μια προσπάθεια στην οποία τα αποτελέσματα της πρόβλεψης απέχουν σημαντικά από την πραγματικότητα.

## 1. Η Ναυλαγορά

Η ναυλαγορά (freight market) είναι μια από τις τέσσερις αγορές που απαρτίζουν την ναυτιλία.

Οι τέσσερις αυτές αγορές, οι οποίες είναι άρρηκτα δεμένες, είναι:

- Η αγορά καινούργιων πλοίων (new building market).
- Η αγορά πλοίων από δεύτερο χέρι (sale and purchase market)
- Η αγορά πλοίων για scrap (demolition market)
- Η ναυλαγορά (freight market) η οποία εμπορεύεται τις θαλάσσιες μεταφορές.



**Σχήμα 1 : Σχηματική αναπαράσταση επιλογών πλοιοκτήτη.**

Ένας ικανοποιητικός ορισμός για την ναυλαγορά είναι πως αποτελεί το σύστημα με το οποίο καθορίζονται οι ναύλοι. Πιο συγκεκριμένα η ναυλαγορά είναι:

- Ο γεωγραφικός χώρος μέσα στον οποίο καθορίζονται οι ναύλοι και πραγματοποιούνται οι μεταφορές.
- Το σύνολο των φυσικών καθώς και των νομικών προσώπων που δρουν με διαφορετικό τρόπο ο καθένας, εξυπηρετώντας τα συμφέροντα τους, για τον καθορισμό των ναύλων.
- Το σύστημα από αλληλοεξαρτώμενα πρόσωπα, παράγοντες και καταστάσεις που καθορίζουν τα ναύλα και τις θαλάσσιες μεταφορές μέσω οικονομικών μηχανισμών και διαδικασιών.

Η ναυλαγορά χωρίζεται σε διακριτές κατηγορίες ανάλογα με τα εξής κριτήρια:

- Τον τύπο των πλοίων που μεταφέρουν το φορτίο.
- Το τύπο του φορτίου.
- Την μορφή του φορτίου.
- Τον γεωγραφικό καταμερισμό.
- Την χρονική διάρκεια της ναύλωσης.

## 1.1 Βασικές έννοιες

### 1.1.1 Ναύλος (Freight)

Ως ναύλος ορίζεται το χρηματικό ποσό που παίρνει ο ιδιοκτήτης ή ο ναυλωτής του πλοίου, για να μεταφέρει το φορτίο ή τον επιβάτη.

Οι ναυλώσεις χωρίζονται στις εξής τέσσερις βασικές κατηγορίες:

- Ναύλος μονού ταξιδιού (Single Voyage Rate, Voyage Charter): Αποτελεί μια βραχυπρόθεσμη μορφή ναύλωσης κατά την οποία όλα τα κόστη του πλοίου (λειτουργικά κόστη, τέλη λιμένων, τέλη διωρύγων κλπ) βαραίνουν τον πλοιοκτήτη. Ο πλοιοκτήτης μεταφέρει για λογαριασμό του ναυλωτή το φορτίο από ένα συγκεκριμένο λιμάνι σε ένα άλλο με αντίτιμο ανάλογο τις ποσότητες του εμπορεύματος. Οι υποχρεώσεις τις κάθε πλευράς καθορίζονται με λεπτομερή συμβόλαια και ο ναύλος μετράται συνήθως σε U.S. \$ ανά τόνο φορτίου.
- Χρονοναύλωση (Time Charter): Σε αυτό τον τύπο ο ναύλωσης το πλοίο παραχωρείται με το πλήρωμα του, από τον πλοιοκτήτη στον ναυλωτή, για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα το οποίο μπορεί να είναι από μερικές μέρες μέχρι αρκετά χρόνια. Σε αντίθεση με τον ναύλο μονού ταξιδιού, στην χρονοναύλωση τα έξοδα ταξιδιού (τέλη λιμένων, τέλη διωρύγων, έξοδα φορτοεκφόρτωσης κλπ) δεν βαραίνουν τον πλοιοκτήτη. Η συνηθέστερη μονάδα μέτρησης του ναύλου στο συγκεκριμένο τρόπο ναύλωσης είναι το U.S. \$ ανά ημέρα. Ενώ η χρονοναύλωση είναι μια απλή σύλληψη τα συμβόλαια που την διέπουν μπορεί να είναι αρκετά περίπλοκα. Πιο συγκεκριμένα ο πλοιοκτήτης πρέπει να δηλώσει την ακριβή ταχύτητα, χωρητικότητα και κατανάλωση καύσιμου του πλοίου ενώ αν κάποιο από τα παραπάνω αποδειχτεί διαφορετικό στην πραγματικότητα, οι όροι του συμβολαίου αλλάζουν αναλόγως.
- Ναύλος γυμνού πλοίου (Bareboat or Demise Charter): Σε αυτό τον τύπο ναύλωσης ο πλοιοκτήτης παρέχει στον ναυλωτή το πλοίο «γυμνό» δηλαδή χωρίς το πλήρωμα. Πιο συγκεκριμένα όλα τα λειτουργικά κόστη και τα έξοδα ταξιδιού πληρώνονται από τον ναυλωτή. Επίσης αφορά συνήθως ναυλώσεις μεγάλης χρονικής διάρκειας. Ένα άλλο χαρακτηριστικό του συγκεκριμένου ναύλου είναι ότι χρησιμοποιείται ευρέως από επενδυτές και ιδρύματα που δεν ανήκουν στον χώρο της ναυτιλίας, αλλά έχουν αγοράσει ένα πλοίο για λόγους επένδυσης και θέλουν να το ναυλώσουν σε κάποιον για μεγάλο χρονικό διάστημα.
- Ναύλος εργολαβικής μεταφοράς (Contract of Affreightment): Ο συγκεκριμένος τύπος ναύλου έχει αρκετά κοινά σημεία με το ναύλο μονού ταξιδιού όσον αφορά τις υποχρεώσεις του πλοιοκτήτη. Αποτελεί γενικά πιο περίπλοκο τρόπο ναύλωσης και αυτό έγκειται στο ότι

αφορά ένα συγκεκριμένο αριθμό ταξιδιών, καθορισμένων χρονικά και σε τακτά διαστήματα, για μεταφορά ενός συγκεκριμένου τύπου φορτίου ανάμεσα σε δυο λιμάνια. Ένα ενδιαφέρον στοιχείο είναι ότι στον ναύλο εργολαβικής μεταφοράς το όνομα του πλοίου δεν είναι καθορισμένο, δίνοντας έτσι στον πλοιοκτήτη μια σχετική ευελιξία. Ναυλώσεις εργολαβικής μεταφοράς συναντώνται συνήθως σε χύδην φορτία, και η εταιρίες που συνεργάζονται έχουν μια πιο στενή και μακροχρόνια σχέση. Εταιρίες που επιδιώκουν τέτοιες ναυλώσεις είναι τα μεγάλα χαλυβουργεία της Ευρώπης και της Ασίας που εισάγουν την πρώτη υλη.

### **1.1.2 Προσφορά (Supply)**

Η προσφορά ορίζεται γενικά ως η διαθέσιμη ή προσφερόμενη ποσότητα ενός οικονομικού αγαθού για μια δεδομένη χρονική στιγμή ή για μια συγκεκριμένη περίοδο. Στις θαλάσσιες μεταφορές ως προσφορά χαρακτηρίζουμε την δυναμικότητα του στόλου για μεταφορά φορτίου.

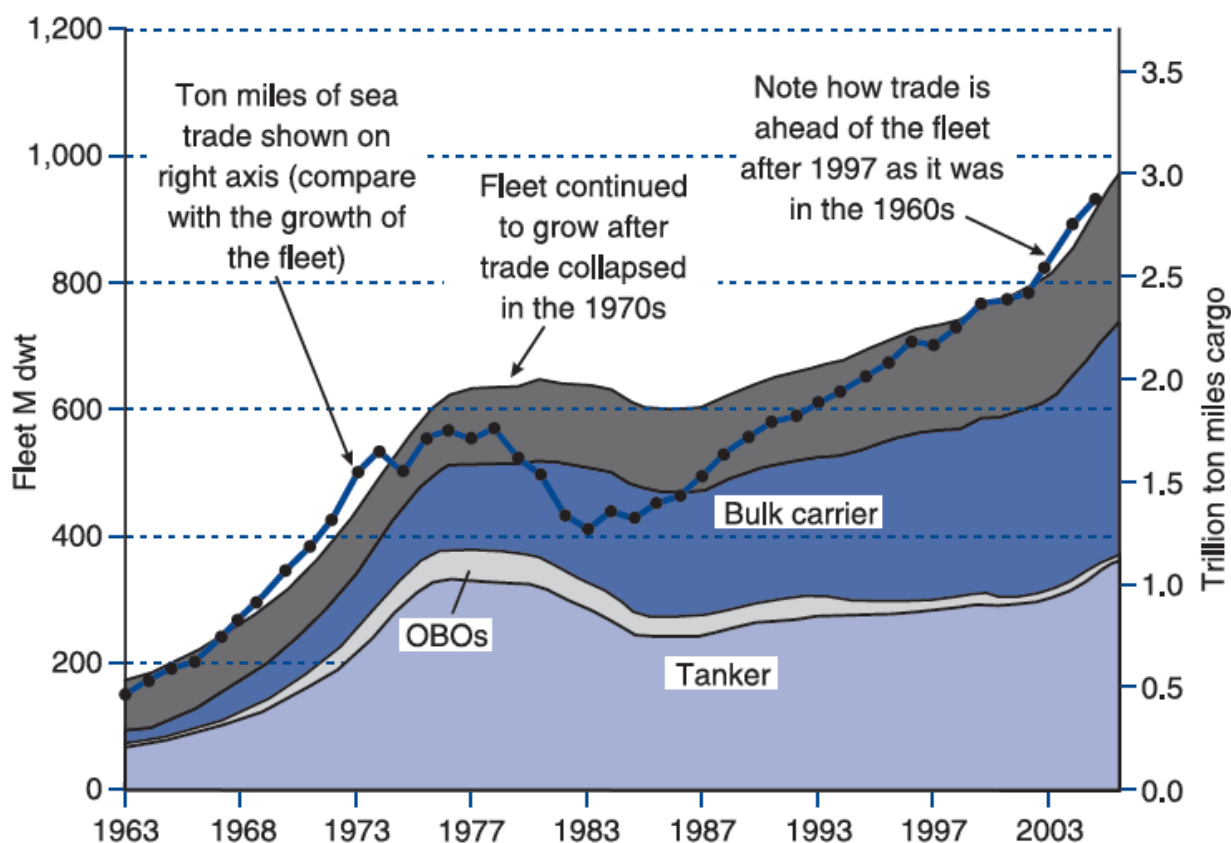
Βασικές μεταβλητές για την προσφορά στις θαλάσσιες μεταφορές είναι οι εξής:

- Η χωρητικότητα του παγκοσμίου στόλου εμπορικών πλοίων.
- Η παραγωγικότητα του παγκοσμίου στόλου εμπορικών πλοίων.
- Οι παραδόσεις νεότευκτων πλοίων.
- Οι διαλύσεις και οι απώλειες πλοίων.
- Οι προσδοκίες για την εξέλιξη των ναύλων.
- Οι λήπτες αποφάσεων (π.χ. πλοιοκτήτες, πράκτορες, τράπεζες που χρηματοδοτούν νέες κατασκευές, διεθνείς οργανισμοί).

Η προσφορά μεταβάλλεται και προσαρμόζεται δύσκολα στις μεταβολές της ζήτησης. Πιο συγκεκριμένα, ο χρόνος παράδοσης ενός καινούργιου εμπορικού πλοίου είναι περίπου 1 έτος, αλλά αν τα ναυπηγεία έχουν υψηλό φόρτο εργασίας αυτός ο χρόνος μπορεί να φτάσει και τα 2-3 έτη.

Σε αυτή τη χρονική «ακαθυστέρηση» οφείλεται η αδυναμία της προσφοράς να ανταποκριθεί σε απότομες αυξήσεις της ζήτησης. Παρόμοιο είναι το φαινόμενο και κατά την πτώση της ζήτησης, αφού ένα πλοίο έχει διάρκεια ζωής 15-30 χρόνια και έτσι η ανταπόκριση είναι μια χρονοβόρα διαδικασία. Η μείωση των τιμών των ναύλων και η κατασκευή νέων πλοίων είναι τρόποι προσαρμογής της προσφοράς.



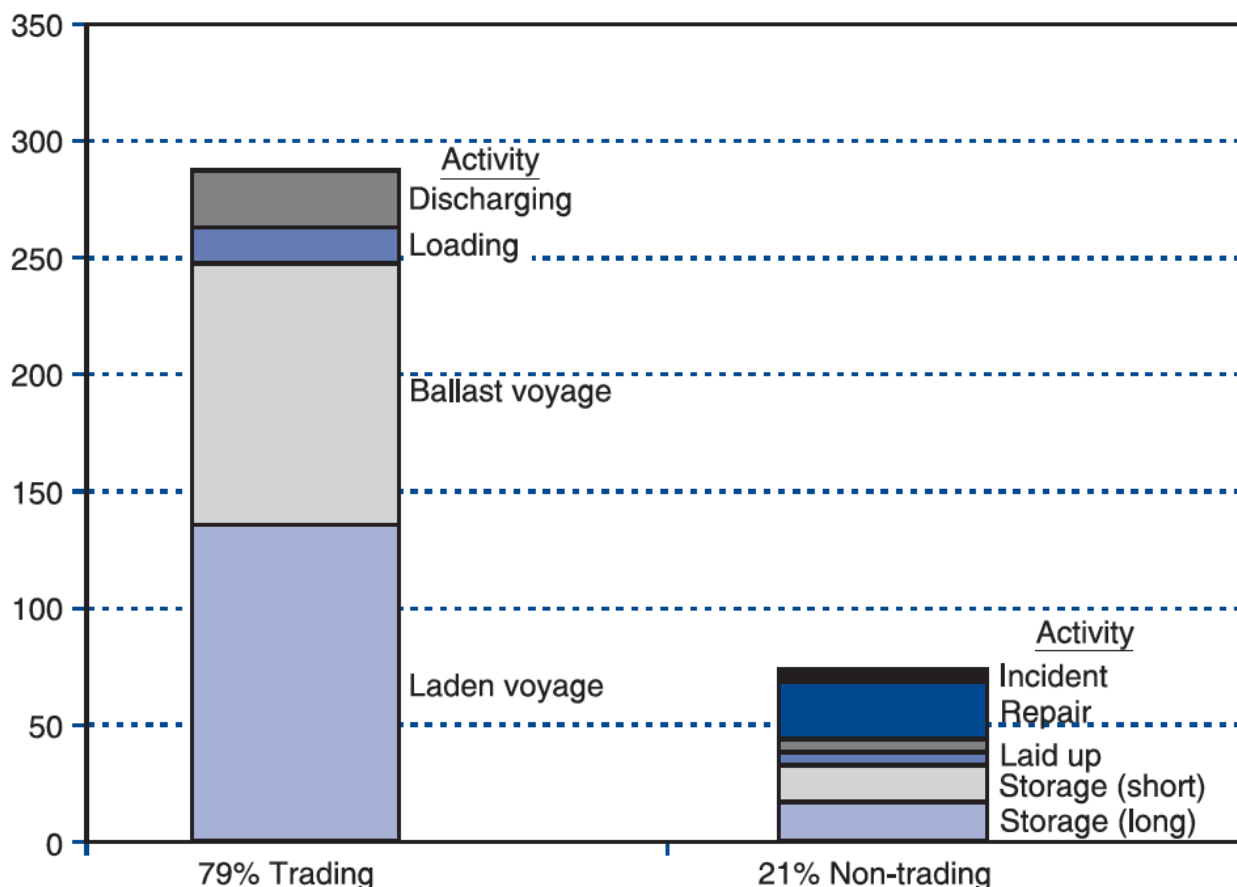


Σχήμα 2: Εξέλιξη του παγκοσμίου στόλου 1963-2006.

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

Ως μονάδα μέτρησης της προσφοράς χρησιμοποιείται συνήθως το άθροισμα του νεκρού βάρους (deadweight) των πλοίων. Άλλες μονάδες μέτρησης είναι η συνολική καθαρή χωρητικότητα (gross net tonnage) ή ο όγκος φορτίου.

Τέλος θα πρέπει να λάβουμε υπ' όψιν μας πως ένα πλοίο δεν είναι εμπορικά εκμεταλλεύσιμο καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του, κάτι το οποίο φαίνεται χαρακτηριστικά στο παρακάτω διάγραμμα.



Σχήμα 3: Αξιοποίηση χρόνου ενός VLCC.

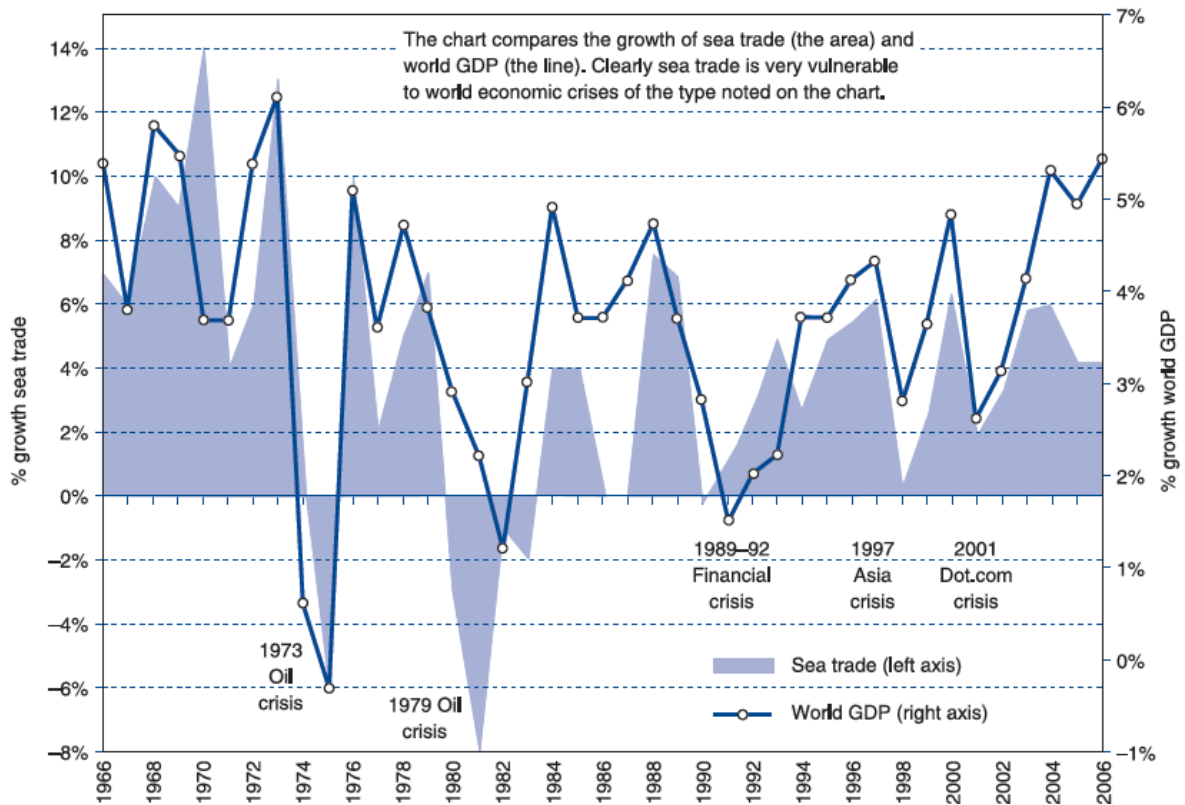
Πηγή: Clarkson Research Studies, VLCC Quality Survey (1991).

### 1.1.3 Ζήτηση (Demand)

Η ζήτηση ορίζεται γενικά ως η θέληση για την απόκτηση κάποιου αγαθού, η δυνατότητα αγοράς του καθώς και η θέληση πληρωμής του αντίτιμου. Ως μέγεθος, η ζήτηση, χαρακτηρίζεται ευμετάβλητη και μπορεί να έχει ετήσια μεταβολή της τάξεως του 10-20%.

Βασικές μεταβλητές για την ζήτηση στις θαλάσσιες μεταφορές είναι οι εξής:

- Η παγκοσμία οικονομία, της οποίας η κατάσταση επηρεάζει σε μέγιστο βαθμό την ζήτηση όπως φαίνεται και στο διάγραμμα παρακάτω.
- Το εμπόριο προϊόντων μέσω θαλάσσης (seaborne commodity trade).
- Μέση απόσταση που διανύει το προς μεταφορά φορτίο επί τους τόνους που ζυγίζει (average haul and ton miles) .
- Οι επιδράσεις διαφόρων γεγονότων στην παγκόσμια ζήτηση (π.χ. η πετρελαϊκή κρίση του 1973, ο πόλεμος του κόλπου το 1990).
- Το κόστος μεταφοράς (transport cost).



Σχήμα 4: Οικονομικοί κύκλοι του παγκοσμίου Α.Ε.Π. και θαλάσσιο εμπόριο. Πηγή: Stopford M. (2009), Maritime Economics 3rd edition, Routledge, London

### 1.1.4 Πλεόνασμα (Surplus)

Το πλεόνασμα είναι το άθροισμα του νεκρού βάρους των πλοίων τα οποία δεν μπορούν να αξιοποιηθούν πλήρως από την αγορά. Το πλεόνασμα είναι προφανώς ανάλογο της διαφοράς της ζήτησης με την προσφορά.

Στο πλεόνασμα προσμετρούνται πλοία που ανήκουν στις εξής τρεις κατηγορίες:

- Slow steaming: Είναι πλοία τα οποία προκειμένου να μειώσουν τα λειτουργικά τους έξοδα, κινούνται με ταχύτητες μικρότερες των προδιαγραφόμενων. Επιτυγχάνουν έτσι μείωση στην κατανάλωση καύσιμου, αλλά και αύξηση του χρόνου μεταφοράς.
- Εκτός δράσης (Laid up): Αυτά τα πλοία αδυνατούν να εισέρθουν στην αγορά γιατί ο ναύλος δεν καλύπτει τα λειτουργικά τους έξοδα.
- Αδρανή (Idle): Πλοία τα οποία δεν είναι διαθέσιμα στη αγορά για διαφορετικά από τα παραπάνω αίτια. Οι αιτίες μπορεί να είναι το ότι επισκευάζονται, επειδή χρησιμοποιούνται ως αποθηκευτικοί χώροι (π.χ. ως δεξαμενές πετρελαίου), λόγω κάποιου ατυχήματος κ.λπ.

Η καταμέτρηση του πλεονάσματος της αγοράς δεν είναι απλή υπόθεση, ειδικότερα της κατηγορίας slow steaming, αφού το κριτήριο μπορεί να είναι υποκειμενικά η άγνωστα.

### 1.1.5 Κόστος καινούριου πλοίου (Newbuilding price)

Το κόστος καινούριου πλοίου αναφέρεται στην τιμή στην οποία γίνεται η παραγγελία για την κατασκευή ενός νέου πλοίου σε ένα ναυπηγείο. Η τιμή αυτή μπορεί να μεταβληθεί αν ο πλοιοκτήτης προσθέσει και άλλες παραγγελίες ή αν το ναυπηγείο δεν τηρήσει τους όρους του συμβολαίου ναυπήγησης (π.χ. καθυστέρηση στην παράδοση, αποτυχία στις δοκιμές ταχύτητας κ.λπ.).

## 1.2 Η Ναυλαγορές Charter και Liner

Οι θαλάσσιες μεταφορές χωρίζονται, από οικονομική σκοπιά, στις ναυλαγορές Charter και Liner για τις οποίες θα αναφέρουμε παρακάτω κάποια βασικά χαρακτηριστικά.

### 1.2.1 Η Ναυλαγορά Charter

Στην ναυλαγορά Charter, μέρος της οποίας είναι και η αγορά των Cement Carriers, ναυλώνεται ολόκληρο το πλοίο με το πλήρωμα του ή χωρίς. Η ναύλωση μπορεί να διαρκεί για ένα ταξίδι ή για μια χρονική περίοδο η οποία μπορεί να διαρκεί από λίγες μέρες έως και δεκαετίες. Οι εμπλεκόμενοι καθορίζουν τους όρους της συναλλαγής μέσω των συμβολαίων ναύλωσης.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της ναυλαγοράς αυτής είναι τα εξής:

- **Ο τέλειος ανταγωνισμός.** Σε μια αγορά έχουμε τέλειο ανταγωνισμό όταν η τιμή του προϊόντος δεν μπορεί να καθοριστεί από έναν μεμονωμένο πωλητή ή από ένα μεμονωμένο αγοραστή. Δηλαδή δεν μπορεί ένας πλοιοκτήτης ή ένας ναυλωτής να ασκήσει μονοπωλιακή ή μονοψωνιακή πολιτική αντίστοιχα και έτσι η τιμή του ναύλου προσδιορίζεται από την αλληλεπίδραση προσφοράς και ζήτησης της υπάρχουσας μεταφορικής ικανότητας.
- **Τα ελεύθερα δρομολόγια.** Δεν υπάρχει προγραμματισμός των δρομολογίων ανά τακτά χρονικά διαστήματα ή ανά διαδρομές. Δηλαδή δεν υπάρχει ουσιαστικός γεωγραφικός ή χρονικός περιορισμός.
- **Ναύλωση ολόκληρου πλοίου.** Ο ναυλωτής ναυλώνει το πλοίο για μια χρονική περίοδο κατά την οποία μπορεί να το χρησιμοποιήσει όπως εκείνος θεώρει σκόπιμο χωρίς περιορισμούς. Μπορεί να ακόμα και να το ναυλώσει σε κάποιον τρίτο.
- **Ομοιογένεια φορτίου.** Το φορτίο είναι ομοιογενές, συνήθως χαμηλής ειδικής αξίας (\$/t). Κάποια συνήθη προϊόντα είναι πετρέλαιο, σιτηρά, τσιμέντο, μεταλλεύματα κλπ.
- **Εξειδικευμένα πλοία.** Σε μεγάλο βαθμό τα πλοία που διατίθενται στη ναυλαγορά αυτή είναι εξειδικευμένα όπως για παράδειγμα τα tankers και τα cement carriers.
- **Σχετικά χαμηλή ταχύτητα.** Για λόγους οικονομίας αλλά και λόγω της χαμηλής αξίας του φορτίου η ταχύτητα των πλοίων σπάνια υπερβαίνει τους 15kn.

### 1.2.2 Η Ναυλαγορά Liner

Στη ναυλαγορά liner παρέχεται η υπηρεσία μεταφοράς προϊόντων σε συγκεκριμένα δρομολόγια και με συγκεκριμένο πρόγραμμα. Στη ναυλαγορά liner ανήκουν τα containerships, τα πλοία μεταφοράς γενικού φορτίου, επιβατηγά καθώς και εξειδικευμένα Ro-Ro.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της ναυλαγοράς αυτής είναι τα εξής:

- Οι ταχύτητες με τις οποίες κινούνται είναι αρκετά υψηλές και κυμαίνονται στους 20 κόμβους.
- Τα φόρτια είναι συνήθως υψηλής ειδικής αξίας και συνήθως παρουσιάζουν ανομοιογένεια μεταξύ τους.
- Οι συγκεκριμένη ναυλαγορά είναι οργανωμένη σε κοινοπραξίες οι οποίες ελέγχουν την τιμή των ναύλων και κάνουν την είσοδο στην αγορά πολύ δύσκολη, χρησιμοποιώντας ενίοτε και αθέμιτα μέσα για να διατηρήσουν την ισορροπία αυτού το ολιγοπωλίου.
- Στην συγκεκριμένη αγορά η ασφάλεια του φορτίου και ο ακριβής χρόνος παράδοσης είναι υψίστης σημασίας.
- Τα συμβόλαια μεταξύ των ενδιαφερόμενων αποτελούν συμφωνία για μεταφορά συγκεκριμένου εμπορεύματος σε καθορισμένο χρόνο από το ένα λιμάνι στο άλλο.

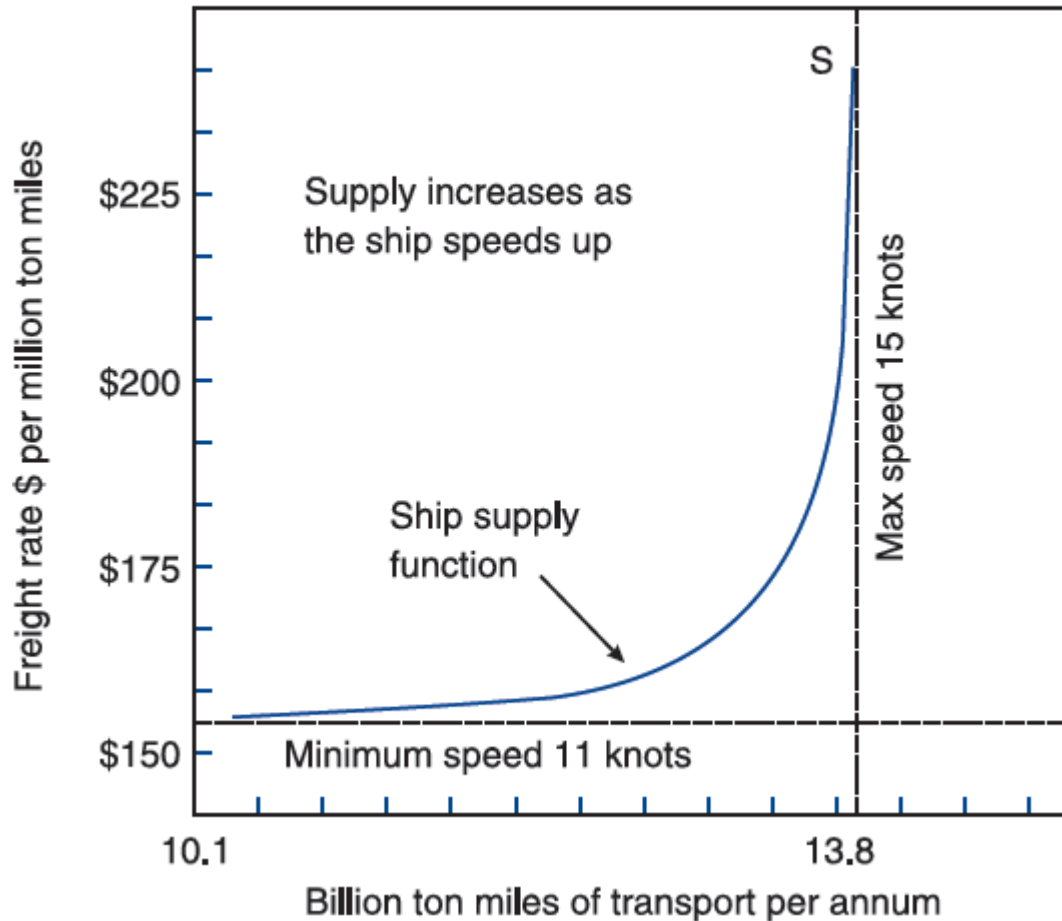
Παραθέτουμε ενδεικτικά τον παρακάτω πίνακα:

ORIGIN	DESTINATION	TEUS (Millions)	% Share
Greater China	United States	7.1	7.8%
Greater China	European Union	5.8	6.5%
Other Asia	Other Asia	5.2	4.0%
Greater China	Other Asia	4.6	4.0%
Other Asia	European Union	3.6	3.8%
United States	Greater China	3.2	3.2%
European Union	Middle East & Africa	3.2	2.9%
European Union	Other Asia	3.0	2.8%
European Union	Greater China	2.9	2.7%
Greater China	Middle East & Africa	2.7	2.6%
Other Asia	Greater China	2.7	2.4%
Greater China	Greater China	2.6	2.4%
Other Asia	United States	2.3	2.2%
Latinamerica & Caribbean	United States	2.2	2.2%
Greater China	Japan	2.1	2.2%
Other Asia	Middle East & Africa	1.9	2.1%
Greater China	Other Europe	1.8	2.0%
European Union	United States	1.8	2.0%
Middle East & Africa	European Union	1.7	1.9%
United States	Other Asia	1.7	1.9%
Rest of World	Rest of World	41.8	38.4%
	<b>TOTAL</b>	<b>103.8</b>	<b>100.0%</b>

**Πίνακας 1: Οι 20 διαδρομές με την μεγαλύτερη μετακίνηση εμπορευματοκιβωτίων για το 2009,  
Πηγή: IHS Global Insight, World Trade Service**

### 1.3 Ο Μηχανισμός Διαμόρφωσης της Ναυλαγοράς

Η καμπύλη της προσφοράς στην ναυτιλιακή αγορά έχει σχήμα μπάστουνιού. Στον ένα άξονα βρίσκεται η μεταφορική ικανότητα και στον άλλο η τιμή του στιγμιαίου ναύλου.



Σχήμα 5: Καμπύλη προσφοράς.

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

Για να καταλάβουμε καλύτερα το σχήμα της καμπύλης προσφοράς αποτεινόμαστε στην οικονομική θεωρία. Σε μια αγορά όπου επικρατούν συνθήκες τέλει ανταγωνισμού (όπως αναφέραμε και προηγουμένως, η ναυλαγορά charter προσεγγίζει τον τέλει ανταγωνισμό) ο πλοιοκτήτης θα μεγιστοποιήσει το κέρδος του με το να κινεί το πλοίο του με ταχύτητα τέτοια ώστε το οριακό κόστος (δηλαδή το κόστος για την μεταφορά ενός παραπάνω τόνου για ένα ναυτικό μίλι) να ισούται με την τιμή του ναύλου.

Η σχέση που συνδέει την ταχύτητα με την τιμή του ναύλου, ορίζεται ως :



$$s = \sqrt{\frac{R}{3\rho kd}}$$

Όπου,

R: ο ναύλος.

$\rho$ : η τιμή του καυσίμου.

k: η σταθερά καυσίμου του πλοίου.

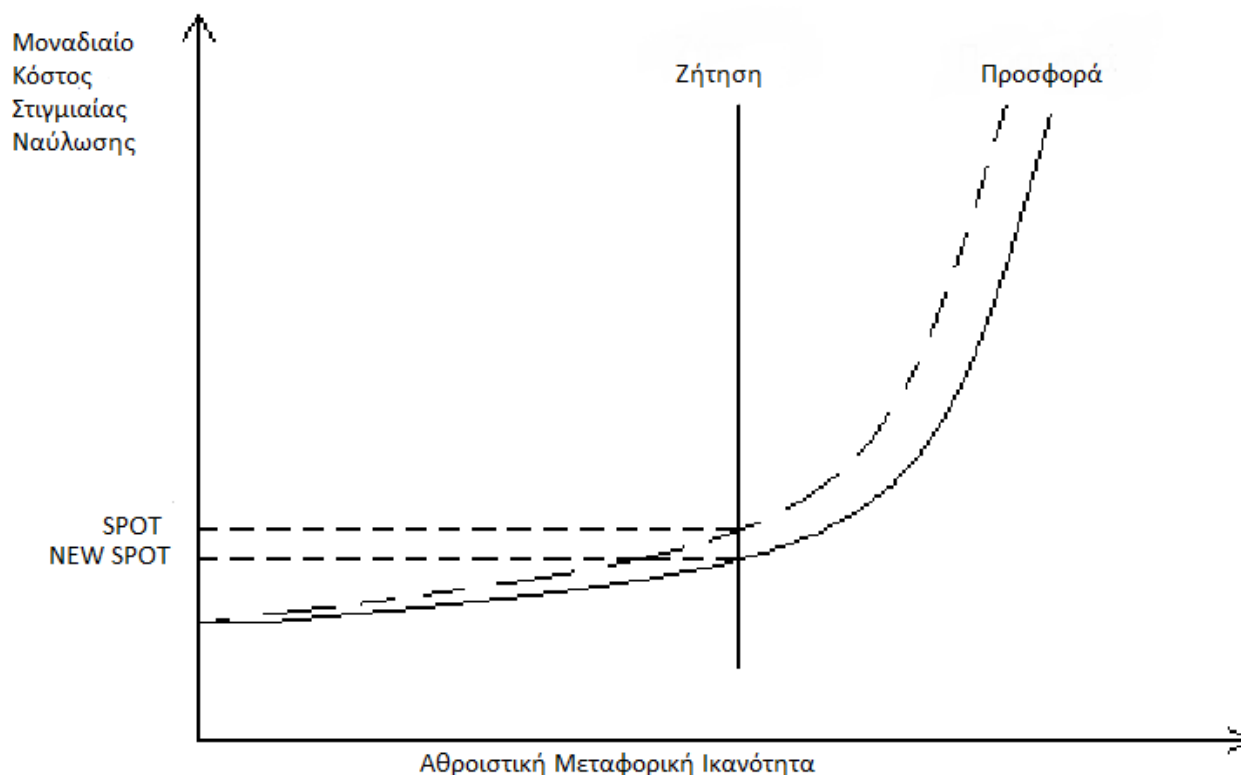
d: απόσταση ταξιδιού

Η παραπάνω συνάρτηση καθορίζει την καμπύλη της προσφοράς, και δείχνει την σύνδεση της ιδανικής ταχύτητας του πλοίου με την τιμή του καυσίμου, την ενεργειακή απόδοση του πλοίου και το μήκος του ταξιδιού, καθώς και με την τιμή του ναύλου, όπως είχαμε προαναφέρει.

Στην πραγματικότητα, η συνάρτηση της προσφοράς είναι αρκετά πιο περίπλοκη από μια απλή σχέση μεταξύ της τιμής του ναύλου και της ταχύτητας, την οποία περιγράψαμε παραπάνω, αφού η μείωση της ταχύτητας δεν είναι μόνος τρόπος να ανταποκριθεί η προσφορά σε μειωμένη ζήτηση. Για παράδειγμα ο πλοιοκτήτης μπορεί να «ειμεταλλευτεί» μια περίοδο χαμηλών ναύλων με τον δεξαμενισμό του πλοίου του, με την εκτέλεση επισκευών ή μπορεί ακόμα και να το ναυλώσει για ένα χρονικό διάστημα ως αποθηκευτικό χώρο. Αντιστοίχως όταν οι ναύλοι κυμαίνονται σε υψηλά επίπεδα, ο πλοιοκτήτης μπορεί να προτιμήσει την γρηγορότερη αλλά και ακριβότερη διάβαση μέσω ενός καναλιού από την δωρεάν χρονοβόρα διάβαση.

Παρομοίως, η τιμή των ναύλων δεν είναι η μόνη μεταβλητή η οποία καθορίζει την οικονομική κατάσταση της πλοιοκτητικής εταιρίας. Για παράδειγμα, σε μια περίοδο που η προσφορά αφθονεί, το πλοίο ίσως χρειαστεί να περιμένει αρκετό διάστημα μέχρι να ναυλωθεί ή ακόμα και να ναυλωθεί για την μεταφορά λιγότερου φορτίου. Μια τέτοια εξέλιξη θα είχε ένα αποτέλεσμα παρόμοιο με αυτό των μειωμένων ναύλων.

Παραθέτουμε σε αυτό το σημείο ένα διάγραμμα που παρουσιάζει την μεταβολή της καμπύλης προσφοράς μετά από την είσοδο νεότευκτων πλοίων στην αγορά.



Σχήμα 6: Μεταβολή καμπύλης προσφοράς.

Πηγή: Ψαράκης Χαρίλαος, Σημειώσεις μαθήματος Οικονομική Θαλασσίων Μεταφορών Ι.

Τα νεότευκτα πλοία ουσιαστικά ανήκουν στο αριστερό μέρος της καμπύλης προσφοράς μετατοπίζοντας την έτσι προς τα δεξιά. Ταυτόχρονα έχουμε όπως φαίνεται και από το σχήμα μια πτώση του Μοναδιαίου Κόστους Στιγμιαίας Ναύλωσης (Μ.Κ.Σ.Ν.).

Γενικά, ύστερα από μια μεταβολή στην ζήτηση, η αγορά θα αντιδράσει προσπαθώντας να εξισορροπήσει εκ νέου το ισοζύγιο μεταξύ προσφοράς και ζήτησης. Ο τρόπος αντίδρασης της αγοράς κατατάσσεται με κριτήριο την διάρκεια στις εξής δυο κατηγορίες:

**Μακροπρόθεσμη αντίδραση:** Σε περίπτωση που έχουμε πτώση της ζήτησης, η μακροπρόθεσμη τάση θέλει τους πλοιοκτήτες να μη κάνουν νέες παραγγελίες για νεότευκτα πλοία ή να ακυρώνουν αυτές τις οποίες έχουν κάνει.

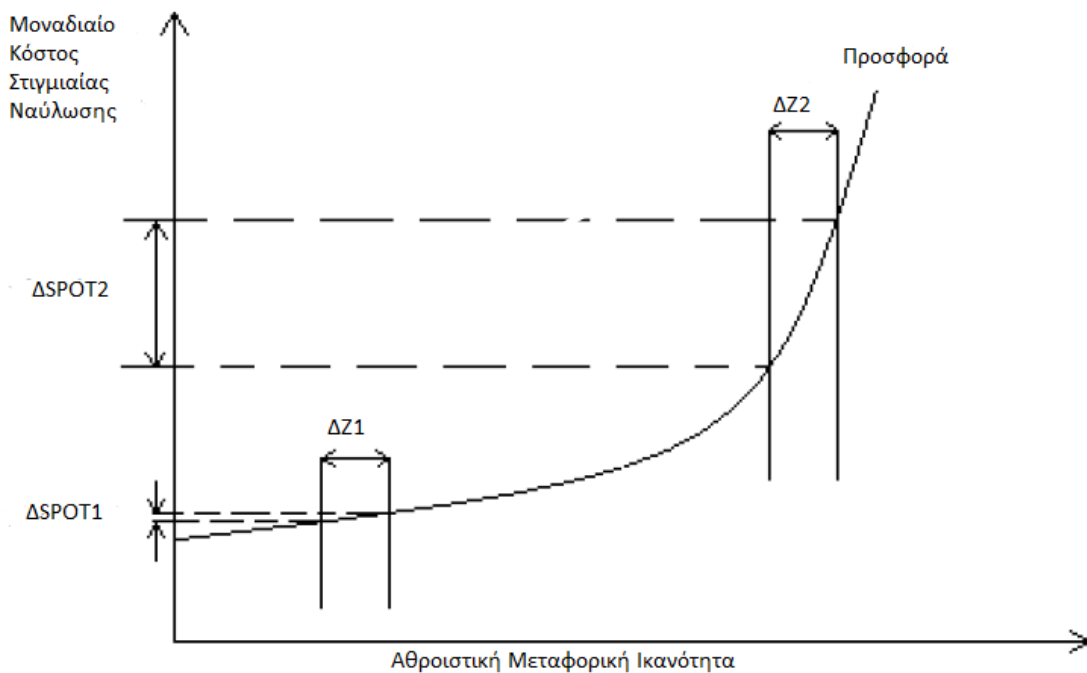
**Βραχυπρόθεσμη αντίδραση:** Η αντίδραση της αγοράς, όταν η ζήτηση είναι μειωμένη, είναι, εκτός από τις χαμηλές τιμές των ναύλων, να γίνεται και παροπλισμός πλοίων. Έχουμε έτσι μια μείωση της διαθέσιμης μεταφορικής ικανότητας με σκοπό την εξισορρόπηση της αγοράς στην πτώση της ζήτησης.

Ο τρόπος αντίδρασης της αγοράς κατατάσσεται, με κριτήριο την αντιστρεψιμότητα, στις εξής δυο κατηγορίες:

**Αντιστρέψιμη αντίδραση:** Μια αντιστρέψιμη αντίδραση είναι αυτή της οποίας το αποτέλεσμα μπορεί να απαλειφθεί. Ένα παράδειγμα είναι η αλλαγή, από τον πλοιοκτήτη, της αγοράς στην οποία δραστηριοποιείται το πλοίο, είτε αυτή η αλλαγή είναι γεωγραφική είτε αλλαγή στο είδος της αγοράς.

**Μη αντιστρέψιμη αντίδραση:** Μια αντιστρέψιμη αντίδραση στην μειωμένη ζήτηση είναι ο παροπλισμός του πλοίου, όταν τα έξοδα είναι περισσότερα από τα έσοδα.

Η επίδραση της μεταβολής της ζήτησης στην τιμή των ναύλων, εξαρτάται και από το επίπεδο στο οποίο κυμαίνονται τα ναύλα την συγκεκριμένη περίοδο, κάτι που θα εξηγήσουμε μέσω διαγράμματος παρακάτω.



Σχήμα 7: Μεταβολή ζήτησης.

**Πηγή: Ψαράυτης Χαρίλαος, Σημειώσεις μαθήματος Οικονομική Θαλασσιών Μεταφορών Ι.**

Όπως βλέπουμε, όταν βρισκόμαστε στα αριστερά της καμπύλης προσφοράς, δηλαδή στην περιοχή όπου οι τιμές των ναύλων είναι χαμηλές, μια  $\Delta Z1$  αλλαγή στην ζήτηση έχει μικρή επίδραση στην τιμή των ναύλων ( $\Delta SPOT1$ ), αφού όπως βλέπουμε το ΜΚΣΝ αυξάνεται λίγο. Το ακριβώς αντίθετο συμβαίνει όταν μεταφερθούμε στην δεξιά πλευρά της καμπύλης που οι τιμές των ναύλων είναι υψηλές.

Εκεί, μια  $\Delta Z2 = \Delta Z1$  αλλαγή στην ζήτηση βλέπουμε πως προκαλεί μια πολύ μεγαλύτερη αλλαγή στην τιμή των ναύλων ( $\Delta SPOT2$ ).

## Εξωγενείς Παράγοντες Επιρροής της Ναυλαγοράς

Οι τιμές των ναύλων και η ναυτιλία γενικότερα αποτελούν μέρος του παγκοσμίου οικονομικού συστήματος και αλληλεπιδρούν με αυτό. Θα αναφέρουμε παρακάτω μερικούς εξωγενείς παράγοντες που επηρεάζουν την ναυλαγορά:

- **Φυσικά αίτια:** Μια έντονη σειρά από καιρικά φαινόμενα μπορεί να επηρεάσει την τιμή των ναύλων. Για παράδειγμα μια μακρά περίοδος ξηρασίας μπορεί να μειώσει την παραγωγή των σιτηρών σε τοπικό επίπεδο, κάνοντας έτσι επιτακτική ανάγκη την εισαγωγή τους. Ακραία καιρικά φαινόμενα μπορούν επίσης να διακόψουν προσωρινά κάποια δρομολόγια ή να καταστρέψουν τις λιμενικές υποδομές σε τοπικό επίπεδο.
- **Κοινωνικοπολιτικά και στρατιωτικά γεγονότα:** Οποιοσδήποτε παράγοντας μπορεί να επηρεάσει την τοπική παραγωγή και την κατανάλωση μπορεί να έχει κάποια επιρροή στην ναυλαγορά. Για παράδειγμα ένας πόλεμος, εκτός από τις καταστροφές που επιφέρει στις υποδομές, αποκλείει ολόκληρες χώρες από την συμμετοχή του στο θαλάσσιο εμπόριο διαταράσσοντας έτσι την ισορροπία του. Ένα χαρακτηριστικό και πρόσφατο παράδειγμα κοινωνικοπολιτικού γεγονότος με ευρεία επιρροή στην οικονομία, ήταν η λεγόμενη «Αραβική Άνοιξη» που συνέβη κατά την διάρκεια του 2011 και συνεχίζεται μέχρι σήμερα.
- **Η παγκόσμια οικονομία:** Οι τιμές των ναύλων επηρεάζονται σε ένα μεγάλο βαθμό από την πορεία της παγκόσμιας οικονομίας. Όταν υπάρχει έντονη ανάπτυξη παγκοσμίως τότε έχουμε ένα υγιές θαλάσσιο εμπόριο με μεγάλη ζήτηση για μεταφορά φορτίου παγκοσμίως. Όταν δε υπάρχει ύφεση και συρρίκνωση του παγκοσμίου πλούτου ή επιβράδυνση της παγκόσμιας οικονομίας, τότε οι τιμές των ναύλων κινούνται πτωτικά ως αποτέλεσμα της μείωσης της ζήτησης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της επιρροής της παγκόσμιας οικονομίας στην ναυλαγορά αποτελεί η οικονομική κρίση του 2008, την οποία θα περιγράψουμε παρακάτω, όταν οι τιμές των ναύλων κατέγραψαν πτώση που έφτανε σε κάποιες περιπτώσεις και το 90% σε διάστημα μόλις λίγων μηνών.
- **Τεχνολογικές εξελίξεις:** Η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών γύρω από το θαλάσσιο εμπόριο μπορεί να επηρεάσει την ναυλαγορά. Για παράδειγμα μπορεί ο ναυλωτής να προτιμήσει ένα πιο σύγχρονο πλοίο για την μεταφορά του φορτίου του. Επίσης, τεχνολογικές εξελίξεις που οδηγούν σε οικονομικότερη μεταφορά των προϊόντων, όπως μια αύξηση στον βαθμό απόδοσης της μηχανολογικής εγκατάστασης του πλοίου, μπορεί να οδηγήσουν σε πτώση των ναύλων. Ως παράδειγμα αναφέρουμε τη νέα σειρά πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων της Maersk, την σειρά Triple E, η οποία προσφέρει κόστος για την μεταφορά ενός εμπορευματοκιβωτίου μικρότερο κατά 30% σε σχέση με τα ήδη υπάρχοντα δεδομένα.

## 1.4 Ο Ναυτιλιακός Κύκλος

Ο ναυτιλιακός κύκλος αποτελεί τον μηχανισμό που αφαιρεί τις ανισορροπίες στην ζήτηση και την προσφορά μεταφορικής ικανότητας μέσω θαλάσσης. Αν υπάρχει πολύ μικρή προσφορά η αγορά «ανταμείβει» τους επενδυτές με υψηλές τιμές ναύλων μέχρι να παραδοθούν νεότεριστα πλοία και να αυξηθεί η προσφορά. Όταν υπάρχει μεγάλη προσφορά η αγορά θα πιέσει τους πλοιοκτήτες μέχρι να ριζούν τις απαιτήσεις τους και σταδιακά να αρχίσουν να διαλύουν τα μεγάλα σε ηλικία πλοία τους. Οι ναυτιλιακοί κύκλοι διαρκούν όσο χρόνο χρειάζεται ώστε να πετύχουν τον «σκοπό» τους. Υπάρχει η δυνατότητα να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με την διάρκεια τους όμως κάτι τέτοιο δεν θα είχε πραγματική αξία στην πρόβλεψη τους.

Μια πολύ ενδιαφέρουσα περιγραφή του ναυτιλιακού κύκλου, η οποία τονίζει την επίδραση του ανθρώπινου συναισθήματος, δίνεται από τον Hampton:

“Σε κάθε αγορά, συμπεριλαμβανομένης και της ναυλαγοράς, η συμμετέχοντες βρίσκονται σε μια αέναη συναισθηματική μάχη ανάμεσα στην απληστία και τον φόβο. Λόγω της ανθρώπινης φύσης μας, δεχόμενοι επιρροές σε διαφορετικές τάξεις μεγέθους από τους γύρω μας, τροφοδοτούμε την ψυχολογία του πλήθους μέχρι το έσχατο σημείο στο οποίο αυτή δεν μπορεί να συντηρηθεί. Όταν αυτό το ακραίο σημείο έχει επιτευχθεί, έχουν ήδη παρθεί πάρα πολλές αποφάσεις ακολουθώντας τυφλά το συναίσθημα και το πλήθος και όχι την αντικειμενική αλήθεια.”

Αν θέλουμε να κατανοήσουμε περεταίρω την μηχανική των ναυτιλιακών κύκλων, πρέπει να κατανοήσουμε πως η ύπαρξη τους είναι φυσιολογική. Συγκεκριμένα παίζουν ένα πολύ σημαντικό ρόλο στα οικονομικά της ναυτιλίας αφού διαχειρίζονται το ρίσκο μιας επένδυσης σε μια αγορά οπου επικρατεί καθεστώς αβεβαιότητας. Αρχίζει να αναρωτηθούμε «ποιός ρισκάρει» για να καταλάβουμε τις κινήσεις και την φύση της αγοράς. Το κάθε πλοίο είναι μια ξεχωριστή μεγάλη επένδυση κεφαλαίου, σε μια αγορά στην οποία ο όγκος της ζήτησης αλλάζει καθημερινά και σε κάποιον εναπόκειται η απόφαση για παραγγελία νέων πλοίων ή για τον παροπλισμό των παλαιών. Αν δεν υπάρχουν νέα πλοία όταν η ζήτηση μεγαλώνει τότε τα εμπορεύματα θα συνωστιζόνταν στα λιμάνια και οι λίγοι πλοιοκτήτες θα πολλαπλασίαζαν τα κέρδη τους. Αν αντιθέτως, έχουμε πολλά νεότεριστα πλοία αλλά όχι φορτίο για μεταφορά τότε η επένδυση σε αυτά έχει πάρει αρνητική τροπή. Στοιχειά όπως οι πιθανότητες, η ψυχολογία, η τύχη αλλά και η στρατηγική είναι μείζονος σημασίας στη ναυτιλία.

Ο ναυτιλιακός κύκλος χωρίζεται σε τέσσερα στάδια τα οποία θα περιγράψουμε παρακάτω:

**Πρώτο Στάδιο: Δυσπραγία.** Μπορούμε να ξεχωρίσουμε τρία χαρακτηριστικά για το συγκεκριμένο στάδιο. Αρχικά θα έχουμε ενδείξεις πλεονάσματος μεταφορικής ικανότητας. Τα πλοία συνωστιζόνταν στα λιμάνια αναμένοντας κάποια φορτία και όσα είναι φορτωμένα πλέουν με μικρές ταχύτητες ώστε να κάνουν οικονομία στο καύσιμο και να καθυστερήσουν την άφιξη τους. Δεύτερον, έχουμε την πτώση των ναύλων σε επίπεδα κόστους για τους πλοιοκτήτες λιγότερο αποδοτικών πλοίων, τα οποία σταδιακά οδηγούνται στην διάλυση. Τρίτον, η διατήρηση των ναύλων σε χαμηλά επίπεδα επιφέρει στενότητα στις ναυτιλιακές εταιρίες, η οποία σε συνδυασμό με την έλλειψη πίστωσης δημιουργεί αρνητικές χρηματοροές. Οι εταιρίες αυτές, όταν αντιμετωπίζουν μεγάλο πρόβλημα ρευστότητας οδηγούνται στην πώληση των πλοίων τους σε αρκετά χαμηλές τιμές, αφού οι αγοραστές είναι περιορισμένοι. Η τιμή των μεταχειρισμένων πλοίων φτάνει την τιμή διάλυσης και

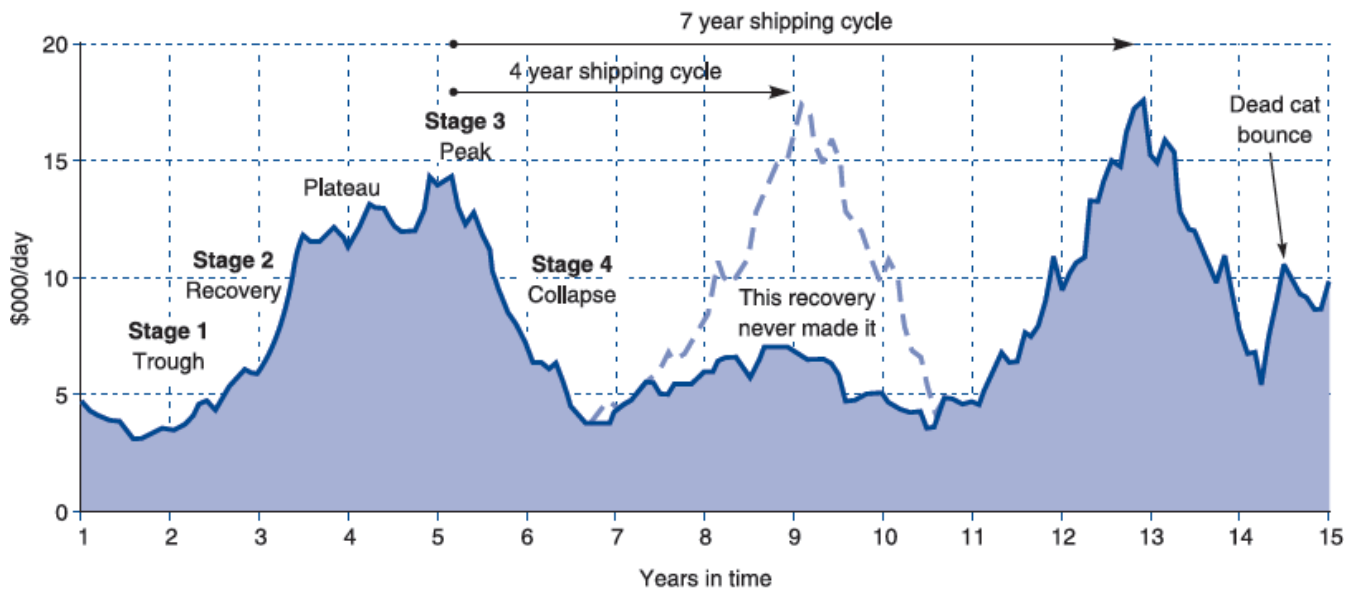
έτσι η αγορά διάλυσης (Demolition Market) είναι αρκετά ενεργή. Το συγκεκριμένο στάδιο του ναυτιλιακού κύκλου είναι το μεγαλύτερο σε διάρκεια και μπορεί να κρατήσει αρκετά χρόνια.

**Δεύτερο Στάδιο: Ανόρθωση.** Καθώς προσφορά και ζήτηση οδεύουν σε σημείο ισορροπίας έχουμε και την πρώτη ενθαρρυντική ένδειξη, την αύξηση των τιμών των ναύλων πάνω από τα επίπεδα του λειτουργικού κόστους σε συνδυασμό με πτώση των τόνων μεταφορικής ικανότητας που στέλνονται για διάλυση. Το κλίμα στην αγορά βεβαία παραμένει αβέβαιο και απρόβλεπτο. Η αισιοδοξία διαδέχεται αλλεπάλληλα τις αμφιβολίες για το αν όντως έχουμε μια επαναφορά της αγοράς στα θετικά πρόσημα. Όσο αυξάνεται η ρευστότητα η τιμές των μεταχειρισμένων πλοίων ανεβαίνουν και το κλίμα της αγοράς σταθεροποιείται.

**Τρίτο Στάδιο: Κορύφωση και Διατήρηση:** Όταν όλο το πλεόνασμα της προσφοράς έχει απορροφηθεί, η αγορά εισέρχεται σε μια λεπτή ισορροπία μεταξύ ζήτησης και προσφοράς. Οι τιμές των ναύλων είναι υψηλές και αγγίζουν δυο ή και τρεις φορές τα λειτουργικά κόστη. Η κορύφωση μπορεί να διαρκέσει μερικές εβδομάδες ή και πολλά χρόνια, ανάλογα με τις πιέσεις που ασκούνται από την αγορά. Σε αυτή την φάση τα μόνα πλοία τα οποία παροπλίζονται είναι αυτά τα οποία δεν είναι σε θέση να συμβάλουν στο θαλάσσιο εμπόριο. Οι στόλοι κινούνται με την υπηρεσιακή ταχύτητα και δεν συναντάμε φαινόμενα slow-steaming. Οι ναυτιλιακές εταιρίες διαθέτουν μεγάλη ρευστότητα η οποία τους δίνει μεγάλη ελευθερία κινήσεων ενώ οι τράπεζες είναι αρκετά πρόθυμες να δανείσουν χρήματα. Οι τιμές των μεταχειρισμένων πλοίων αυξάνουν και τα σχετικά νεαρά εξ αυτών ξεπερνούν την τιμή των αντίστοιχων προς παραγγελία. Το ανεκτέλεστο έργο των ναυπηγείων, δηλαδή οι παραγγελίες, αυξάνει δειλά στην αρχή και πολύ έντονα στη συνέχεια.

**Τέταρτο Στάδιο: Κατάρρευση.** Όταν η προσφορά υπερκερνά την ζήτηση τότε ο ναυτιλιακός κύκλος εισέρχεται στην φάση της κατάρρευσης. Παρόλο που η πτώση αυτή οφείλεται σε θεμελιώδεις παράγοντες όπως ο επιχειρηματικός κύκλος ή η παράδοση νεότευκτων πλοίων και η είσοδος του στην αγορά, φαινόμενα που απαιτούν χρόνο για να ολοκληρωθούν, το αίσθημα του πανικού μπορεί να συμπιέσει την κατάρρευση στο χρονικό διάστημα μερικών εβδομάδων. Οι τιμές των ναύλων πέφτουν απότομα, τα πλοία μειώνουν την ταχύτητα στην οποία πλέουν και τα λιγότερο ελκυστικά από άποψης απόδοσης πλοία χρειάζεται να περιμένουν για να ναυλωθούν. Η υψηλή ρευστότητα του παρελθόντος διατηρείται σε ένα βαθμό και κυριαρχεί το συναίσθημα της σύγχυσης.

Παραθέτουμε παρακάτω ένα διάγραμμα που παρουσιάζει έναν τυπικό ναυτιλιακό κύκλο στην αυλαγορά ξηρού φορτίου χύδην.



Σχήμα 8: Τα στάδια ενός τυπικού κύκλου της ναυλαγοράς ξηρού φορτίου χύδην.

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

Όπως θα δούμε διακρίνονται ξεκάθαρα όλα τα στάδια που περιγράψαμε παραπάνω. Βλέπουμε πως ο ναυτιλιακός κύκλος δεν είναι τόσο μια κανονικοποιημένη διαδικασία, όσο ένα «πεισόδιο». Επίσης βλέπουμε πως σε κάποια φάση υπήρχαν ενδείξεις για την ανόρθωση της αγοράς, οι οποίες όμως δεν ευόδωσαν και ο κύκλος παρέμεινε στο στάδιο της δυσπραγίας. Επίσης στα δεξιά του διαγράμματος βλέπουμε το “dead cat bounce” έναν όρο χρηματιστών που χρησιμοποιείται για μια βραχύβια άνοδο ενός δείκτη σε συνεχή πτώση.

Επιπροσθέτως, δεν υπάρχει ένας σταθερός τύπος ή «σχήμα» για τον ναυτιλιακό κύκλο. Μια κατάρρευση μπορεί να επανέλθει πριν φτάσει στην δυσπραγία και μια ανόρθωση μπορεί να ξαναπέσει στην ύφεση πριν καν ολοκληρωθεί. Τα στάδια μπορούν να διαρκέσουν από μερικές εβδομάδες έως αρκετά χρόνια χωρίς την δυνατότητα να προβλέψουμε την διάρκεια ή την εξέλιξη.

Τέλος μπορούμε να πούμε πως μελετώντας την τελευταία δεκαετία, είχαμε ένα ναυτιλιακό κύκλο ο οποίος ξεκίνησε το 2005 και τελείωσε τους τελευταίους μήνες του 2008 όταν και καταβαραθρώθηκαν οι τιμές των ναύλων. Αυτή την εξέλιξη θα δοκιμάσουμε να προβλέψουμε.

## 1.5 Η Οικονομική Κρίση

Ο όρος οικονομική κρίση αποδίδεται σε μια σειρά από καταστάσεις κατά τις οποίες κάποιοι οικονομικοί οργανισμοί ή κάποια περιουσιακά στοιχεία χάνουν ένα μεγάλο μέρος της αξίας τους. Πολλές προτάσεις έχουν διατυπωθεί από οικονομολόγους με σκοπό την αντιμετώπιση των κρίσεων καθώς και την πρόληψή τους, όμως προς το παρόν δεν έχει εφαρμοστεί κάποια αξιόλογη λύση προς αυτή την κατεύθυνση και έτσι κρίσεις συνεχίζουν να συμβαίνουν.

Μπορούμε να διακρίνουμε τους έξης τύπους οικονομικής κρίσης:

- **Τραπεζικός πανικός (Bank Run):** Ως τραπεζικός πανικός ορίζεται ένα μεγάλο και απότομο κύμα αναλήψεων από τους καταθέτες. Η δυσκολία των τραπεζών να ανταποκριθούν σε ένα τέτοιο γεγονός έγκειται στην πάγια τακτική τους να δανείζουν την πλειοψηφία των χρημάτων που διαθέτουν σε καταθέσεις. Έτσι όταν δημιουργηθεί ένας τραπεζικός πανικός η τράπεζα μπορεί να φτάσει μέχρι την χρεοκοπία λόγω της αδυναμίας της να εξυπηρετήσει τους καταθέτες. Σε περίπτωση χρεοκοπίας της τράπεζας οι καταθέτες είναι πιθανόν να χάσουν τα χρήματά τους αν δεν καλύπτονται από κάποια ασφάλεια για αυτό το ενδεχόμενο. Σε μια συστημική τραπεζική κρίση σχεδόν όλο το τραπεζικό κεφάλαιο μια χώρας εξαφανίζεται. Γενικευμένος τραπεζικός πανικός επικρατούσε κατά την διάρκεια του κραχ του 1929, ενώ ως πιο πρόσφατο παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε τις ουρές που δημιουργήθηκαν στα καταστήματα της Northern Rock στην Βρετανία το 2007, λόγω της δυσχερούς οικονομικής κατάστασης στη οποία βρισκόταν η συγκεκριμένη τράπεζα, η οποία ως εκ τούτου κρατικοποιήθηκε.
- **Χρηματιστηριακές και οικονομικές φούσκες (Stock Market Crashes and Bubbles):** Θεωρούμε πως ένας χρηματοοικονομικό περιουσιακό στοιχείο, όπως για παράδειγμα η τιμή μιας μετοχής, παρουσιάζει το φαινόμενο της φούσκας όταν η αξία του υπερβαίνει την παρούσα αξία των μελλοντικών εισοδημάτων τα οποία θα αποφέρει. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι χρηματιστηριακές φούσκες οι οποίες έχουν σαν αποτέλεσμα την αιφνίδια και απότομη πτώση των δεικτών λόγω μαζικών ρευστοποιήσεων από τους κατόχους των μετοχών. Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας επιρροής στην εξέλιξη αυτού του φαινομένου είναι η ψυχολογία του πλήθους που επιδεικνύουν οι επενδυτές. Μπορεί για παράδειγμα η ρευστοποίηση από κάποιους παίχτες της αγοράς να συμπαρασύρει και άλλους σε μια ραγδαία εξέλιξη με χαρακτηριστικά πανικού. Στην οικονομική ιστορία των τελευταίων εκατό ετών υπάρχει πληθώρα από παραδείγματα με οικονομικές φούσκες και την απότομη πτώση των δεικτών. Το μεγαλύτερο γεγονός είναι το κραχ του 1929 που ακολούθησε την δυναμική άνοδο στην Wall Street για το μεγαλύτερο μέρος της δεκαετίας του 1920. Πιο πρόσφατα γεγονότα είναι η dot-com φούσκα η οποία έσπασε στις αρχές της δεκαετίας του 2000, αλλά και η φούσκα των τιμών των σπιτιών στην Αμερική του 2007. Για τα ελληνικά δρώμενα αξίζει να σημειώσουμε την Χρηματιστηριακή κρίση του 1999, όταν μετά από ακατάσχετη αισιοδοξία εκ μέρους των επενδυτών και συνεχή άνοδο του δείκτη, είχαμε τον Σεπτέμβριο του συγκεκριμένου έτους την καταβράθρωση των τιμών των μετοχών και το σκάσιμο της φούσκας, του οποίου τα αποτελέσματα ήταν αισθητά για κάποια χρόνια μετά.



- **Κρίσεις χρέους:** Οι συγκεκριμένες κρίσεις εμφανίζονται σε χώρες με μεγάλο χρέος σε σχέση με το Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν τους. Είναι συνήθως αποτέλεσμα μεγάλων ετησίων ελλειμμάτων του εθνικού προϋπολογισμού. Συνηθισμένα αίτια των κρίσεων χρέους αποτελούν επίσης τα υψηλά επιτόκια δανεισμού της χώρας καθώς και η μεγάλη ποσότητα χρέους σε μη εγχώρια ιδρύματα. Μια πιθανή αντιμετώπιση είναι η υποτίμηση του εγχωρίου νομίσματος με σκοπό την αύξηση της ανταγωνιστικότητας και της βελτίωσης του ισοζυγίου μεταξύ εισαγωγών και εξαγωγών. Άμεσο αποτέλεσμα μια τέτοιας κρίσης μπορεί να είναι μια εθνική χρεοκοπία με ανεξέλεγκτα αποτελέσματα. Σε αυτή την περίπτωση το κράτος δηλώνει αδυναμία εξυπηρέτησης του εθνικού του χρέους και διαφόρων άλλων οικονομικών υποχρεώσεων συμπεριλαμβανομένης και στάσης πληρωμών. Στην οικονομική ιστορία των τελευταίων αιώνων έχουν συμβεί αρκετές εθνικές χρεοκοπίες ενώ αξίζει να σημειώσουμε πως οι περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες έχουν χρεοκοπήσει παραπάνω από μια φορά. Μια ενδιαμέση κατάσταση είναι το καθεστώς της μερικής χρεοκοπίας, κατά την οποία οι πιστωτές αποπληρώνονται με ένα μέρος του αρχικά συμφωνηθέντος ποσού ή πολύ αργότερα ή με μικρότερο επιτόκιο.
- **Ευρύτερες οικονομικές κρίσεις:** Η ύφεση αποτελεί το μέρος εκείνο του οικονομικού κύκλου κατά το οποίο έχουμε συστολή της οικονομικής δραστηριότητας. Πιο συγκεκριμένα ως ύφεση χαρακτηρίζεται η μείωση του Α.Ε.Π για δυο ή παραπάνω συνεχόμενα τρίμηνα. Τέτοιες κρίσεις επηρεάζουν πολλούς οικονομικούς και κοινωνικούς δείκτες, όπως το ποσοστό ανεργίας, τα τραπεζικά επιτόκια, τις τιμές των πολυτιμων μετάλλων, του πετρελαίου κλπ. Μια ύφεση με μεγάλη χρονική διάρκεια καλείτε συστολή (depression) και πολύ συχνά ακολουθείται από οικονομική αποτελμάτωση, δηλαδή μικρά ποσοστά ανάπτυξης, υψηλά ποσοστά ανεργίας για μια παρατεταμένη χρονική περίοδο. Τυπικά φαινόμενα τέτοιων κρίσεων είναι ο αποπληθωρισμός και οι χρεοκοπίες τραπεζών. Τα μέτρα αντιμετώπισης μιας τέτοιας κατάστασης είναι μακροοικονομικής φύσης και έχουν ως στόχο την ανάπτυξη και την τόνωση της οικονομίας. Τέτοια μέτρα είναι η αυξημένες κρατικές επενδύσεις και χρηματοροές γενικότερα, καθώς και η μείωση της φορολογίας με σκοπό την ευκολότερη διακίνηση του χρήματος. Επιπρόσθετα οικονομικά κίνητρα για διάφορες παραγωγικές ομάδες πληθυσμού μπορεί να δοθούν. Τέτοιου είδους κρίση, ήταν το κραχ του 1929, του οποίου οι επιπτώσεις ήταν αισθητές για πολλά χρόνια. Η κρίση του 2008, ήταν η πιο πρόσφατη κρίση αυτού του βεληνεϊκούς και μπορεί κανείς με ασφάλεια να πει πως το 2012, οι επιπτώσεις της είναι ακόμα αισθητές.

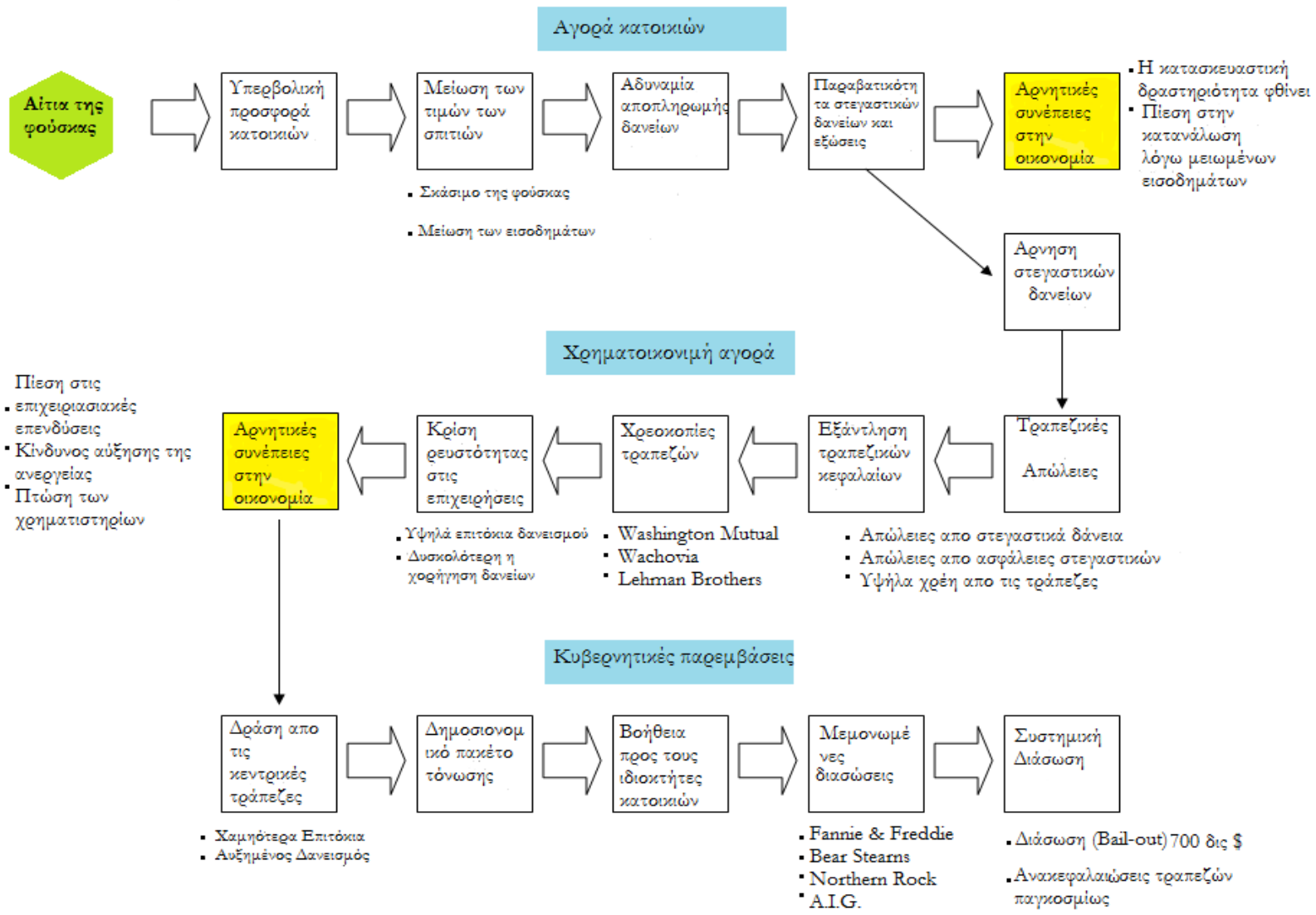
### 1.5.1 Η Παγκόσμια Οικονομική Κρίση του 2008

Πολλές σελίδες έχουν γραφτεί, και συνεχίζουν να γράφονται, για την συγκεκριμένη κρίση και μια εις βάθος ανάλυση της ίσως να ήταν πρώιμη ακόμα και την στιγμή της συγγραφής αυτής της διπλωματικής εργασίας. Βέβαια μετά το πέρας σχεδόν τεσσάρων χρόνων μπορούμε να περιγράψουμε κάποια κύρια σημεία του συγκεκριμένου γεγονότος, αναλύοντας παράλληλα του μηχανισμούς που το διέπουν. Η κατανόηση της κρίσης θα εμπλουτίσει την αντίληψη μας για το πλαίσιο μέσα στο οποίο ζει και δρα η ναυλαγορά.

Τα αίτια της συγκεκριμένης κρίσης είναι πολλαπλά, ενώ ο τρόπος επιρροής τους και οι μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις είναι αρκετά περίπλοκες. Έτσι μια αναλυτική μελέτη θα απαιτούσε λεπτομέρειες που ξεφεύγουν από το σκοπό της παρούσας διπλωματικής. Αξίζει να σημειώσουμε πως η κρίση εξελίχθηκε με μορφή ντόμινο, δηλαδή με αλληπάλληλες καταρρεύσεις κομματιών της αγοράς, αυτή η αλληλουχία παρουσιάζεται στην επόμενη σελίδα.

Θα αναφέρουμε παρακάτω τα κύρια σημεία των βασικότερων παραγόντων που οδήγησαν στην κρίση:

- Η οικονομική φύσκα της Αμερικανικής αγοράς σπιτιών: Ανάμεσα στο διάστημα 1997-2006 το κόστος ενός μέσου αμερικανικού σπιτιού αυξήθηκε κατά 124%. Η συγκεκριμένη φύσκα έφτασε στην κορύφωση της στα μέσα του 2006, οι τιμές άρχισαν να πέφτουν από το 2007, και συνεχίζουν μια γενικότερη πτωτική πορεία ακόμα και σήμερα. Οφείλεται κυρίως στην ευκολία με την οποία οι Αμερικανικές τράπεζες χορηγούσαν χαμηλότοκα στεγαστικά δάνεια με κυμαινόμενα επιτόκια, τα οποία αυξήθηκαν καθώς ξεκινούσε η κρίση. Όσοι είχαν δανειστεί άρχισαν να δυσκολεύονται να αποπληρώσουν τα δάνεια τους καθώς οι τιμές των σπιτιών έπεφταν και έτσι πολλοί χρεοκόπησαν. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα πολλές ιδιοκτησίες να καταλήξουν στα χέρια των δανειστών, τις τράπεζες. Πολλά από τα δάνεια τα οποία είχαν δοθεί την εποχή που υπήρχε ισχυρή άνοδος στην αγορά, ήταν στεγαστικά δάνεια υψηλού ρίσκου (subprime mortgages), δηλαδή η αποπληρωμή τους είχε λιγότερες πιθανότητες από ότι ενός δανείου σε ένα φερέγγυο καταναλωτή. Ο συνδυασμός των δυο παραπάνω γεγονότων, δηλαδή της φθίνουσας αγοράς σπιτιών και της υπέρμετρης δανειοδότησης υψηλού ρίσκου, πυροδότησαν την κατάρρευση της αγοράς των subprime mortgages τον Μάρτιο του 2007, ύστερα από υψηλότερη των αναμενόμενων αύξηση των εξώσεων.
- Υπέρογκος δανεισμός υψηλού ρίσκου: Η συγκεκριμένη παράμετρος όπως είδαμε έπαιξε ενεργό ρόλο και στην φύσκα της Αμερικανικής αγοράς σπιτιών, αλλά δεν περιορίστηκε εκεί. Τα συγκεκριμένα δάνεια αποτελούσαν μόνο ένα 10% του συνόλου των δανείων το 2004, όταν και αποφασίστηκε από την Αμερικανική επιτροπή κεφαλαιαγοράς (U.S. Securities and Exchange Commission) η χαλάρωση των κανόνων τους οποίους έπρεπε να ακολουθούν οι τράπεζες. Έτσι το ποσοστό του συγκεκριμένου δανεισμού αυξήθηκε στο 25% μέχρι το 2008, δημιουργώντας αρκετά μεγάλες επισφάλειες στις πέντε μεγάλες επενδυτικές τράπεζες των Η.Π.Α. (J.P. Morgan, Merrill Lynch, Goldman Sachs, Morgan Stanley και Lehman Brothers).



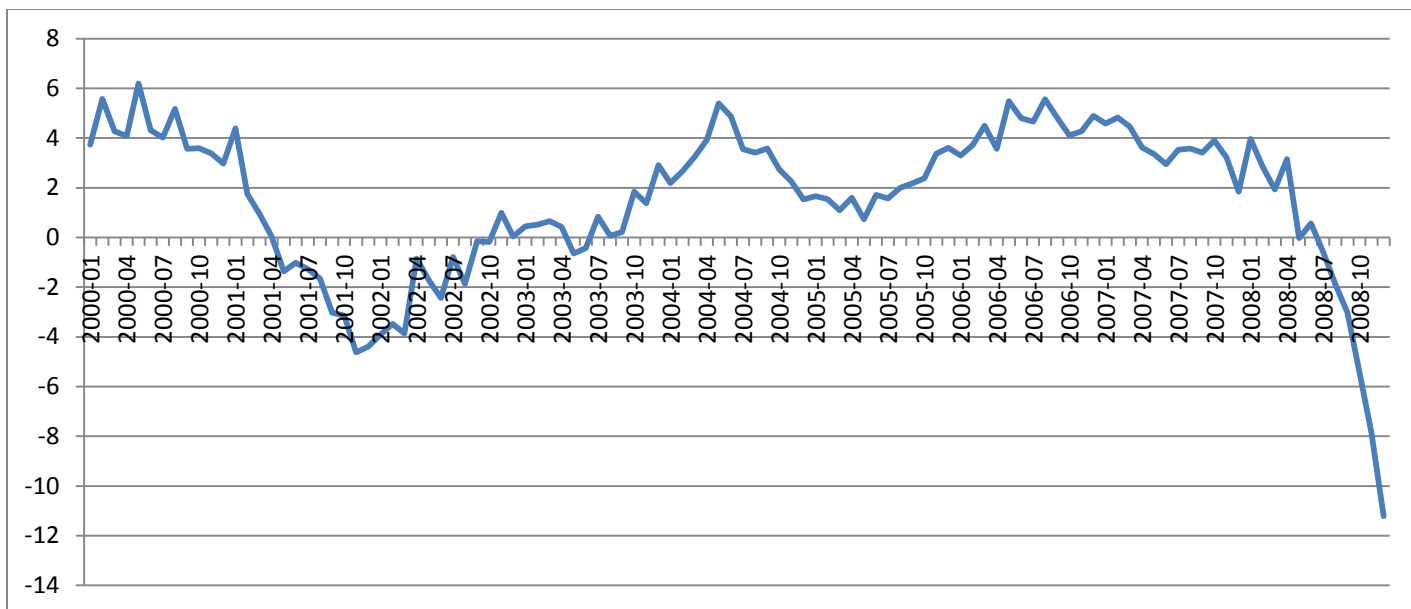
Σχήμα 9: Σχηματική απεικόνιση της εξέλιξης ντόμινο της παγκόσμιας κρίσης του 2008.

- Συμπεριφορές υψηλού ρίσκου: Τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα την περίοδο που προηγήθηκε της κρίσης, δανείστηκαν υπέρογκα ποσά χρημάτων τα οποία μετά και επένδυσαν, μια τεχνική που αποκαλείται δανεισμός μόχλευσης. Αξίζει να αναφέρουμε χαρακτηριστικά πως το χρέος των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων έφτανε το 1997 το 63.8 του Αμερικανικού Α.Ε.Π. ενώ δέκα χρόνια μετά, το 2007, αυτή η τιμή είχε σχεδόν διπλασιαστεί και έφτανε το 113.8%. Γενικότερα είχε δημιουργηθεί ένα κλίμα, το οποίο οφείλεται κυρίως στην διάσωση χρηματοπιστωτικών οργανισμών (της Continental Illinois το 1984 και του hedge fund Long-Term Capital Management) από την Federal Reserve, την κεντρική τράπεζα των Η.Π.Α, ότι θα προστατεύονταν σε περίπτωση ανάγκης από τις συνέπειες. Αυτή η πίστη, πως μεγάλα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα δεν θα αφήνονταν να χρεοκοπήσουν, δημιούργησε ένα μεγάλο κίνδυνο και αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα της κρίσης. Η κατάσταση που περιγράψαμε παραπάνω συνοψίζεται επαρκώς στα λόγια του C.E.O. της Citigroup, Charles O. Prince: Όσο συνεχίζει η μουσική, πρέπει να χορεύεις.
- Υπέρμετρος δανεισμός νοικοκυριών: Σε απόλυτη συμφωνία με την κατάσταση που επικρατούσε στις τράπεζες ήταν και οι οικονομική κατάσταση των νοικοκυριών, τα οποία υπερχρεώθηκαν στα χρόνια που προηγήθηκαν της κρίσης και έγιναν έτσι πιο ευάλωτα στην οικονομική κατάρρευση που ακολούθησε. Μπορούμε να τεκμηριώσουμε την παραπάνω άποψη αναφέροντας πως το χρέος σε στεγαστικά δάνεια των αμερικανικών νοικοκυριών, ως προς το Α.Ε.Π., αυξήθηκε από 77% το 1990 σε 125% το 2007. Παρομοίως το ιδιωτικό χρέος των Η.Π.Α. εκτινάχτηκε από 123% το 1981 σε 290% το 2008. Το πνεύμα όλων των παραπάνω κινήσεων συνοψίζεται σε μια δήλωση του Barack Obama, ο οποίος δήλωσε πως ένα από τα βασικότερα αιτία της κρίσης ήταν πως είχε καλλιεργηθεί μια «κουλτούρα ανευθυνότητας».
- Χρηματοοικονομικές καινοτομίες: Ο όρος οικονομική καινοτομία αφορά τη συνεχή ανάπτυξη των χρηματοπιστωτικών προϊόντων που είναι σχεδιασμένα ώστε να επιτευχθούν συγκεκριμένοι στόχοι, με σκοπό την ικανοποίηση ενός μεγαλύτερου εύρους πελατών. Παραδείγματα τέτοιων προϊόντων που είναι σχετικά με την παρούσα κρίση είναι τα στεγαστικά δάνεια με κυμαινόμενο επιτόκιο, η ομαδοποίηση των στεγαστικών δανείων υψηλού ρίσκου σε ενυπόθηκους τίτλους (M.B.S.) προς πώληση σε επενδυτές, ένα είδος τιτλοποίησης, και μια μορφή ασφάλισης που ονομάζεται ασφάλιστρα κινδύνου. (C.D.S.). Η χρήση τέτοιων προϊόντων, εκ των οποίων κάποια έχουν υψηλή πολυπλοκότητα, αυξήθηκε πολύ στα χρόνια που προηγήθηκαν της κρίσης. Η επικινδυνότητα αυτών των χρηματοοικονομικών καινοτομιών δεν έγινε άμεσα αντιληπτή, ούτε η αρνητική επίδραση του στην συνολική ευστάθεια του οικονομικού συστήματος. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα των κινδύνων που εγκυμονούσαν αυτά τα προϊόντα αποτελούν οι πρακτικές που ακολούθησε η A.I.G., η οποία ασφάλισε της υποχρεώσεις διαφόρων χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων μέσω ασφαλιστρων κινδύνου (C.D.S.). Το βασικό σκεπτικό ήταν ότι η A.I.G. θα λάμβανε μια προμοδότηση για να πληρώσει τον επενδύτη A αν το ίδρυμα B χρεοκοπούσε. Καθώς η κρίση εκτυλισσόταν αποδείχθηκε πως η A.I.G. δεν είχε την οικονομική δύναμη να αποπληρώσει όλα τα C.D.S. τα οποία ενεργοποιήθηκαν και βρέσκονταν στην κατοχή

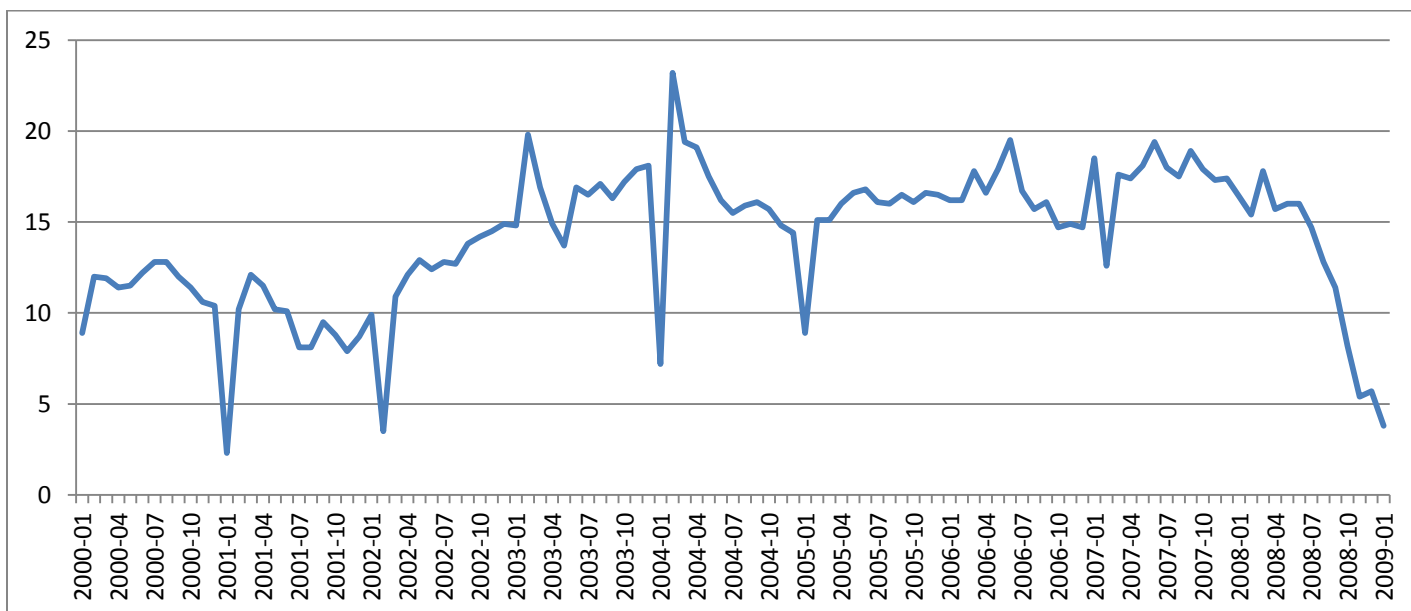
της, με αποτέλεσμα να χρειαστεί την διάσωση της μέσω του Αμερικανικού κράτους στα τέλη του 2008. Μόνο η διάσωση της A.I.G. κόστισε \$180 δισεκατομμύρια.

- Ανακριβείς αξιολογήσεις πιστοληπτικής ικανότητας: Ένα σημαντικό ρόλο στην κρίση έπαιξαν σίγουρα και οι μεγάλοι οίκοι αξιολόγησης (Moody's, Fitch, Standard & Poor's). Συνήθης πρακτική των οίκων αυτών την περίοδο πριν την κρίση ήταν να αξιολογούν με αρκετά υψηλούς βαθμούς χρηματοοικονομικά προϊόντα, τα οποία δεν ήταν τόσο ασφαλή. Για παράδειγμα αξιολογούσαν με επενδυτικούς βαθμούς (δηλαδή από BBB και πάνω) επενδυτικά πακέτα που βασίζονταν σε ενυπόθηγα δάνεια υψηλού ρίσκου. Με αυτό τον τρόπο τα πακέτα αυτά γίνονταν ελκυστικά στους επενδυτές, οι οποίοι τροφοδοτούσαν έτσι την φούσκα της αγοράς σπιτιών. Αυτού του είδους οι αξιολογήσεις αποδειχθήκαν πολύ προσοδοφόρες για τους οίκους αξιολόγησης (αποτελούσαν για παράδειγμα περίπου το 50% των εσόδων από αξιολογήσεις του οίκου Moody's). Έτσι κατάφεραν να τριπλασιάσουν τα κέρδη τους με το να αξιολογούν αυτά τα περίπλοκα επενδυτικά προϊόντα (σε σχέση με την παραδοσιακή τους ενασχόληση, την αξιολόγηση ομολόγων). Άρχισαν επίσης να ανταγωνίζονται για την αξιολόγηση συγκριμένων χρηματοοικονομικών προϊόντων από επενδυτικές τράπεζες, για το ποιος οίκος θα προσέδιδε τον μεγαλύτερο βαθμό. Ως άμεσο επακόλουθο ήρθε ουσιαστικά η περαιτέρω πτώση των προδιαγραφών των υψηλών αξιολογήσεων. Όλα τα παραπάνω είχαν ως αποτέλεσμα μια σκληρή πτώση, η οποία περιγράφεται επαρκώς από το στατιστικό στοιχείο που λέει πως ανάμεσα στο τρίτο τρίμηνο του 2007 και το δεύτερο τρίμηνο του 2008 οι οίκοι αξιολόγησης υποβάθμισαν τους βαθμούς επενδυτικών πακέτων που βασίζονταν σε ενυπόθηγα δάνεια συνολικής αξίας \$1.9 τρισεκατομμυρίων.

Εκτός από τα αιτία της κρίσης θα ήταν χρήσιμο να σταθούμε και στις επιδράσεις της κρίσης. Η συγκεκριμένη κρίση ήταν πραγματικά παγκόσμια, επηρεάζοντας κάθε οικονομική δραστηριότητα. Όλοι οι βασικοί οικονομικοί δείκτες βρίσκονται σε απότομη πτώση, ακόμα και αν δεν σχετίζονται άμεσα με την αμερικανική οικονομία ή μεταξύ τους. Ως ένδειξη θα παραθέσουμε στην επόμενη σελίδα την εξέλιξη της οικονομικής ανάπτυξης της Κίνας και την ανάπτυξη της βιομηχανικής παραγωγής της περιφέρειας του ατλαντικού την τελευταία δεκαετία, σε δυο ξεχωριστά διαγράμματα. Διαλέξαμε τις δυο συγκεκριμένες χρονοσειρές, γιατί όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο είναι ασυσχέτιστες μεταξύ τους, καταδεικνύοντας έτσι την καθολικότητα του φαινομένου της συγκεκριμένης κρίσης.



**Σχήμα 10:** Εξέλιξη της ανάπτυξης της βιομηχανικής παράγωγης της περιφέρειας του ατλαντικού την τελευταία δεκαετία σε ποσοστιαίες μονάδες.

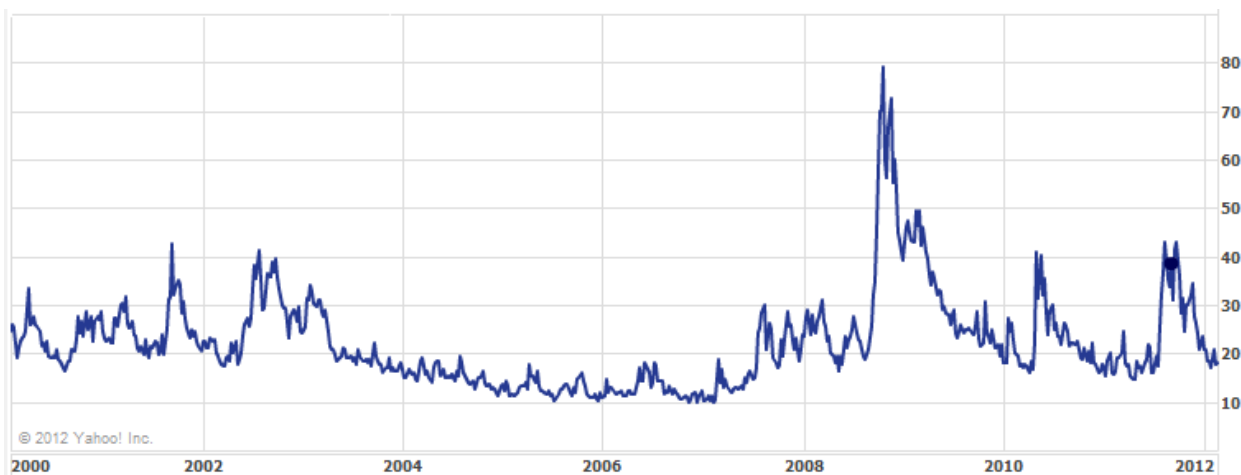


**Σχήμα 11:** Εξέλιξη της ανάπτυξης της βιομηχανικής παράγωγης της Κίνας την τελευταία δεκαετία σε ποσοστιαίες μονάδες.

Στα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται ξεκάθαρα, πως ενώ οι δυο χρονοσειρές δεν ακολουθούν παρόμοια πορεία κατά το μεγαλύτερο μέρος της δεκαετίας, εμφανίζουν ακριβώς την ίδια μορφή

απότομης πτώσης μετά το Μάιο του 2008. Αυτό το πρότυπο (pattern) το οποίο ακολουθούν οι δυο αυτές μεταβλητές είναι κοινό στην πλειοψηφία των παγκόσμιων μακροοικονομικών δεικτών.

Μετά την αναφορά μας στα αίτια της οικονομικής κρίσης, αξίζει να σταθούμε και στις επιπτώσεις της. Πριν το 2008, οι μεγάλες οικονομίες του 21<sup>ου</sup> αιώνα, θεωρούνταν από πολλούς ως σταθερές. Αυτή η πεποίθηση πήγαζε από την περιορισμένη μεταβλητότητα που παρουσίαζαν οι βασικοί οικονομικοί τους δείκτες για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Συγκεκριμένα υπήρχε ο όρος The Great Moderation, που μεταφράζεται ως η μεγάλη μετριοπάθεια, για να περιγράψει την μείωση της έντασης των διακυμάνσεων των οικονομικών κύκλων από τα μέσα της δεκαετία του 80 και ύστερα. Τα γεγονότα της κρίση επανέφεραν την αστάθεια και την αβεβαιότητα στις αγορές σε ένα αρκετά μεγάλο βαθμό και έτσι αποδείχθηκε πως το φαινόμενο Great Moderation ήταν βραχύβιο. Παραθέτουμε σε αυτό το σημείο την εξέλιξη του δείκτη μεταβλητότητας των μετοχών του S&P 500 (VIX, μια χρονοσειρά που θα χρησιμοποιήσουμε και παρακάτω) ώστε να γίνει εμφανής η ισχυρή μεταβολή στην ευστάθεια του συστήματος.



**Σχήμα 12 : Εξέλιξη του δείκτη VIX την τελευταία δεκαετία.**

Οι επιδράσεις της κρίσης στις αγορές ήταν πολύ έντονες και οι κινήσεις των επενδυτών επιδεικνυαν αβεβαιότητα και φόβο. Ο Dow Jones, για παράδειγμα, βίωσε το 2008 μια μακρά πτώση, χάνοντας από τον Ιανουάριο έως τον Οκτώβριο 37%. Πολύ δείκτες κινδύνου και επενδυτικού φόβου αυξήθηκαν σε επίπεδα ρεκόρ, ενώ οι τιμές των πολύτιμων μετάλλων αυξήθηκαν ραγδαία, υποδηλώνοντας την αγωνία που υπήρχε για το παγκόσμιο χρηματοπιστωτικό σύστημα. Σε πολλές χρηματαγορές υπήρξε απαγόρευση των ανοικτών πωλήσεων (short selling: μια τεχνική που χρησιμοποιείται από τους επενδυτές με σκοπό να κερδίσουν από την πτώση των τιμών περιουσιακών στοιχείων), με σκοπό να ανασχεθεί η ελεύθερη πτώση και να ρυθμιστεί ξανά η αγορά.

Εκτός όμως από τις αγορές, υπήρξαν και έντονες οικονομικό-κοινωνικές αλλαγές. Υπήρξε μια παγκόσμια αύξηση της ανεργίας, η οποία εκτόξευσε τους ανέργους σε όλο το κόσμο σε πάνω από 200 εκατομμύρια. Οι Η.Π.Α. είδαν το ποσοστό ανεργίας να υπερδιπλασιάζεται από το 4.9% το 200 στο

10.1% το 2010, ενώ παρόμοια φαινόμενα υπήρξαν και στη Ισπανία. Σε κάποιες χώρες υπήρξαν και έντονες αναταραχές, όπως η έκρηξη βίας του Δεκεμβρίου του 2008 στη Αθήνα, η οποία θεωρείται ότι εν μέρει οφείλεται στην οικονομική κρίση.

### 1.5.2 Η Οικονομική Κρίση του 2008 στην Ναυλαγορά

Η παγκόσμια πιστωτική κρίση οδήγησε σε ταχεία μείωση του παγκόσμιου εμπορίου και επηρέασε όλους τους τομείς της ναυτιλίας. Τα μεγάλα κέρδη τις χρονιές που προηγήθηκαν της κρίσης, τροφοδότησαν την ανάπτυξη της προσφοράς σε μεταφορική ικανότητα, ενώ παράλληλα είχαμε και μεγάλες παραγγελίες νεότευκτων πλοίων. Ως αποτέλεσμα των παραπάνω είχαμε ραγδαία μείωση των τιμών των ναύλων, μεγάλο αριθμό παροπλίσεων και ακυρώσεις πολλών παραγγελιών.

Ο τομέας της ναυτιλιακής αγοράς που επηρεάστηκε περισσότερο από την κρίση ήταν αυτός των πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Τα containership, των οποίων ο μεταφορικός όγκος είχε τριπλασιαστεί τις δυο προηγούμενες δεκαετίες, είχαν ένα μέσο όρο ετήσιας ανάπτυξης της τάξης του 8%. Το 2008 όμως βρεθήκαν σε ύφεση κατά 7.4%, με αποτέλεσμα πολλά πλοία να συνωστίζονται στα λιμάνια αφού δεν υπήρχε η αντίστοιχη ζήτηση. Κυρίως χτυπήθηκαν από την κρίση τα μικρά containership με μεταφορική ικανότητα 1000-2000 TEU. Επιπροσθέτως, η κρίση έφτασε σε μια περίοδο που ο στόλος των πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων αναπτυσσόταν με ρυθμούς ρεκόρ, σπάζοντας τα Χριστούγεννα του 2008 το φράγμα των 13 εκατομμύριων TEU, αυξάνοντας έτσι την δυσκολία μια εξισορροπητικής αντίδρασης από την αγορά.

Παρόμοια ήταν η κατάσταση στην αγορά των πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε πως το ποσό της χρονονάυλωσης για τα μεγάλα bulk carriers, με μεταφορική ικανότητα μεγαλύτερη των 160000 τόνων, έπεσε από τις 200000 στις 10000 την ημέρα, μέσα σε λίγους μήνες. Στα handysize bulk carriers είχαμε μια πτώση της τάξης του 70% από τον Αύγουστο έως τον Νοέμβριο του 2008.

Εκτός όμως από τις συνέπειες της κρίσης, που έφεραν σε ύφεση την παγκόσμια μεταφορά προϊόντων, η ναυλαγορά είχε να αντιμετωπίσει και την υπερπροσφορά η οποία είχε δημιουργηθεί λόγω των αυξημένων προσδοκιών και της αυξημένης ζήτησης των προηγούμενων ετών. Παραθέτουμε ενδεικτικά τον παρακάτω πίνακα, που δείχνει την μεταβολή προσφοράς και ζήτησης για τα έτη 2005-2008 στη ναυλαγορά ξηρού φορτίου χύδην:

Έτος	Προσφορά	Ζήτηση
2005	6.9%	2.3%
2006	5.3%	8.1%
2007	6.8%	12.5%
2008	6.5%	5.5%

**Πίνακας 2: Εξέλιξη της ανάπτυξης προσφοράς και ζήτησης για μεταφορά φορτίου χύδην.**

**Πηγή: Morgan Stanley Commodity Shipping Research 2009**

Η έκρηξη των ναύλων που προηγήθηκε της απότομης πτώσης τους στο δεύτερο μισό του 2008, οφείλεται όπως βλέπουμε στην υπερβολική αύξηση της ζήτησης, στην οποία δεν μπορούσε να ανταποκριθεί η προσφορά. Αυτή η έλλειψη μεταφορικής ικανότητας πυροδότησε και τις μαζικές παραγγελίες νεότευκτων πλοίων οι οποίες όμως θα έμπαιναν στην αγορά αργότερα, όταν πλέον θα βρισκόταν σε ύφεση, κάνοντας έτσι την κατάσταση δυσκολότερη στην παγκόσμια ναυτιλία.



## 2. Το Εμπόριο Τσιμέντου Μέσω Θαλάσσης

### 2.1 Το Προϊόν

Το προϊόν που μεταφέρουν τα cement carriers είναι το τσιμέντο. Γίνεται επίσης και μεταφορά κλίνκερ. Μια σύντομη περιγραφή των προϊόντων αυτών και των ιδιοτήτων τους παρατίθεται παρακάτω.

#### 2.1.1 Τσιμέντο

##### 2.1.1.1 Γενικά Στοιχεία

Το τσιμέντο ή σκυροκονίαμα, όπως είναι και η επίσημη ονομασία του, είναι ένα λεπτά διαμερισμένο ανόργανο υλικό (σκόνη) με υδραυλικές ιδιότητες. Αποτελείται από οξείδια του ασβεστίου, πυριτίου, αργιλίου και σιδήρου που είναι ενωμένα μεταξύ τους και αποτελούν το 90% του βάρους του. Το υπόλοιπο μέρος είναι γύψος και μικρές ποσότητες αλάτων μαγνησίου, καλίου, νατρίου και άλλων στοιχείων. Ο όρος τσιμέντο αναφέρεται στη συνδετική σκόνη, συνήθως προ της ανάμιξης με νερό, χωρίς άλλα αδρανή πρόσθετα όπως άμμος και χαλίκι.

Είναι άγνωστο πότε ανακαλύφθηκε πρώτα η κατασκευαστική ιδιότητα του τσιμέντου. Τα πρώτα όμως μίγματα τσιμέντου χρησιμοποιήθηκαν από τους Μακεδόνες στην αρχαιότητα, τρεις αιώνες πριν την ευρεία χρήση τους από ρωμαίους μηχανικούς. Στην αρχαία Ρώμη το τσιμέντο χρησιμοποιήθηκε εκτενώς για την κατασκευή των υδραγωγείων αλλά και για κτίρια όπως τον Πάνθεον το οποίο διατηρείται σε άριστη κατάσταση. Το τσιμέντο στην σύγχρονη μορφή του άρχισε να χρησιμοποιείται στην βιομηχανική επανάσταση. Η χρήση του έγινε επιτακτική από την ανάγκη κατασκευών σε υγρά κλίματα, λιμενικές κατασκευές που βρίσκονταν κοντά ή σε επαφή με την θάλασσα αλλά και στην δημιουργία ισχυρών σκυροδεμάτων.

Η χημική αντίδραση του τσιμέντου με το νερό (ενυδάτωση τσιμέντου) παράγει προϊόντα που έχουν χαρακτηριστικά πήξης και σκλήρυνσης. Ουσιαστικά η χημεία-τεχνολογία του σκυροδέματος είναι η χημεία της αντίδρασης μεταξύ του τσιμέντου και του νερού. Το σκυρόδεμα αναφέρεται είτε στο μείγμα τσιμέντου με ποσότητα από άλλα αδρανή υλικά, είτε συνήθως στο στερεό κατασκευαστικό υλικό που προκύπτει μετά την ανάμιξη αυτού του μίγματος με νερό. Το σιδηροπαγές ή οπλισμένο σκυρόδεμα ονομάζεται, εκ του γαλλικού όρου, μπετόν αρμέ (béton armé).

Σύμφωνα με τον ελληνικό κανονισμό τσιμέντων (EN 196-1) τα τσιμέντα χωρίζονται στους εξής τύπους: Από άποψη σύνθεσης σε:

- Τύπος I (Τσιμέντο Portland) Χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα που προέρχονται από την άλεση του κλίνκερ με προσθήκη γύψου 2-3% και filler<3% κ.β.
- Τύπος II (Τσιμέντο Portland με ποζολάνες) Χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα που περιέχουν ποζολάνες. Το αδιάλυτο υπόλειμμα ανέρχεται σε ποσοστό 20% κ.β.

- Τύπος ΙΙΙ (Ποζολανικά τσιμέντα Portland) Περιέχουν ποζολάνη σε ποσοστό μεγαλύτερο από εκείνα του τύπου ΙΙ. Το αδιάλυτο υπόλειμμα ανέρχεται σε ποσοστό 20-40%. Παρουσιάζουν χαμηλότερη θερμότητα ενυδάτωσης, και ενδείκνυνται σε ογκώδη έργα (πχ. υπερχειλιστές ΔΕΗ κλπ)
- Τύπος ΙV(Τσιμέντο Portland ανθεκτικό στα θειικά άλατα) Δεν περιέχουν ποζολάνες αλλά το αργιλικό τριασβέστιο πρέπει να είναι μικρότερο του 3,5% και η περιεκτικότητα σε να μην υπερβαίνει το 2,5%.

Από άποψη αντοχής στις εξής κατηγορίες:

- Κατηγορία 35 (με αντοχή σε θλίψη 28ημερών από 25-45 Μρα)
- Κατηγορία 45 (με αντοχή σε θλίψη 28ημερών από 35-55 Μρα)
- Κατηγορία 55 (με αντοχή σε θλίψη 28ημερών άνω των 45 Μρα)

Το τσιμέντο μεταφέρεται ως χύμα φορτίο (bulk) ή σε σακιά. Οι μεγαλύτερες ποσότητες διατίθενται χύμα με ειδικά σιλοφόρα αυτοκίνητα ή πλοία (cement carriers). Ο συντελεστής στοιβασίας (stowage factor) του τσιμέντου κυμαίνεται από 0.82-0.85 m<sup>3</sup>/t. Η μεταφορά του τσιμέντου έχει κάποιες ιδιαιτερότητες τις οποίες εξετάζουμε στο αντίστοιχο μέρος τις εργασίας.

### 2.1.1.2 Τρόπος Παρασκευής

Η Παρασκευή και η διανομή του τσιμέντου γίνεται στα εξής εννέα στάδια, τα οποία περιγράφουμε συνοπτικά παρακάτω:

- **1. Εξόρυξη Α' υλών:** Οι πρώτες ύλες εξορύσσονται με τη χρήση ισχυρών εισκαπτικών μηχανημάτων ή με τη χρήση εκρηκτικών υλών.
- **2. Θραύση Α' υλών:** Τα υλικά θραύονται σε μεγάλους θραυστήρες σε τεμάχια, συνήθως μικρότερα των 30 χιλιοστών.
- **3. Αποθήκευση και προομοιογένεια Α' υλών:** Οι θραυσμένες πρώτες ύλες αποθηκεύονται (με σύγχρονη ανάμιξη) χωριστά κατά κατηγορία και από εκεί οδεύουν προς τους μύλους συνάλεσης σε αυστηρά καθορισμένη και συνεχώς ελεγχόμενη δοσολογία.
- **4. Ξήρανση και άλεση πρώτων υλών:** Οι μύλοι είναι μεταλλικοί κύλινδροι, με ισχυρή εσωτερική μεταλλική θωράκιση και περιέχουν πολλούς τόνους από σφαιρικά χαλύβδινα αλεστικά σώματα. Κατά την περιστροφική κίνηση των μύλων οι σφαίρες κονιοποιούν τις προθραυσμένες πρώτες ύλες σε κόκκους μέσης διαμέτρου. Το προϊόν αυτό ονομάζεται φαρίνα.
- **5. Ομοιογενοποίηση και αποθήκευση φαρίνας:** Η φαρίνα οδηγείται στα ειδικά σιλό όπου συντελείται η ομοιογενοποίηση.

- **6. Έψηση:** Μετά την ομοιογενοποίηση η φαρίνα περνάει από ένα σύστημα κυκλώνων που ονομάζεται προθερμαντής και υφίσταται μια προοδευτική θερμική κατεργασία σε θερμοκρασία μέχρι 900°C. Στη συνέχεια οι περιστροφικοί κλίβανοι αναλαμβάνουν την έψηση. Οι περιστροφικοί κλίβανοι είναι μεταλλικοί κύλινδροι μήκους 50-150 μέτρων και διαμέτρου 3-5 μέτρων με εσωτερική επένδυση από ειδικά πυρότουβλα. Η περιστροφική κίνηση του κλίβανου και η κλίση του εξωθούν τη φαρίνα προς την έξοδο. Στην πορεία της συναντάει θερμοκρασίες που φτάνουν τους 1400°C. Μέσα στον κλίβανο χάρη στις φυσικοχημικές διεργασίες, η φαρίνα μετατρέπεται σε ένα κοκκώδες προϊόν που λέγεται κλίνκερ.
- **7. Άλεση τσιμέντου:** Το τσιμέντο ως τελικό προϊόν είναι μία πολύ λεπτή σκόνη και για τη δημιουργία του απαιτείται συνάλεση κλίνκερ γύψου και ορισμένων φυσικών ή τεχνητών υλικών, που προσδίδουν στο τσιμέντο ωφέλιμες ιδιότητες. Τέτοιες ύλες είναι οι ποζολάνες. Οι μύλοι τσιμέντου μοιάζουν με τους μύλους φαρίνας. Οι δοσολογίες των υλικών συνάλεσης είναι αυστηρά καθορισμένες και συνεχώς ελεγχόμενες. Οι διάφοροι τύποι τσιμέντων και το επίπεδο των αντοχών τους, που αποτελεί και το σημαντικότερο χαρακτηριστικό τους, διαμορφώνονται από τη χημική σύσταση του κλίνκερ, το βαθμό άλεσης του τσιμέντου και την παρουσία ή όχι των διαφόρων πρόσθετων.
- **8. Σιλό τσιμέντου:** Το τσιμέντο αποθηκεύεται σε σιλό, που αποτελούν χώρους αποθήκευσης μέσης χρονικής διάρκειας.
- **9. Κατανάλωση:** Το τσιμέντο διατίθεται στην κατανάλωση χύμα ή σε σάκους. Η μεγαλύτερες ποσότητες διατίθενται χύμα με ειδικά σιλοφόρα αυτοκίνητα ή πλοία.

### 2.1.2 Τσιμέντο Κλίνκερ

Το κλίνκερ αποτελεί το βασικό συστατικό του τσιμέντου και από τα χαρακτηριστικά του εξαρτάται στο μέγιστο βαθμό η ποιότητά του τελικού προϊόντος. Το κλίνκερ είναι ένα κοκκώδες προϊόν χρώματος γκρι το οποίο παράγεται από ασβεστόλιθο και πυλό κατά την θέρμανση τους στους 1400-1500°C.

Η αποθήκευση του γίνεται σε ξηρό περιβάλλον, στο οποίο και διατηρεί την ποιότητα του αναλλοίωτη για αρκετούς μήνες. Αυτή η ιδιότητα κάνει εύκολη την μεταφορά του σε μεγάλες ποσότητες και αποστάσεις. Ο συντελεστής στοιβασίας (stowage factor) του είναι 0.73 m<sup>3</sup>/t.

Οι παραγωγοί τσιμέντου αγοράζουν πρόσθετο κλίνκερ για να αυξήσουν το ήδη υπάρχον στα εργοστάσια τους ή το αποστέλλουν σε μύλους άλεσης (grinding plants) όταν υπάρχει έλλειψη της πρώτης ύλης.

## 2.2 Τα Cement Carriers

Τα Cement Carriers είναι τα πλοία που μεταφέρουν τσιμέντο. Ανήκουν στην κατηγορία των εξειδικευμένων Bulk Carriers.

### 2.2.1 Ιδιαιτερότητες του μεταφερόμενου προϊόντος

Πρέπει να αναφερθούμε στις ιδιαιτερότητες του τσιμέντου ως προϊόντος, οι οποίες το διαφοροποιούν από τα υπόλοιπα φορτία χύδην και υπαγορεύουν έτσι την μεταφορά του με εξειδικευμένα πλοία. Όπως αναφέραμε και προηγουμένως το τελικό προϊόν του τσιμέντου βρίσκεται σε μορφή σκόνης και έτσι απαιτείται να είναι αρκετά λεπτό αν θέλουμε να το μετακινήσουμε με πνευματικό σύστημα (pneumatically).

Επίσης παρόλο που σαν υλικό είναι αρκετά αδρανές, είναι αρκετά απαιτητικό φορτίο με την έννοια του ότι χρειάζονται απολύτως ξηρές συνθήκες κατά την μεταφορά του. Για αυτό το λόγο τα αμπάρια πρέπει να είναι τελείως κλειστά και απομονωμένα από το εξωτερικό περιβάλλον. Επιπροσθέτως η μετακίνηση του εντός του πλοίου μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα ευστάθειας και έτσι η φόρτωση του πρέπει να γίνεται με προσοχή.



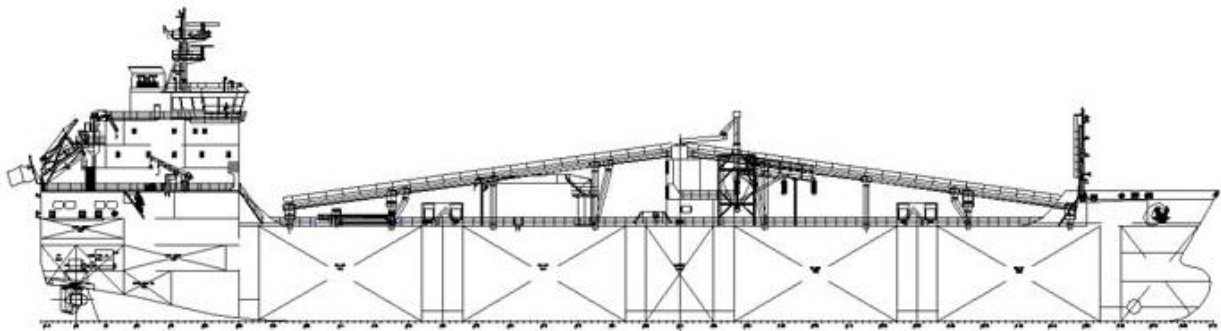
**Εικόνα 1: Αμπάρι Cement Carrier.**

Ένα δυνητικό πρόβλημα είναι επίσης η σκόνη, το οποίο όμως προλαμβάνεται λόγω της μελετημένης κατασκευής του φορτοεκφορτωτικού συστήματος.

## 2.2.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά

Τα Cement Carriers χωρίζονται ουσιαστικά σε δυο κατηγορίες ανάλογα με τον εξοπλισμό τους. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν αυτά τα οποία δεν διαθέτουν δικά του φορτοεκφορτωτικά μέσα και έτσι βασίζονται εξ ολοκλήρου στις εγκαταστάσεις του λιμένα. Τέτοια πλοία είναι κοινά Bulk Carriers που μεταφέρουν το τσιμέντο σε μεγάλα σακιά.

Στην άλλη κατηγορία, στην οποία θα ανέρθουμε εκτενέστερα, ανήκουν τα πλοία που έχουν δικά τους φορτοεκφορτωτικά μέσα. Το πρώτο πλεονέκτημα αυτής της κατηγορίας είναι ότι η μεταφορά του προϊόντος γίνεται με απόλυτη ασφάλεια αφού το σύστημα είναι τελείως κλειστό. Επίσης το σύστημα έχει την δυνατότητα να εξισορροπήσει οποιαδήποτε υπέρβαση στις τιμές της σκόνης ή του αέρα. Επιπροσθέτως ο αέρας που εκτοπίζεται από τα αμπάρια από το τσιμέντο φιλτράρεται έτσι ώστε σωματίδια του τσιμέντου να μην περάσουν στη ατμόσφαιρα και υπάρξει κίνδυνος μόλυνσης του περιβάλλοντος.



**Εικόνα 2: Προφίλ Cement Carrier με ίδια φορτοεκφορτωτικά μέσα.**

Είναι προφανές λοιπόν πως ένα χαρακτηριστικό μέγεθος για τα Cement Carriers είναι η ταχύτητα με την οποία μπορούν να φορτώσουν και να εκφορτώσουν το μεταφερόμενο προϊόν (loading/unloading rates). Αυτός ο ρυθμός μεταφοράς μετράται σε metric tons την ώρα (mt/h) και μπορεί να φτάσει μέχρι τα 1500mt/h. Αυτές οι ταχύτητες μπορεί να διαφέρουν πολύ στην πραγματικότητα. Πιο συγκεκριμένα η ταχύτητα φόρτωσης εξαρτάται από τις δυνατότητες της εγκατάστασης στην ξηρά. Για την εκφόρτωση αντιθέτως βασικός παράγοντας είναι το εγκατεστημένο σύστημα στο πλοίο και ειδικότερα το αν είναι πνευματικό ή μηχανικό.

Πιο συγκεκριμένα, για τα πλοία με πνευματικό σύστημα χαρακτηριστικό μέγεθος είναι η ικανότητα των αεροσυμπιεστών, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την δημιουργία κατάλληλων συνθηκών πίεσης ώστε να μετακινηθεί το φορτίο από τα αμπάρια στα σιλό. Προφανώς μεγαλύτεροι συμπιεστές οδηγούν σε μεγαλύτερες ταχύτητες μεταφοράς φορτίου ενώ έχουν την δυνατότητα να αντιμετωπίσουν και ένα περίπλοκο ή κακοσχεδιασμένο σύστημα σωληνώσεων στην ξηρά.

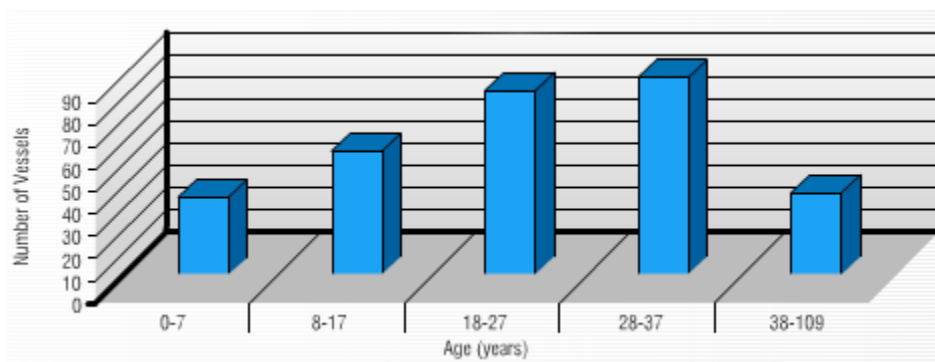
Από άποψη κατανάλωσης ενέργειας τα μηχανικά συστήματα είναι πιο αποδοτικά από τα πνευματικά. Το πνευματικό σύστημα απαιτεί σχετικά μεγάλη ενέργεια για την μεταφορά του φορτίου η οποία στο πλοίο κυμαίνεται στις 0.9-1.2 kWh/mt ενώ στην στεριά απαιτούνται περίπου 1.5-2.0 kWh/mt. Αυτές οι τιμές μπορούν αυξηθούν κατά πολύ με την αύξηση της απόστασης μεταφοράς, και για αποστάσεις της τάξεως

των 600 μέτρων πρέπει να υπολογίσουμε 3.5-4 kWh/mt. Συγκριτικά το μηχανικό σύστημα απαιτεί 0.5 kWh/mt για ταχύτητες εκφόρτωσης της τάξεως των 400 mt/h, ενώ αν αυξήσουμε την ταχύτητα στα 600 mt/h η κατανάλωση μπορεί να μειωθεί στις 0.4 kWh/mt. Αυτό το στοιχείο μπορεί να έχει μεγάλη σημασία από άποψη οικονομίας όταν έχουμε μεγάλες ποσότητες φορτίου.

Η ευελιξία του συστήματος μεταφοράς είναι υψίστης σημασίας τόσο για τους πλοιοκτήτες όσο και για τους ναυλωτές και προτού γίνει μια συμφωνία πρέπει να έχουν διατυπωθεί οι ακριβείς δυνατότητες του πλοίου αλλά και της εγκατάστασης στην ξηρά.

### 2.2.3 Παγκόσμιος στόλος

Την τελευταία δεκαπενταετία ο στόλος των Cement Carriers παγκοσμίως πάσχει από συνεχή «γήρανση». Ενδεικτικό είναι το διάγραμμα που παραθέτουμε παρακάτω.



**Σχήμα 13: Κατανομή των Cement Carriers με κριτήριο την ηλικία.**

**Πηγή: Naftotrade.**

Η τεχνολογική εξέλιξη και αναβάθμιση των εγκαταστάσεων υποδοχής και αποθήκευσης τσιμέντου οδήγησε τους πλοιοκτήτες παλιών πλοίων να κάνουν κάποιες νέες παραγγελίες. Αυτό το στοιχείο, σε συνδυασμό με το γεγονός πως ναυλωτές υψηλού βεληνεκούς έθεσαν ένα ηλικιακό περιορισμό (25 χρόνια) στα πλοία, έδωσαν έναυσμα για μεγάλη ζήτηση «νεότερης» μεταφορικής ικανότητας. Αυτή την τάση ακολούθησαν και οι Ιάπωνες πλοιοκτήτες αναβαθμίζοντας τα παλιά πλοία τους, δίνοντας τους τουλάχιστον 5 χρόνια ζωής ακόμα.

## 2.3 Η Αγορά

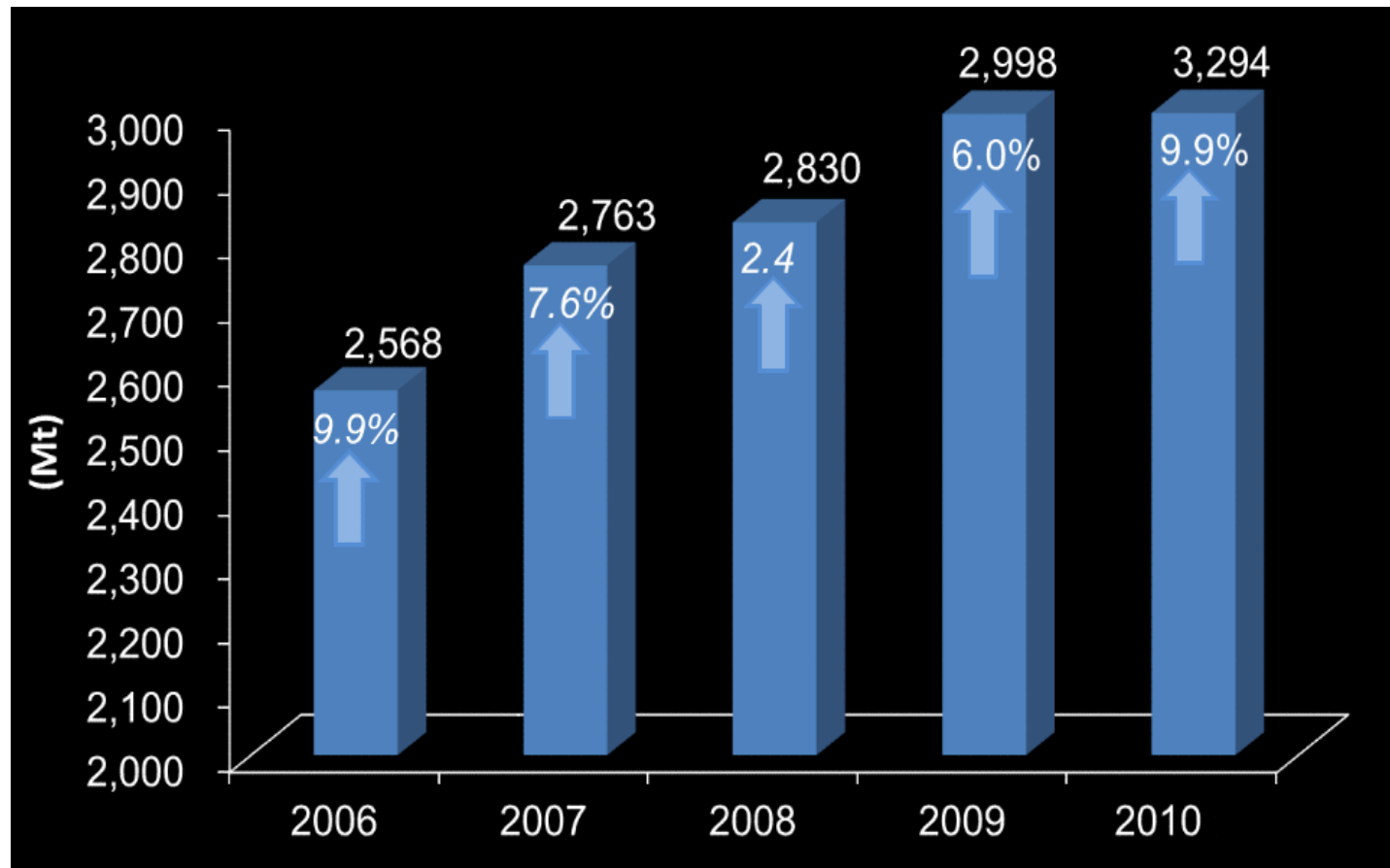
Το τσιμέντο είναι άμεσα συνδεδεμένο με την κατασκευαστική δραστηριότητα, η οποία αποτελεί πρακτικά τον καταναλωτή στην συγκεκριμένη αγορά. Παρατίθεται παρακάτω μια περιγραφή της αγοράς ώστε να γίνει κατανοητό από ποιους αποτελείται και ποιος ο ρόλος τους.

### 2.3.1 Ανάλυση Αγοράς

Η αγορά του τσιμέντου είναι μια 'τοπική' αγορά, με την έννοια ότι το μεγαλύτερο μέρος του καταναλώνεται στην χώρα στην οποία παράγεται. Πιο συγκεκριμένα το 95% της παγκόσμιας παραγωγής τσιμέντου διατίθεται προς χρήση στην χώρα παραγωγής του. Αυτό συμβαίνει διότι η μεταφορά του τσιμέντου, το οποίο είναι ένα χύμα εμπόρευμα, σε μεγάλες αποστάσεις είναι κοστοβόρα. Ας δούμε τα κύρια σημεία της αγοράς :

Προσφορά	<ul style="list-style-type: none"><li>• Το ισοζύγιο προσφοράς-ζήτησης είναι αρκετά ισορροπημένο με την προσφορά να είναι ελαφρώς μεγαλύτερη.</li></ul>
Ζήτηση	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ο κύριος καταναλωτής είναι κατά μέσο όρο ο οικοδομικός τομέας αλλά σημαντική είναι και η επίδραση του βιομηχανικού τομέα και των υποδομών.</li></ul>
Εμπόδια εισόδου	<ul style="list-style-type: none"><li>• Υψηλό κόστος κεφαλαίου και μακριά περίοδος κνοφορίας. Επίσης η πρόσβαση σε αποθέματα ασβεστόλιθου είναι ένα σημαντικό εμπόδιο εισόδου.</li></ul>
Διαπραγματευτική ικανότητα παραγωγών	<ul style="list-style-type: none"><li>• Η άδεια για την εκμετάλλευση των αποθεμάτων άνθρακα και ασβεστόλιθου καθώς και η παροχή ρεύματος από το δίκτυο ελέγχονται όλα από μια οντότητα, το κράτος. Ωστόσο, σήμερα οι παραγωγοί στηρίζονται περισσότερο σε ανεξάρτητες ηλεκτρικά μοναδες, αλλά η έλλειψη του άνθρακα και οι ευμετάβλητες τιμές των καυσίμων εξακολουθούν να προκαλούν ανησυχία.</li></ul>
Διαπραγματευτική ικανότητα καταναλωτών	<ul style="list-style-type: none"><li>• Η αγορά του τσιμέντου είναι ουσιαστικά η μεταφορά πρώτων υλών, έτσι ο όγκος των πωλήσεων ως επί το πλείστον εξαρτάται από τις δυνατότητες διανομής της εταιρείας. Ωστόσο μερικές εταιρίες έχουν αρχίσει να αποτελούν premium επιλογές λόγω της καλύτερης αντίληψης της ποιότητας.</li></ul>
Αναγωνισμός	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ο ανταγωνισμός είναι αρκετά έντονος με πολλούς παίκτες.</li></ul>

Παραθέτω σε αυτό το σημείο ένα διάγραμμα με την παγκόσμια κατανάλωση τσιμέντου την πενταετία 2006-2010. Τα ποσά είναι σε εκατομμύρια τόνους (mt).



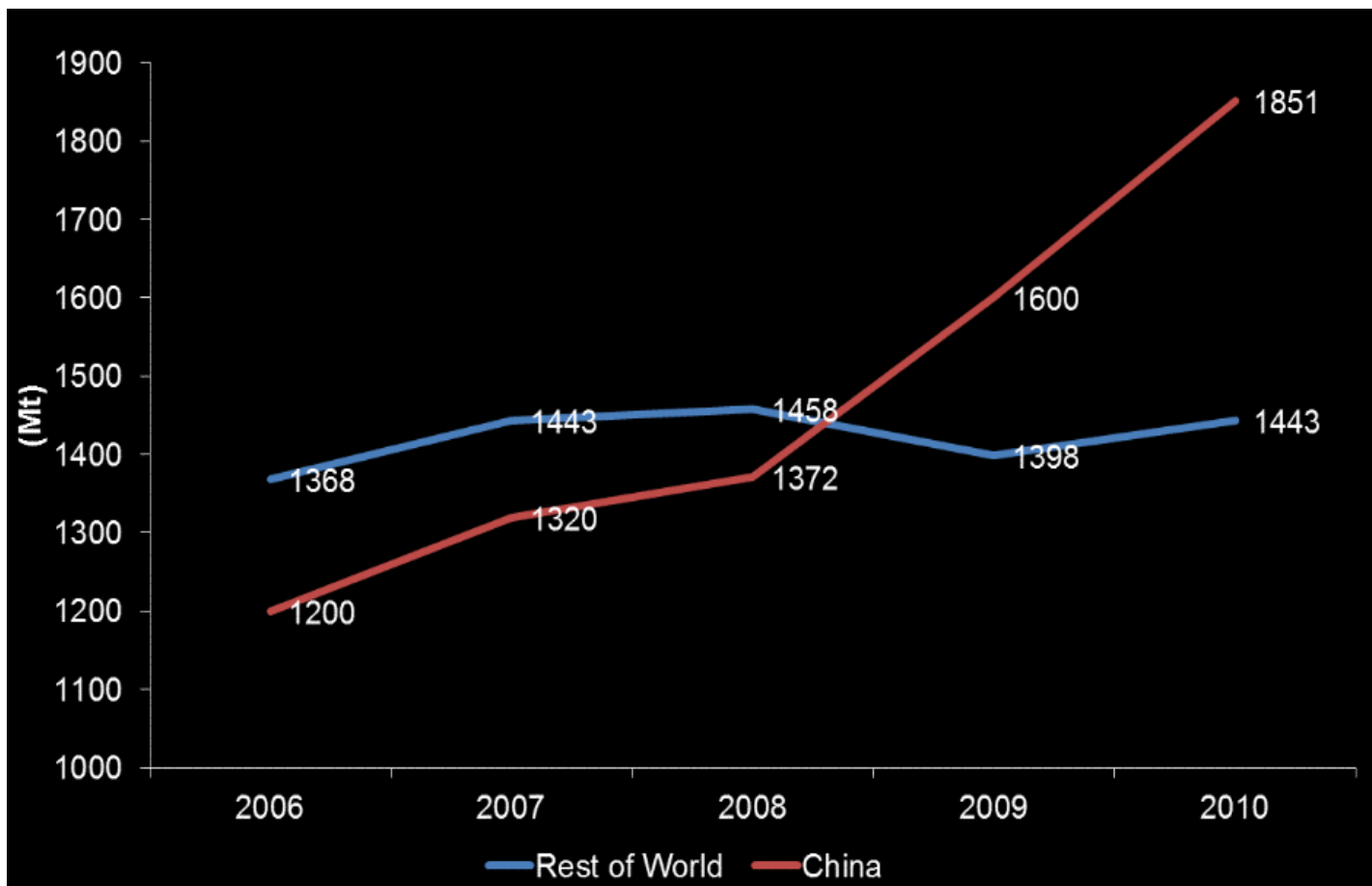
Σχήμα 14: Παγκόσμια παραγωγή τσιμέντου για την πενταετία 2006-2010.

Πηγή: Global Cement Report.

Βλέπουμε ότι το 2007 και κυρίως το 2008 η ανάπτυξη του κλάδου μειώθηκε κατά 24% και κατά 68% αντίστοιχα, χωρίς όμως να έχουμε ύφεση. Η επιβράδυνση αυτή οφείλεται στην παγκόσμια οικονομική κρίση που έπληξε ιδιαίτερα τις δυτικές οικονομίες. Αντιθέτως το 2009 και το 2010 η ανάπτυξη αυξήθηκε για να φτάσει σταδιακά στα επίπεδα του 2006, δηλαδή στο 9.9%. Επίσης το 2010 η κατανάλωση έσπασε το φράγμα των 3000 mt.

Παρακάτω παραθέτω ένα διάγραμμα με την κατανάλωση τσιμέντου της Κίνας (κόκκινο χρώμα) και του υπολοίπου κόσμου (μπλε χρώμα).





Σχήμα 15: Συγκριτικό διάγραμμα κατανάλωσης τσιμέντου στην Κίνα σε σχέση με την κατανάλωση στο υπόλοιπο κόσμο.

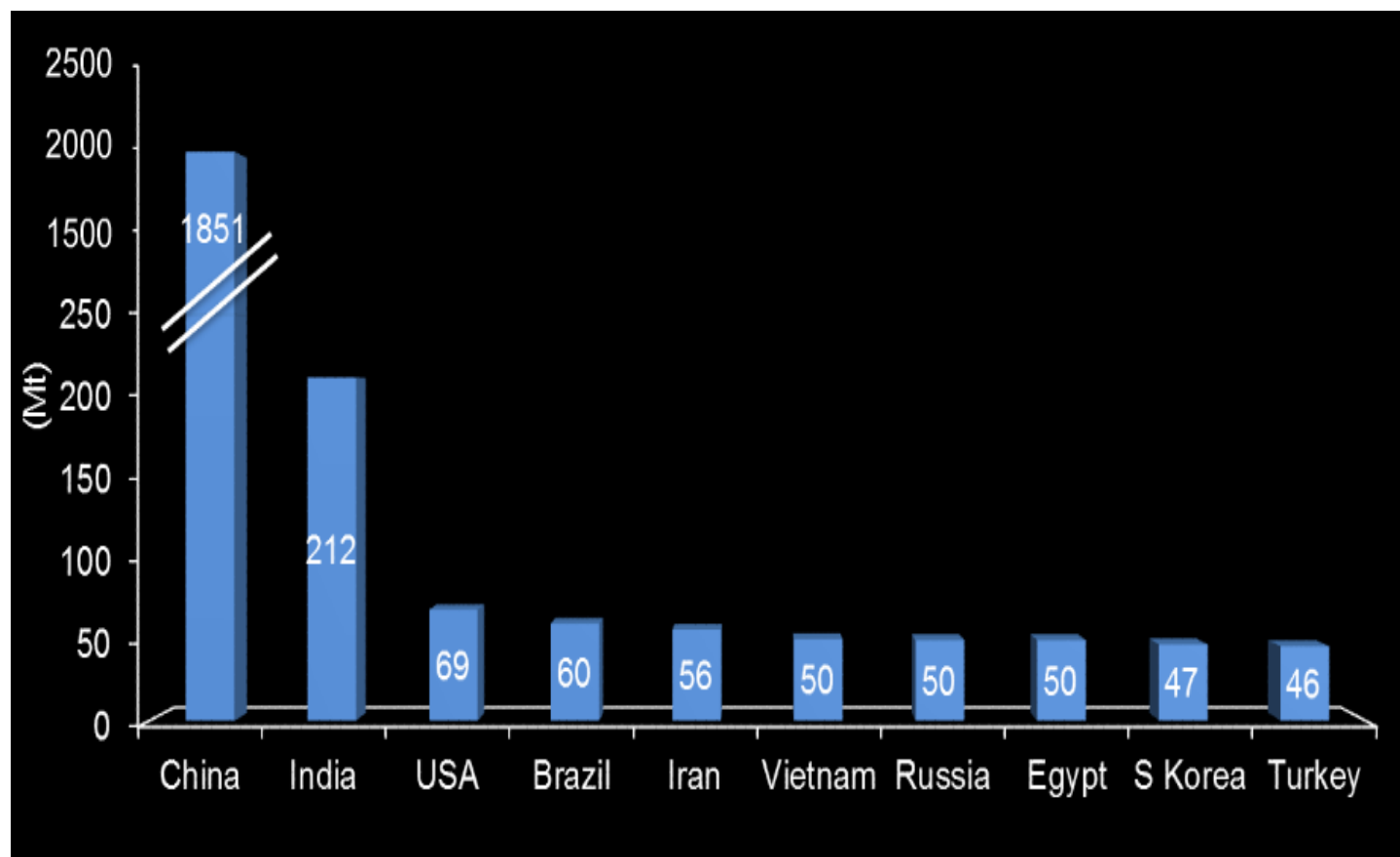
Πηγή: Global Cement Report.

Βλέπουμε στο συγκεκριμένο διάγραμμα πως η ανάπτυξη της Κίνας συγκράτησε την παγκόσμια κατανάλωση τσιμέντου την περίοδο της κρίσης από την πάροδο σε αρνητικά πρόσημα. Η Κίνα διατηρούσε ρυθμούς ανάπτυξης στην κατανάλωση τσιμέντου μεγαλύτερους από τον παγκόσμιο ρυθμό για αρκετό καιρό, παρατηρούμε όμως μια μεγάλη αύξηση της ζήτησης από το 2008. Πιο συγκεκριμένα ο ρυθμός ανάπτυξης το 2009 και το 2010 ήταν 16.6% και 15.6% αντίστοιχα. Το 2010 η Κίνα είχε την εξωπραγματική κατανάλωση 1400 κιλών τσιμέντου κατά κεφαλήν, υπερδιπλάσια του παγκοσμίου μέσου όρου.

Αν βγάξουμε από την συνάρτηση την Κίνα, ο υπόλοιπος κόσμος υπέστη έντονη ύφεση της τάξεως του 4% το 2009 επιστρέφοντας έτσι στα επίπεδα ζήτησης του 2006. Το 2010 επέστρεψε στην ανάπτυξης με ένα ρυθμό της τάξεως του 3%.

### 2.3.2 Καταναλωτές

Θα προσεγγίσουμε την κατανάλωση τσιμέντου αρχικά σε εθνικό επίπεδο και μετά σε περιφερειακό. Παραθέτω εδώ ένα διάγραμμα με τα δέκα κράτη με την μεγαλύτερη κατανάλωση τσιμέντου για το 2010.

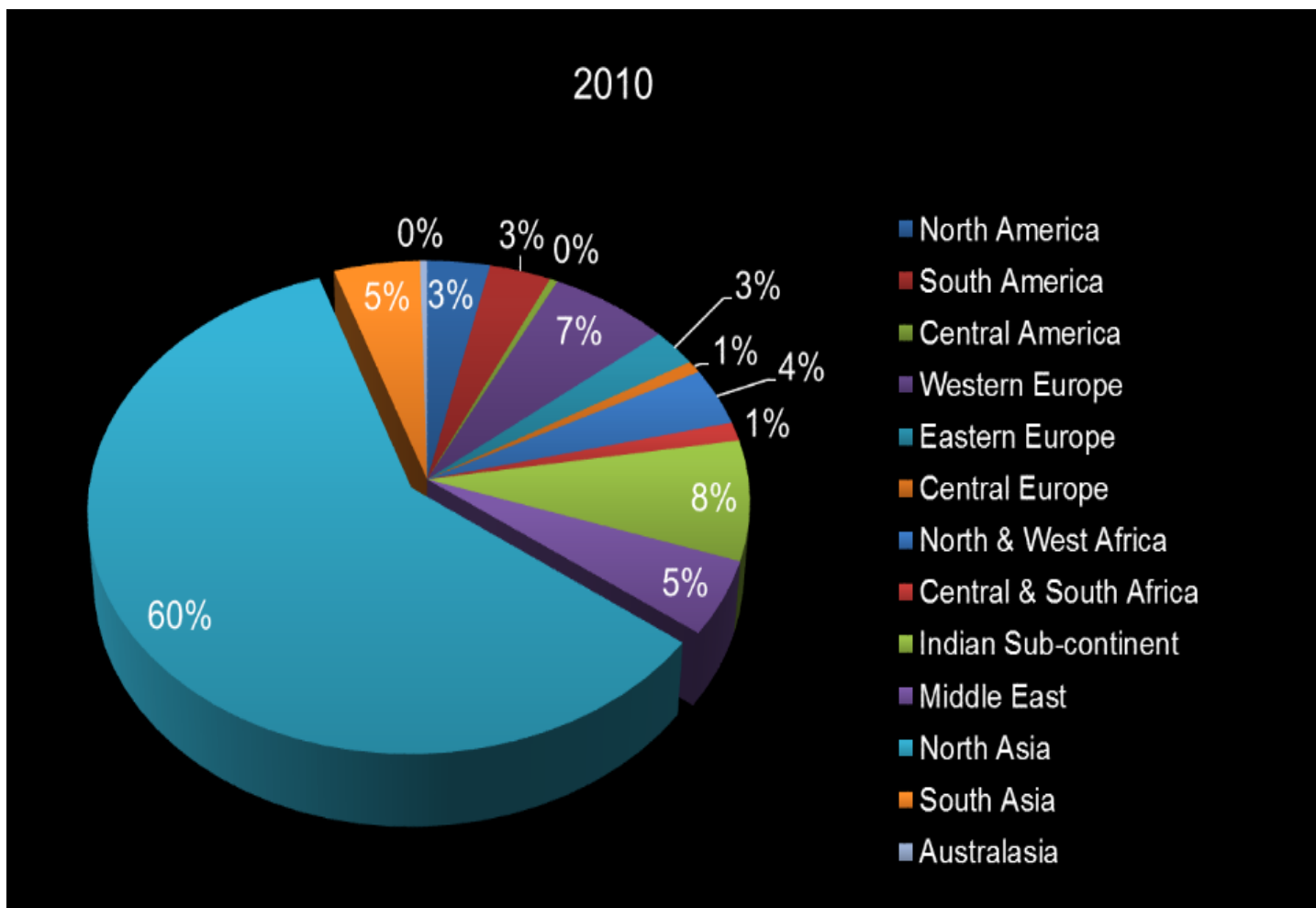


Σχήμα 16: Οι δέκα χώρες με την μεγαλύτερη κατανάλωση τσιμέντου παγκοσμίως για το 2010.

Πηγή: Global Cement Report.

Βλέπουμε και σε αυτό το διάγραμμα την ξεκάθαρη διάφορα της Κινάς με τα υπόλοιπα κράτη, αφού με τον δεύτερο μεγαλύτερο καταναλωτή, την Ινδία, την χωρίζουν περίπου 1600mt. Επίσης βλέπουμε πως η παγκόσμια οικονομική κρίση έχει πλήξει την κατανάλωση τσιμέντου των Η.Π.Α που βρίσκονται πλέον στην τρίτη θέση. Η δραματική μείωση συντελέστηκε κυρίως την διετία 2008-2009 και θα ήταν χρήσιμο να αναφέρουμε πως η κατανάλωση των Η.Π.Α. το 2005 ήταν 127mt. Στη τέταρτη θέση βρίσκεται η Βραζιλία, η οποία μειώνει ταχύτατα την απόσταση της από τις Η.Π.Α., ακολουθούμενη από το Ιράν. Στους 50mt βρίσκουμε τρεις χώρες για τις οποίες οι προβλέψεις ποικίλουν. Η κατανάλωση του Βιετνάμ μάλλον κορυφώνεται, η Ρωσία επέστρεψε σε ανοδικές τάσεις μετά από ένα διετές διάλειμμα και η Αίγυπτος είχε αρκετά αβέβαιες βραχυπρόθεσμες προοπτικές μετά την επανάσταση του Φεβρουαρίου.

Παραθέτω τώρα ένα κυκλικό διάγραμμα που αναφέρει την κατανάλωση σε επίπεδο περιφερειών.



Σχήμα 17: Κυκλικό διάγραμμα με την κατανάλωση τσιμέντου σε περιφερειακό επίπεδο για το 2010.

Πηγή: Global Cement Report

Βλέπουμε ότι υπάρχει μια μετατόπιση της κατανάλωσης από τις ανεπτυγμένες χώρες προς τις αναδυόμενες οικονομίες, με την δυτική Ευρώπη να χάνει την δεύτερη θέση από την Ινδία. Επίσης το μερίδιο στην παγκόσμια κατανάλωση της βόρειας Αμερικής μειώθηκε από 5% το 2008 σε 3% το 2010.

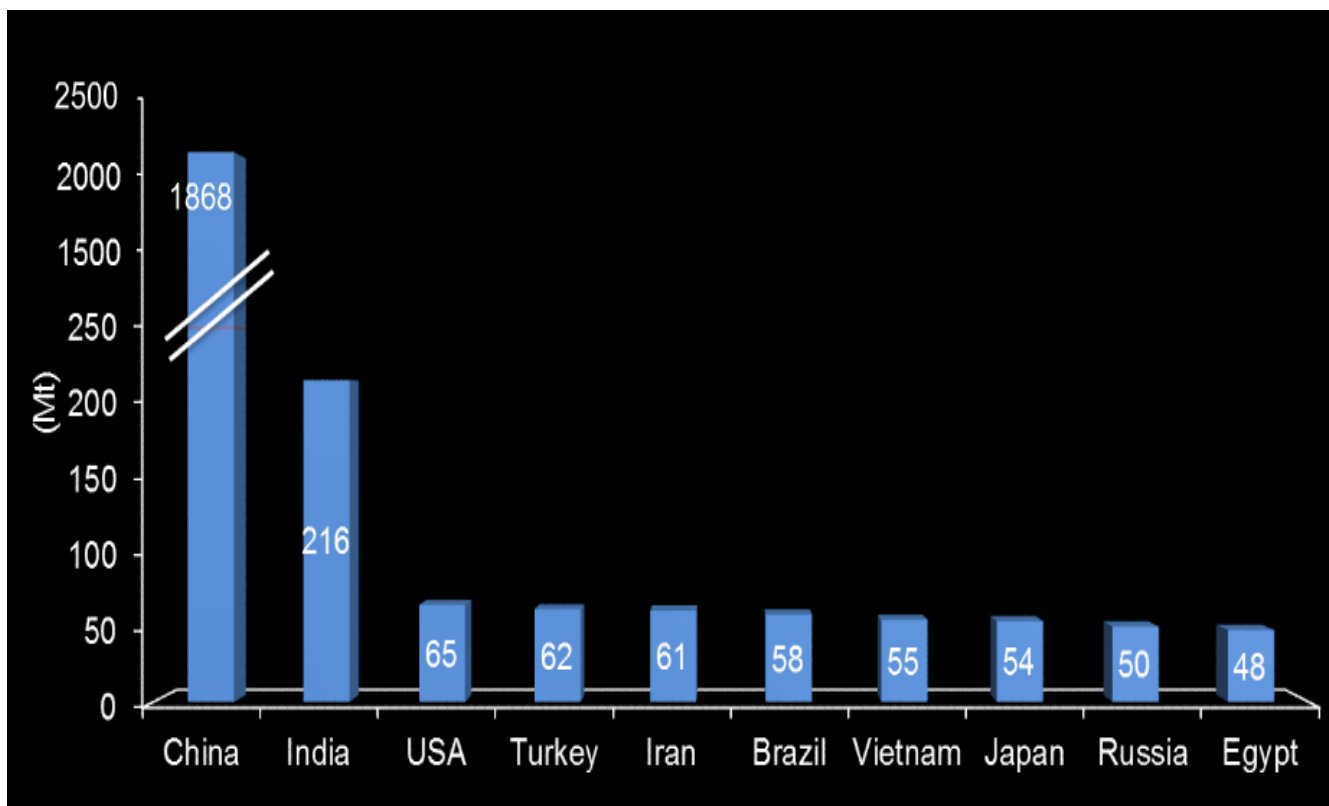
### 2.3.3 Παραγωγοί

Ας δούμε μερικά κύρια σημεία της παγκόσμιας παραγωγής τσιμέντου.

- Η παγκόσμια ικανότητα παραγωγής (production capacity) τσιμέντου το 2010 έφτασε τους 3500mt με την παγκόσμια παραγωγή να είναι 3300mt το ίδιο έτος.
- 149 χώρες παράγουν τσιμέντο στον κόσμο εκ των οποίων 32 παράγουν περισσότερους από 10mt τον χρόνο.
- Υπάρχουν επίσης τουλάχιστον 17 χώρες χωρίς την ικανότητα παραγωγής.

- Υπάρχουν 2360 ολοκληρωμένα εργοστάσια παραγωγής συμπεριλαμβανομένων και 1000 σύγχρονων μονάδων που βρίσκονται σε κινέζικο έδαφος.
- Στον κόσμο υπάρχουν 750 ανεξάρτητα εργοστάσια άλεσης (grinding plants) εκ των οποίων τα 350 στην Κίνα.
- Δημιουργήθηκαν την τελευταία διετία 140 καινούργια εργοστάσια παραγωγής.

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, το 95% της παγκόσμιας παραγωγής καταναλώνεται στην χώρα παραγωγής του. Έτσι αναμένουμε οι μεγαλύτεροι παραγωγοί να συμπίπτουν με τους μεγαλύτερους καταναλωτές.



Σχήμα 18: Οι δέκα χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή τσιμέντου παγκοσμίως για το 2010.

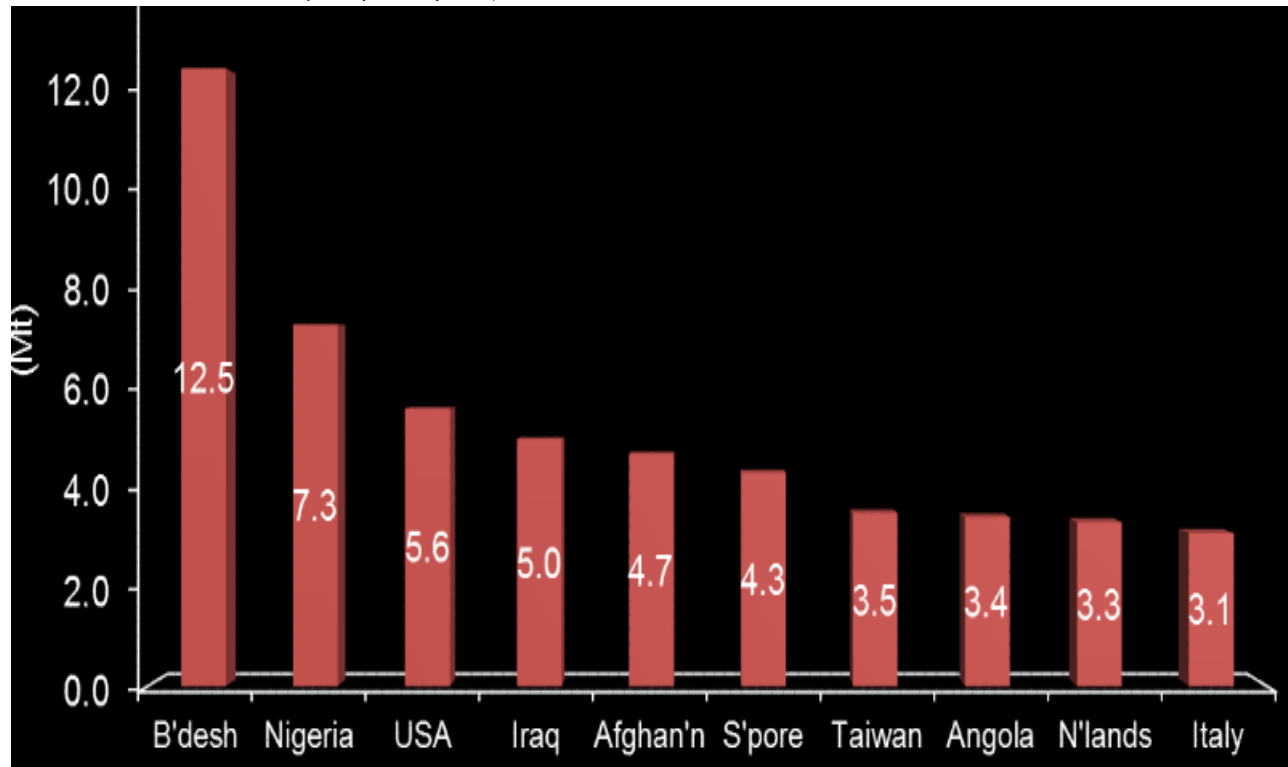
Πηγή: Global Cement Report.

Βλέπουμε πως όντως οι εννέα στους δέκα μεγαλύτερους παραγωγούς συμπίπτουν με τους μεγαλύτερους καταναλωτές. Παρατηρούμε επίσης την αρκετά υψηλή θέση της Τουρκίας, η οποία την κάνει και τον μεγαλύτερο εξαγωγέα τσιμέντου παγκοσμίως. Επιπροσθέτως βλέπουμε πως η Ιαπωνία, που δεν ήταν στην λίστα με τους μεγαλύτερους καταναλωτές, είναι όγδοη έχοντας ένα μεγάλο μέρος του τσιμέντου που παράγει να πωλείται στο εξωτερικό.

### 2.3.4 Διεθνές Εμπόριο Τσιμέντου

Ας δούμε μερικά κύρια σημεία του παγκοσμίου εμπορίου τσιμέντου.

- Το εμπόριο τσιμέντου και κλίνκερ ήταν 151mt το 2010 και αντιστοιχούσε στο 5% της παγκόσμιας παραγωγής.
- Το 2008 το ποσό αυτό ήταν 164mt (μείωση 8%) και η πτώση αυτή οφείλεται στην ενίσχυση της εγχώριας παραγωγής για την κάλυψη της εγχώριας κατανάλωσης.
- Το εμπόριο μέσω θαλάσσης σε τσιμέντο και κλίνκερ υπολογίζεται στους 105mt και αντιστοιχεί στο 70% του παγκόσμιου εμπορίου.



Σχήμα 19: Οι δέκα χώρες με τις μεγαλύτερες εισαγωγές τσιμέντου παγκοσμίως για το 2010.

Πηγή: Global Cement Report.

Στην πρώτη θέση βρίσκεται το Μπανγκλαντές του οποίου η παραγωγή τσιμέντου βασίζεται σχεδόν εξ ολοκλήρου σε εισαγόμενο τσιμέντο και κλίνκερ και επιβάλλεται από την μεγάλη ζήτηση. Στην τρίτη θέση βρίσκονται οι Η.Π.Α., με τις εισαγωγές όμως να είναι αρκετά μειωμένες από το 2006 όταν και εισήγαγαν 36mt.

Στην λίστα βλέπουμε και τρεις χώρες που βρίσκονται σε φάση μεταπολεμικής ανοικοδόμησης: το Ιράκ, το Αφγανιστάν και την Αγκόλα. Την λίστα συμπληρώνουν χώρες που παραδοσιακά εισήγαγαν τσιμέντο όπως η Σιγκαπούρη, η Ταϊβάν και η Ολλανδία.

Η ζήτηση στην Ιταλία παραμένει ψηλά παρά την οικονομική κρίση δείχνοντας την τάση για αντικατάσταση της εγχώριας παραγωγής από εισαγωγές, υπό το βάρος και του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (Emissions Trading Scheme) της Ευρωπαϊκής Ένωσης.



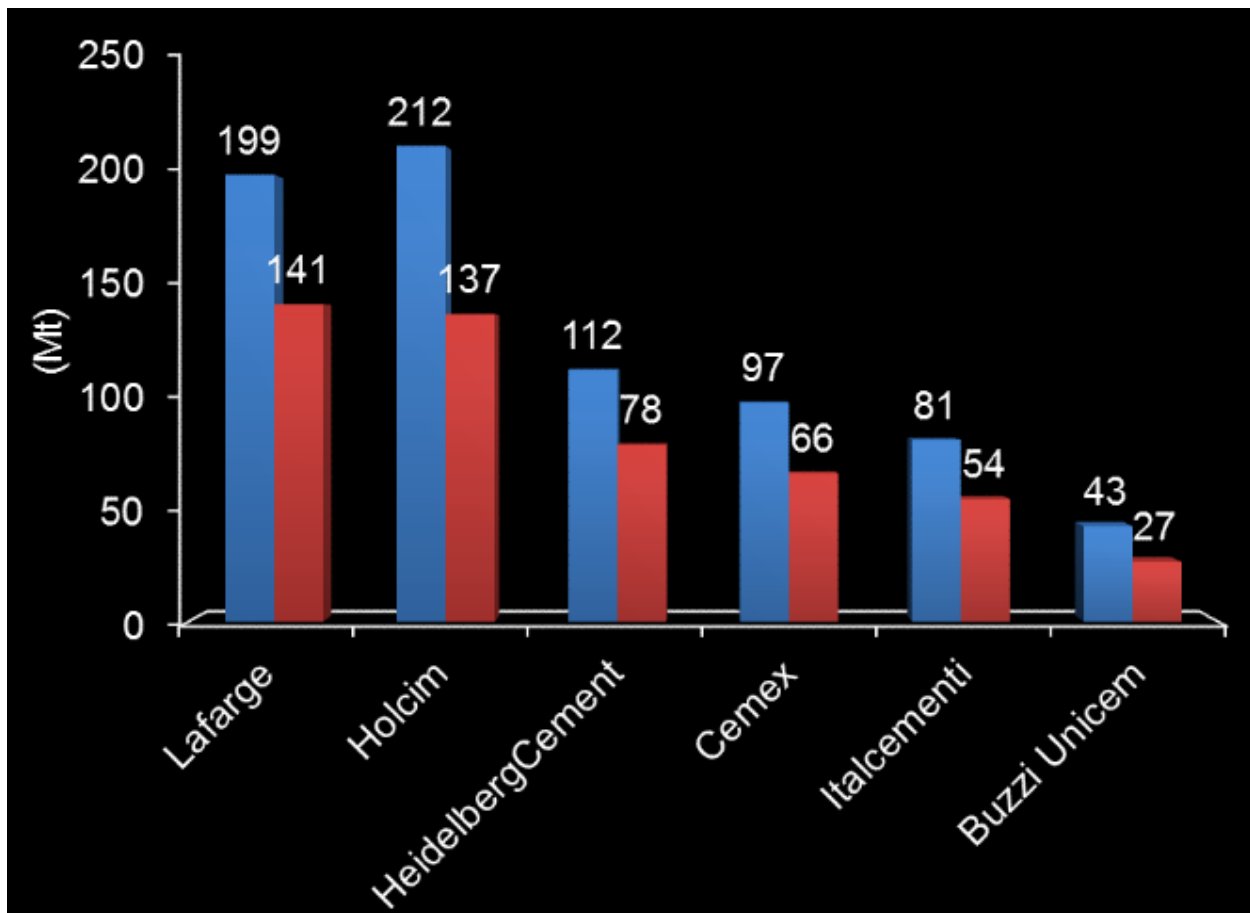
Σχήμα 20: Οι δέκα χώρες με την μεγαλύτερη εξαγωγή τσιμέντου παγκοσμίως για το 2010.

Πηγή: Global Cement Report

Βλέπουμε την Τουρκία στην πρώτη θέση με 19mt για το 2010, μια θεαματική δηλαδή αύξηση από τους 11mt το 2008. Αυτό δείχνει πόσο σωστά έχουν εκμεταλλευτεί οι παραγωγοί την διεθνή ζήτηση υπερπηδώντας την χαμηλή εγχώρια ζήτηση, κρατώντας έτσι ψηλά τα ποσοστά πλήρωσης των εγκαταστάσεων τους.

Η Ασία καταλαμβάνει, με εξαίρεση την Γερμανία, τις υπόλοιπες θέσεις. Θα ήταν χρήσιμο να αναφερθεί πως περιμένουμε οι εξαγωγές τις Ιαπωνίας να μειωθούν όταν αρχίσει η ανοικοδόμηση των ζημιών που προκλήθηκαν από το τσουνάμι του 2011. Επίσης αξιόλογη είναι και η θέση του Ιράκ, του οποίου οι εξαγωγές οφείλονται εν μέρη στην πρόσφατη κατασκευή μεγάλων μονάδων παρασκευής τσιμέντου.

Τέλος, παραθέτω ένα διάγραμμα με τις πωλήσεις (κόκκινο χρώμα) και την δυνατότητα παρασκευής (μπλε χρώμα) των έξι μεγαλύτερων εταιριών παραγωγής τσιμέντου στον κόσμο.

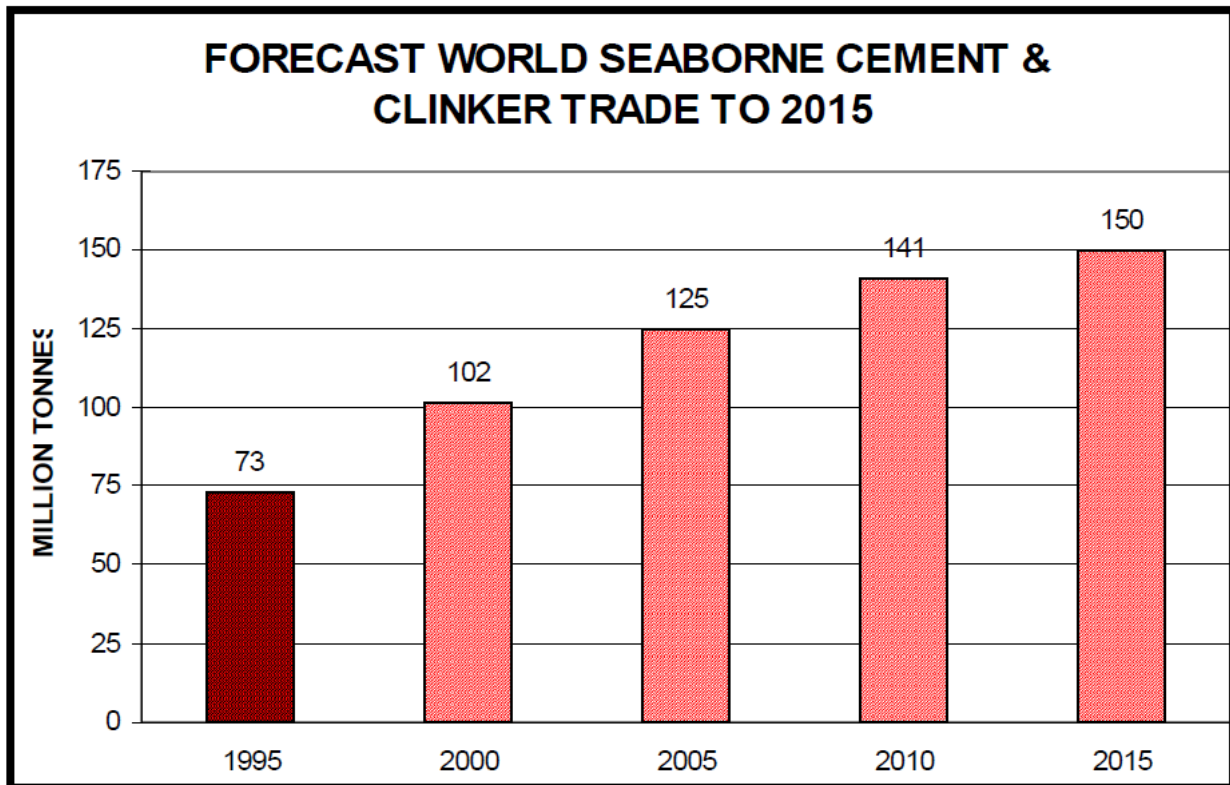


Σχήμα 21: Πωλήσεις και δυνατότητα παραγωγής των 6 μεγαλύτερων εταιριών παραγωγής τσιμέντου.

Πηγή: Global Cement Report

Αναφέρουμε ενδεικτικά πως η Lafarge είναι γαλλική, η Holcim ελβετική, η Heidelberg Cement γερμανική, η Cemex από το Μεξικό και οι Italcementi και Buzzi Unicem είναι ιταλικές. Όλες δηλαδή, πλην της Cemex, είναι ευρωπαϊκές και δραστηριοποιούνται σε πολλές χώρες ανά τον κόσμο. Ενδεικτικά η Holcim δραστηριοποιείται σε πάνω από 70 χώρες και σε όλες τις ηπείρους.

Θα ήταν χρήσιμο σε αυτό το σημείο να προσπαθήσουμε να κάνουμε και μια πρόβλεψη της κίνησης της παγκόσμιας θαλάσσιας μεταφοράς τσιμέντου για την επόμενη πενταετία.



Σχήμα 22: Απεικόνιση θαλασσίου εμπορίου τσιμέντου και κλίνκερ για το διάστημα 1995-2010 και πρόβλεψη για το 2015.

Πηγή: Ocean Shipping Consultants, Ιούνιος 2006.

Παρατηρούμε πως η αύξηση του όγκου του εμπορίου θα συνεχιστεί, αλλά με αρκετά μειωμένη ένταση έως το 2015, σε σχέση με την δεκαπενταετία 1995-2010 όπου είχαμε αύξηση κοντά στο 100%.

### 2.3.5 Κοινωνικοπολιτικό πλαίσιο

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, η ναυλαγορά επηρεάζεται έντονα από το κοινωνικοπολιτικό πλαίσιο αλλά και την κατάσταση της παγκόσμιας οικονομίας. Η αγορά των Cement Carriers δεν αποτελεί εξαίρεση στον συγκεκριμένο κανόνα. Θα συνοψίσουμε σε αυτό το σημείο τους σημαντικότερους παράγοντες που επέδρασαν και επιδρούν στην διαμόρφωση της συγκεκριμένης αγοράς.

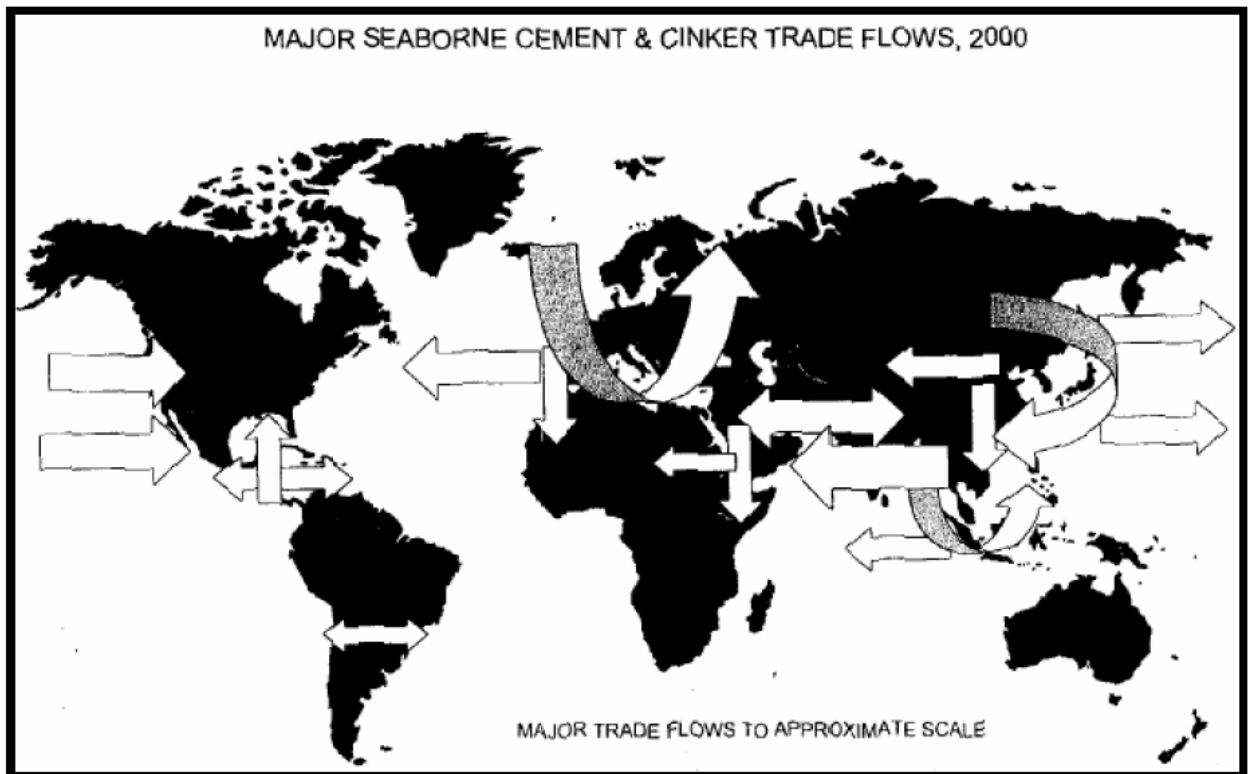
- **Πολιτικές συνθήκες:** Η επιβολή από την Ευρωπαϊκή Ένωση του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (Emissions Trading Scheme), το οποίο προαναφέραμε, άλλαξε σημαντικά τον χάρτη στην παράγωγη τσιμέντου. Το αποτέλεσμα αυτού του κανονισμού ήταν να μεταφερθούν αρκετά εργοστάσια παράγωγης και επεξεργασίας τσιμέντου σε χώρες έξω από την Ευρωπαϊκή Ένωση όπως για παράδειγμα στην Τουρκία, στην Αίγυπτο και στο Ισραήλ. Αυτή η



εξέλιξη είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του εμπορίου τσιμέντου μέσω θαλάσσης και την ζήτηση για περισσότερη μεταφορική ικανότητα.

- **Οικονομική κατάσταση:** Οι ισορροπίες στο παγκόσμιο εμπόριο τσιμέντου άλλαξαν με την είσοδο νέων χωρών με μεγάλα αποθέματα, κυρίως στην ήπειρο της Ασίας (π.χ. Κίνα). Στις χώρες αυτές το κόστος παραγωγής είναι αρκετά χαμηλό και το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την σχετικά φθηνή μεταφορική δυνατότητα, έκανε οικονομικά συμφέρουσα την εισαγωγή τσιμέντου για κάποιες προηγμένες χώρες (π.χ. Η.Π.Α.).

Όπως θα δούμε και από το παρακάτω σχήμα, οι κυριότερες διαδρομές του παγκοσμίου εμπορίου τσιμέντου είναι μεταξύ των χωρών της Ευρώπης, μεταξύ των χωρών της Ασίας αλλά και από την Ασία προς την Αμερική.



Σχήμα 23: Κύριες διαδρομές παγκοσμίου θαλασσίου εμπορίου τσιμέντου και κλίνκερ.

Πηγή: Ocean Shipping Consultants, Ιούνιος 2006.

- **Τεχνολογικές Εξελίξεις:** Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, έχει δημιουργηθεί τα τελευταία χρόνια η προτίμηση από τους μεγαλύτερους παραγωγούς τσιμέντου στην Ευρώπη, για εξειδικευμένα πλοία καινούργιας τεχνολογίας, με δικά τους μέσα φορτοεκφόρτωσης και σχετικά μικρό βύθισμα.

- **Περιβαλλοντικές Συνθήκες:** Τα τελευταία 20 χρόνια επιτελείται μια αύξηση των κανονισμών για την προστασία του περιβάλλοντος που αφορά τόσο τα εργοστάσια παραγωγής τσιμέντου, όσο και τα πλοία μεταφοράς του. Οι νέοι αυτοί κανονισμοί δίνουν έμφαση στην πρόληψη ατυχημάτων καθώς και στον περιορισμό των ρύπων και αποτελούν κινητήριο μοχλό και για τις τεχνολογικές εξελίξεις στον κλάδο.

### 3. Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα

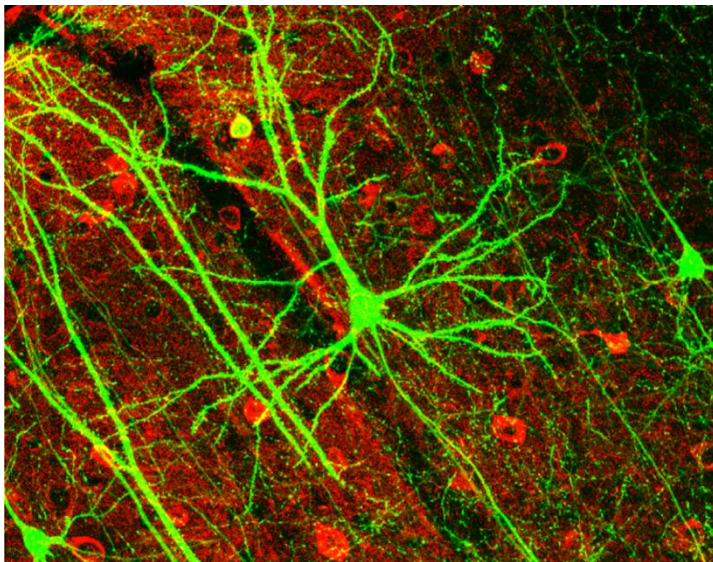
Το Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο είναι ένα σύστημα βασισμένο στην λειτουργία και την δομή των βιολογικών νευρωνικών δικτύων. Ο λόγος για τον οποίο μια τέτοια προσομοίωση είναι επιθυμητή, έγκειται στο ότι υπάρχουν προβλήματα στα οποία ακόμα και οι σύγχρονοι, τεχνολογικά προηγμένοι, υπολογιστές αδυνατούν να δώσουν λύση. Τα σύγχρονα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα αποτελούν εργαλεία μη γραμμικής στατιστικής μοντελοποίησης με στόχο κυρίως την κατανόηση της σχέσης μεταξύ δεδομένων εισόδου και δεδομένων εξόδου σε περίπλοκα συστήματα.

#### 3.1 Περιγραφή Βιολογικού Νευρώνα

Ο ανθρώπινος εγκέφαλος αποτελούσε ανέκαθεν πόλο έλξης της επιστημονικής κοινότητας και παρά τις σημαντικές προσπάθειες για την κατανόηση του η ακριβής λειτουργία του μας είναι άγνωστη ακόμα και σήμερα. Κάποιες πτυχές ωστόσο της λειτουργίας αυτού του «επεξεργαστή» έχουν ανακαλυφθεί και εξηγηθεί.

Το βασικό στοιχείο του ανθρώπινου εγκεφάλου, είναι ένα συγκεκριμένο είδος κυττάρου, οι νευρώνες. Αυτό που κάνει τους νευρώνες να ξεχωρίζουν από τα άλλα κύτταρα είναι το γεγονός πως δεν αναγεννιούνται. Έτσι είναι λογικό να υποθέσουμε πως αυτά τα κύτταρα είναι υπεύθυνα για την λειτουργία της μνήμης, της σκέψης, καθώς και για την δυνατότητα ανάκλησης προηγούμενων εμπειριών πριν από κάθε πράξη. Ο αριθμός των νευρώνων στον ανθρώπινο εγκέφαλο υπολογίζεται στα 100 δισεκατομμύρια. Ο κάθε νευρώνας συνήθως συνδέεται με 1000 έως 10000 άλλους, ενώ αυτός ο αριθμός σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να φτάνει και τις 200000.

Οι νευρώνες ως επεξεργαστές είναι αρκετά πιο αργοί από τις λογικές πύλες των σύγχρονων υπολογιστών. Παρόλα αυτά όμως, ο εγκέφαλος με την υψηλή πολυπλοκότητά του, και το σύστημα παράλληλης επεξεργασίας που διαθέτει, με τη δυνατότητα να οργανώνει τους νευρώνες, επιτελεί τις επεξεργασίες πολύ πιο γρήγορα και από τον ταχύτερο ηλεκτρονικό υπολογιστή.

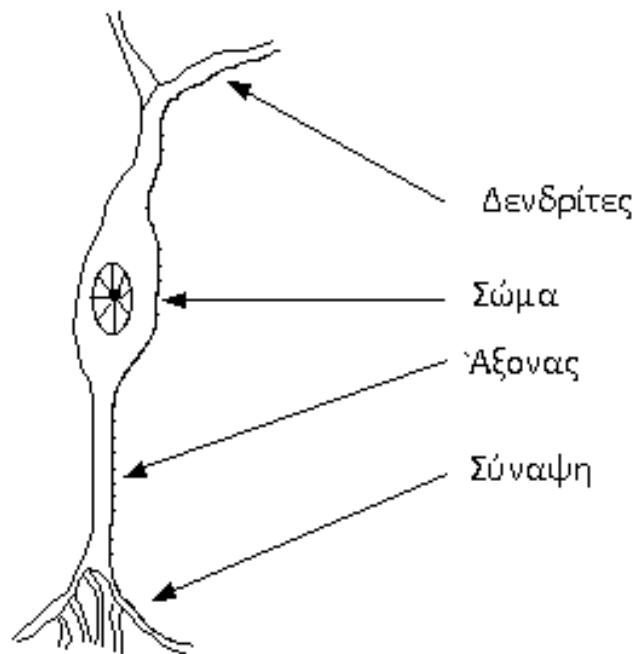


**Εικόνα 3: Απεικόνιση βιολογικού νευρώνα.**

Οι νευρώνες διαθέτουν πλήθος υποσυστημάτων, μηχανισμών ελέγχου και εξαρτημάτων. Είναι δηλαδή αρκετά περίπλοκοι. Η μετάδοση των πληροφοριών γίνεται με ηλεκτροχημικές αντιδράσεις. Οι νευρώνες είναι αρκετά εξειδικευμένοι και για αυτό υπάρχει αρκετά μεγάλη διαφοροποίηση στα βασικά χαρακτηριστικά τους όπως το σχήμα, το μήκος και οι ηλεκτροχημικές ιδιότητες. Αξίζει να αναφερθεί πως υπάρχουν πάνω από 100 διαφορετικές κατηγορίες νευρώνων.

Τα βασικά στοιχεία που αποτελούν τον νευρώνα είναι τα εξής:

- Τους **Δενδρίτες**, σχετικά κοντές διακλαδιζόμενες κυτταρικές προεξοχές.
- Τον **Νευράξονα**, μια ίνα τόσο λεπτή που μπορεί να έχει μήκος μέχρι και δεκάδες χιλιάδες φορές μεγαλύτερο από την διάμετρο της. Ο κάθε νευρώνας διαθέτει μόνο έναν άξονα και είναι υπεύθυνος για την μεταφορά των νευρικών σημάτων. Ο νευρώνας διακλαδίζεται έντονα και έχει έτσι την δυνατότητα να επικοινωνεί με πολλά κύτταρα στόχους.
- Το **Σώμα**, το οποίο βρίσκεται ανάμεσα στους δενδρίτες και τον νευράξονα και αποτελεί το μεγαλύτερο κεντρικό τμήμα του κυττάρου.
- Τις **Συνάψεις**, οι οποίες αποτελούν απολήξεις του άξονα. Είναι αρκετά εξειδικευμένες δομές και χρησιμοποιούν νευροδιαβιβαστικά χημικά ώστε να έρθουν σε επικοινωνία με άλλα κύτταρα.



Εικόνα 4: Τυπική διάταξη βιολογικού νευρώνα.

## 3.2 Ιστορική αναδρομή στην εξέλιξη των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων

Η μελέτη του ανθρώπινου εγκεφάλου έχει ξεκινήσει εδώ και χιλιάδες χρόνια. Η σημαντικότερη πρόοδος όμως έχει επιτελεστεί τον τελευταίο αιώνα όταν και με την βοήθεια των ηλεκτρονικών υπολογιστών ο άνθρωπος ξεκίνησε την προσπάθεια προσομοίωσης της ανθρώπινης σκέψης.

Η σύγχρονη εποχή της μελέτης των τεχνητών νευρωνικών δικτύων ξεκινάει από την εργασία του νευροφυσιολόγου Warren McCulloch και του μαθηματικού Walter Pitts το 1943. Ο McCulloch μελετούσε για περισσότερα από 20 χρόνια το «γεγονός» που αποτελούσε το εφελκυστικό της αίσθησης, της σκέψης κλπ. Μόνο όμως όταν ο McCulloch και ο Pitts συνεργάστηκαν, κατάφεραν να εκδώσουν μια εργασία για την πιθανή λειτουργία των νευρώνων και να κατασκευάσουν ένα πρώιμο τεχνητό νευρωνικό δίκτυο βασισμένο σε απλά ηλεκτρικά κυκλώματα. Σε αυτούς πιστώνεται η θεωρία McCulloch-Pitts για Τυπικά Νευρωνικά Δίκτυα.

Η αμέσως επόμενη μεγάλη εξέλιξη στο πεδίο των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων ήρθε το 1949 με το βιβλίο "The Organization of Behavior" από τον Donald Hebb. Το βιβλίο αυτό ενίσχυε την θεωρία των McCulloch-Pitts για τους νευρώνες και την λειτουργία τους. Μια σημαντική πρόταση του βιβλίου ήταν η ιδιότητα των νευρώνων να ενδυναμώνονται κάθε φορά που χρησιμοποιούνται. Αυτό όπως θα δούμε έχει ιδιαίτερη εφαρμογή, ειδικά στην εκπαίδευση του δικτύου.

Καθώς οι συμβατικοί υπολογιστές άρχισαν να εξελίσσονται κατά την δεκαετία του 50, η έρευνα για τα νευρωνικά δίκτυα άρχισε να φθίνει. Παρόλα αυτά κάποιοι μεμονωμένοι επιστήμονες συνέχισαν την έρευνα. Ένας από αυτούς ήταν ο Marvin Minsky, που το 1954 τελείωσε την διδακτορική του διατριβή με τίτλο "Theory of Neural-Analog Reinforcement Systems and its Application to the Brain-Model Problem", στην οποία εξέφραζε και τους προβληματισμούς του για την έρευνα στο πεδίο των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων. Επίσης ήταν και ένας από τους πρώτους που καταπιάστηκαν με την τεχνητή νοημοσύνη (artificial intelligence).

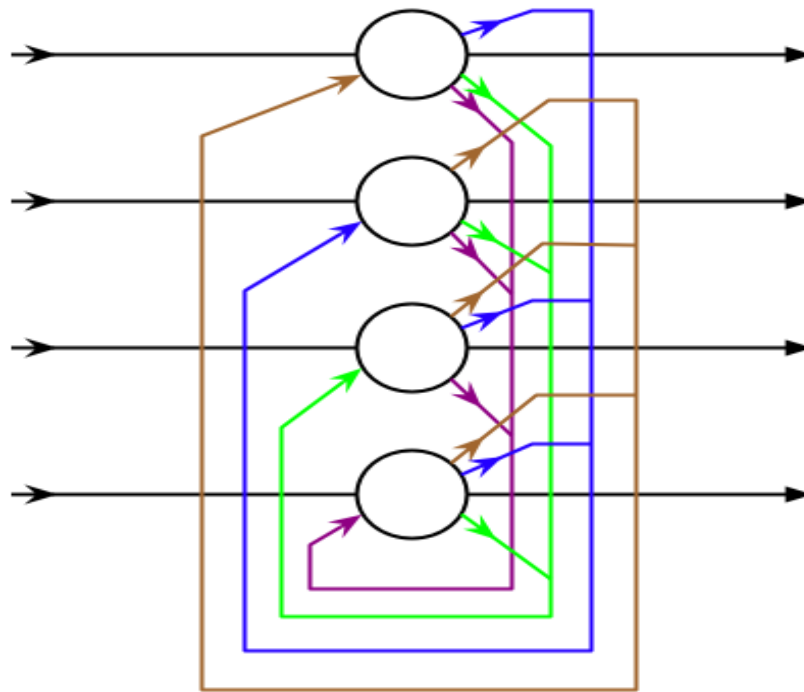
Το 1958 Frank Rosenblatt, ένας νευροβιολόγος, όρχησε να δουλεύει πάνω στο Perceptron. Το Perceptron το πρώτο «πρακτικό» Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο και ήταν φτιαγμένο από σχετικά πρωτόγονα και παλιά για εκείνη την εποχή υλικά. Το Perceptron βασίστηκε στην έρευνα πάνω στο μάτι της μύγας και το πώς επεξεργάζεται αυτό τα δεδομένα που λαμβάνει. Το συγκεκριμένο είδος Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου αποδείχτηκε, από το βιβλίο "Perceptrons" των Marvin Minsky και Seymour Papert που εκδόθηκε το 1969, πως είχε περιορισμένες δυνατότητες.

Τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα που εφαρμόστηκαν πρώτα σε πραγματικά προβλήματα ήταν τα μοντέλα ADALINE (ADaptive LINear Elements) και MADELINE (Multiple ADaptive LINear Elements). Αυτά δημιουργήθηκαν το 1959-1960 από τους Bernard Widrow και Marcian Hoff. Το μοντέλο ADALINE χρησιμοποιείται για την αφαίρεση των απόηχων από τις τηλεφωνικές γραμμές.

Την περίοδο μεταξύ 1969 και 1981 η προσοχή της κοινής γνώμης στράφηκε έντονα στα νευρωνικά δίκτυα. Οι δυνατότητες τους υπερετιμήθηκαν σε τεράστιο βαθμό και δημιουργήθηκε η εντύπωση πως μπορούσαν να κάνουν τα πάντα με αποτέλεσμα την απογοήτευση όταν οι προσδοκίες αυτές δεν είχαν

σχέση με τη πραγματικότητα. Εκτός αυτού πολλές δημιουργίες της επιστημονικής φαντασίας κατά κάποιο τρόπο δαιμονοποιούσαν την τεχνητή νοημοσύνη και έτσι η χρηματοδότηση για την έρευνα στα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα είχε μειωθεί κατά πολύ.

Το 1982 ο John Hopfield παρουσίασε στην επιστημονική κοινότητα το έργο του πάνω στην τεχνητή νοημοσύνη και πρότεινε μια αλλαγή της προσέγγισης της. Συγκεκριμένα ισχυρίστηκε πως η αποστολή της επιστημονικής κοινότητας δεν θα έπρεπε να είναι τόσο η προσομοίωση του ανθρωπινού εγκεφάλου αυτού καθεαυτού, όσο η χρήση της γενικότερης λειτουργίας του με απώτερο σκοπό την δημιουργία μηχανών που θα έχουν την δυνατότητα να λύσουν δυναμικά προβλήματα. Έδειξε επίσης πως τέτοια δίκτυα ήταν δυνατόν να υπάρξουν και περιέγραψε το πώς θα λειτουργούσαν. Ο χαρακτήρας του και η μεγάλες γνώσεις του στο πεδίο της Μαθηματικής Ανάλυσης έπεισαν την επιστημονική κοινότητα πως το ενδιαφέρον και η έρευνα για την τεχνητή νοημοσύνη και τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα έπρεπε να ανανεωθεί. Οι ιδέες του «γέννησαν» ένα νέο τύπο τεχνητού νευρωνικού δικτύου που πλέον ονομάζεται μοντέλο Hopfield.



**Εικόνα 5: Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο Hopfield με 4 κόμβους.**

Σχεδόν ταυτόχρονα με την αλλαγή πλεύσης που πρότεινε ο Hopfield, σε ένα συνέδριο τεχνητής νοημοσύνης στην Ιαπωνία ανακοινώθηκε από την τοπική επιστημονική κοινότητα η επανεκκίνηση των ερευνών γύρω από τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα. Μπροστά στο ενδεχόμενο να μείνουν πίσω στην έρευνα οι Η.Π.Α. επανέφεραν επίσης την χρηματοδότηση στον συγκεκριμένο επιστημονικό κλάδο.

Το 1986 έγινε το πρώτο συνέδριο νευρωνικών δικτύων με την συμμετοχή 1800 συνέδρων. Επίσης οι Rumelhart, Hinton και Williams ανακοίνωσαν μετά από την έρευνα τους γύρω από τον αλγόριθμο αντίστροφης διάδοσης (back propagation algorithm), πως ο αλγόριθμος αυτός ήταν ο αποτελεσματικότερος για την εκπαίδευση δικτύων perceptron πολλών επιπέδων.

Από τις αρχές τις δεκαετίας του 1990 πολλές τεχνολογικές εξελίξεις έχουν επιτελεστεί στο πεδίο των τεχνητών νευρωνικών δικτύων ανά τον κόσμο. Οι εταιρίες του κλάδου της τεχνολογίας αναζητούν τρόπους εφαρμογής των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων στην ηλεκτρονική. Συγκεκριμένα επενδύουν στην δημιουργία τριών ειδών νευρωνικών τσιπ: αναλογικών, ψηφιακών και οπτικών. Μπορούμε να πούμε με βεβαιότητα πως το πεδίο των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων έχει ένα πολλά υποσχόμενο μέλλον.

Κομμάτι αυτού του μέλλοντος θα αποτελέσει πιθανότατα το project blue brain, το οποίο ξεκίνησε το 2005. Αρχικός του στόχος ήταν η πιστή προσομοίωση μιας στήλης φλοιού, του μικρότερου λειτουργικού μέρους του νεοφλοιού (του μέρους του εγκεφάλου υπεύθυνο για υψηλές λειτουργίες όπως η μάθηση), του εγκεφάλου ενός αρουραίου. Το συγκεκριμένο project δεν χρησιμοποίησε ένα απλό Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο, αλλά μια βιολογικά πιστή ομάδα νευρώνων. Η πρώτη φάση ολοκληρώθηκε το 2008. Η δεύτερη φάση που σκοπεύει στην προσομοίωση ενός ολοκλήρου εγκεφάλου αρουραίου αναμένεται να ολοκληρωθεί το 2014. Το 2023 αναμένεται να έχει προσομοιωθεί πλήρως ένας ολόκληρος ανθρώπινος εγκέφαλος, ο οποίος, σημειωτέον, αντιστοιχεί σε περίπου 1000 εγκεφάλους αρουραίου.

### 3.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων

#### Πλεονεκτήματα

Θα αναφέρουμε σε αυτό το σημείο, τα κυριότερα χαρακτηριστικά που κάνουν τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα να ξεχωρίσουν από τις καθιερωμένες υπολογιστικές μεθόδους, αλλά και που συνηγορούν για την εφαρμογή τους σε διάφορα πεδία.

- **Ευελιξία:** Τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα χαρακτηρίζονται από πολύ υψηλή προσαρμοστικότητα. Αυτό συμβαίνει γιατί έχουν την δυνατότητα να αλλάζουν τα βάρη τους ανάλογα με τις μεταβολές του περιβάλλοντος τους και άρα ουσιαστικά να επανεκπαιδεύονται. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο είναι ιδανικά για την επίλυση πολύπλοκων και πολυδιάστατων προβλημάτων. Ένα άλλο χαρακτηριστικό της ευελιξίας τους είναι πως έχουν την δυνατότητα να δέχονται τόσο ψηφιακά όσο και αναλογικά δεδομένα.
- **Μη γραμμικότητα:** Οι νευρώνες, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν το Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο, αποτελούν ουσιαστικά μη γραμμικές μονάδες επεξεργασίας. Έτσι υπάρχει η δυνατότητα μοντελοποίησης και προσομοίωσης φαινομένων των οποίων ο μηχανισμός παραγωγής σημάτων είναι μη γραμμικός.

- **Αντιστοιχία στους βιολογικούς νευρώνες:** Η λειτουργία των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων βασίζεται στις αρχές που διέπουν την λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου. Άρα η περαιτέρω βιολογική έρευνα θα δώσει πιθανότατα την δυνατότητα για βελτιώσεις στον σχεδιασμό και στην αρχιτεκτονική των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων.
- **Ανθεκτικότητα:** Τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα αποτελούνται, όπως είπαμε, από πολλές μονάδες επεξεργασίας οι οποίες είναι μεταξύ τους συνδεδεμένες. Τα δεδομένα διαχέονται λοιπόν σε όλο το δίκτυο και έτσι δημιουργείται μια «ανοσία» σε κάποια τοπική αστοχία. Αν για παράδειγμα μέρος των νευρώνων ή των μεταξύ τους συνδέσεων πάψει για οποιαδήποτε αιτία να λειτουργεί, το σύστημα στον σύνολο του δεν καταστρέφεται ενώ η απόδοση του δεν θα φθίνει σημαντικά.
- **Ευκολία στη χρήση:** Η μόνη απαίτηση που έχει το Τεχνικό Νευρωνικό Δίκτυο από τον χρήστη είναι η συλλογή και η εισαγωγή των δεδομένων. Ουσιαστικά για να μπορέσει κάποιος να το χρησιμοποιήσει χρειάζεται στοιχειώδεις γνώσεις για την λειτουργία τους, όπως την επιλογή του σωστού δικτύου ή την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Σίγουρα οι απαιτήσεις σε επίπεδο γνώσεων είναι αρκετά χαμηλότερες από το να χρησιμοποιούσε ο χρήστης παραδοσιακές στατιστικές μεθόδους.
- **Ταχύτητα υπολογισμών:** Λόγω της παράλληλης λειτουργίας όλων των νευρώνων τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα έχουν υψηλές ταχύτητες απόκρισης αφού οι επεξεργασίες των δεδομένων γίνεται ταχύτατα.
- **Γενικότητα:** Τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα μπορούν να αποτυπώσουν και να επεξεργαστούν μια αρκετά μεγάλη ποικιλία προτύπων (patterns) και έτσι μας δίνεται η δυνατότητα να τα χρησιμοποιήσουμε σε ένα μεγάλο πλήθος εφαρμογών.
- **Εκπαίδευση:** Η ιδιότητα των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων που τα φέρνει κοντά στον ανθρώπινο εγκέφαλο είναι η «μάθηση». Όπως ακριβώς και οι άνθρωποι τα συγκεκριμένα δίκτυα εκπαιδεύονται, με σκοπό να βελτιώσουν την προσέγγισή τους και να βελτιώσουν τα δεδομένα εξόδου τους.

### Μειονεκτήματα

Παρακάτω αναφέρουμε μια σειρά από στοιχεία που αποτελούν τροχοπέδη στην εφαρμογή των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων και στα οποία θα πρέπει να επικεντρωθεί η προσπάθεια για βελτίωση τους.

- Τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα αποτελούν τεχνολογία μαύρου κουτιού (black box) με την έννοια ότι γνωρίζουμε τα δεδομένα εισόδου και εξόδου, αλλά όχι τις διεργασίες που γίνονται ενδιάμεσα. Πιο συγκεκριμένα για τα νευρωνικά δίκτυα έχει δημιουργηθεί ο όρος «άσπρο κουτί», γιατί ενώ ο χρήστης μπορεί να έρθει σε επαφή με τα περιεχόμενα του προγράμματος, ο κώδικας είναι τόσο περίπλοκος που ουσιαστικά είναι άγνωστος.
- Επέκταση του παραπάνω προβλήματος των Τεχνικών Νευρωνικών Δικτύων είναι ότι δεν μας επιτρέπουν την ασφαλή εξαγωγή συμπερασμάτων για την λειτουργία τους. Αυτό συμβαίνει γιατί ο τρόπος με τον οποίο διαμορφώνονται τα νευρωνικά δίκτυα μας είναι άγνωστος.



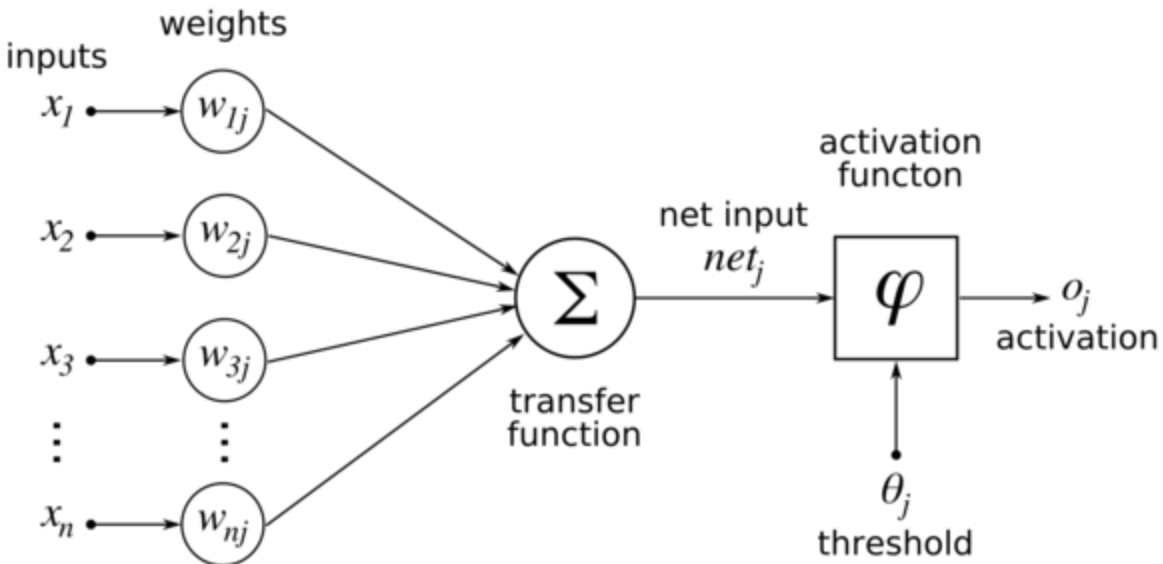
- Ένα σύννηθες πρόβλημα των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων είναι να η κακή γενίκευση της εκπαίδευσης τους. Συγκεκριμένα είναι πιθανό ένα νευρωνικό δίκτυο να ανταποκρίνεται πολύ καλά σε μια ομάδα δεδομένων «κοντινών» με τα δεδομένα εκπαίδευσης του αλλά να αποτυγχάνει να προσεγγίσει ικανοποιητικά το μοντέλο για δεδομένα εισαγωγής που διαφέρουν από αυτά με τα οποία εκπαιδεύτηκε.
- Είναι άγνωστο ποιος είναι ο βέλτιστος αριθμός νευρώνων και κρυφών επιπέδων για το κάθε πρόβλημα και έτσι τα αποτελέσματα μπορεί να διαφέρουν πολύ και να απέχουν από το επιθυμητό αποτέλεσμα.

### 3.4 Ο Τεχνητός Νευρώνας και η δομή του

#### Δομή

Ο Τεχνητός Νευρώνας αποτελείται κάποια βασικά στοιχεία τα οποία και αναλύουμε παρακάτω:

- **Τα δεδομένα εισόδου (Inputs)**, τα οποία είναι συνήθως ερεθίσματα από το εξωτερικό περιβάλλον αλλά μπορεί να είναι ακόμα και αποτελέσματα ενός άλλου Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου. Μπορεί να είναι πολλών μορφών όπως για παράδειγμα ακέραιοι ή πραγματικοί αριθμοί.
- **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 είσοδο της το σήμα  $W_{kj}$ . Σκοπός της εκπαίδευσης του Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου είναι η διαμόρφωση των σωστών τιμών για τα συναπτικά βάρη έτσι ώστε να έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα.
- **Ο αθροιστής (Weighted Sum)**, ο οποίος στην έξοδο του δίνει το άθροισμα των σταθμισμένων εισόδων.
- **Το κατώφλι (Threshold)  $\theta_j$** . Πρόκειται για δευτερεύουσα παράμετρο του συστήματος, η οποία συνήθως επιλέγεται με στόχο την καλύτερη ευελιξία του και αφαιρείται από το άθροισμα το οποίο παίρνουμε από την έξοδο του αθροιστή.
- **Η συνάρτηση ενεργοποίησης (Activation Function)**. 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. Η συνάρτηση που χρησιμοποιήθηκε για τον πρωτότυπο νευρώνα των McCulloch-Pitts ήταν η βηματική συνάρτηση (unit step function).
- **Δεδομένο εξόδου (Output)**. Αποτελεί το τελικό προϊόν του νευρώνα και είναι το αποτέλεσμα της εφαρμογής της συνάρτησης ενεργοποίησης στο σταθμισμένο άθροισμα των δεδομένων εισόδου αφού έχουμε αφαιρέσει την παράμετρο του κατωφλιού. Ο τύπος του δεδομένου εξόδου εξαρτάται άμεσα από την συνάρτηση ενεργοποίησης.



Εικόνα 6: Τυπική Δομή Τεχνητού Νευρώνα.

Ως παράδειγμα δίνεται το μοντέλο ενός νευρώνα με κατώφλι  $\theta_j$ , είσοδο το διάνυσμα:

$$P = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix}, \text{ και βάρη } W = (w_{11}, w_{12}, \dots, w_{1N})$$

Έτσι ισχύει:

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

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

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

όπου  $x_1, x_2, \dots, x_N$ , τα σήματα εισόδου και  $w_1, w_2, \dots, w_N$ , τα συναπτικά βάρη του νευρώνα  $k$ ,  $\theta_x$  το κατώφλι του, και  $\varphi(\cdot)$  η συνάρτηση ενεργοποίησής του.

Θεωρώντας και το κατώφλι ως συναπτικό βάρος  $w_{k0}$  της εισόδου  $x_0 = -1$ , το  $v_k$ , δηλαδή 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  $\theta_x$  μειώνει την είσοδο της συνάρτησης ενεργοποίησης όταν το σήμα είναι θετικό και την αυξάνει όταν είναι αρνητικό.

Τα σύγχρονα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα αποτελούνται από αρκετούς απλούς νευρώνες, όπως αυτών που περιγράφηκε παραπάνω, οι οποίοι συνθέτουν αρχικά ένα στρώμα και στη συνέχεια ένα σύστημα πολλών στρωμάτων.

### Είδη συναρτήσεων ενεργοποίησης

Η συνάρτηση ενεργοποίησης μπορεί να είναι βηματική, γραμμική ή μη γραμμική.

Η βηματική συνάρτηση ενεργοποίησης είναι της μορφής:

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

Μια γραμμική συνάρτηση ενεργοποίησης μπορεί να είναι η:

$$\varphi(x) = x$$

$$\text{ή και η: } \varphi(x) = \begin{cases} 0, & x \leq x_{min} \\ mx + b, & x_{max} > x > x_{min} \\ 1, & x > x_{max} \end{cases}$$

Χαρακτηριστικό παράδειγμα μη γραμμικών συναρτήσεων ενεργοποίησης αποτελεί η οικογένεια των σιγμοειδών συναρτήσεων, όπως είναι η σιγμοειδής συνάρτηση υπερβολικής εφαπτομένης (Hyperbolic Tangent Function), που ορίζεται ως εξής:

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

Μια άλλη σιγμοειδής συνάρτηση, είναι η λογιστική σιγμοειδής συνάρτηση, η οποία έχει την εξής μορφή:

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

### 3.4 Το Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο και η δομή του

Υπάρχει μια σειρά από διαφορετικές παραμέτρους οι οποίες πρέπει να αποφασιστούν καθώς σχεδιάζουμε ένα Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο. Μέσα σε αυτές είναι ο αριθμός των επιπέδων ή στρωμάτων (layers), ο αριθμός των νευρώνων ανά επίπεδο, ο αριθμός των επαναλήψεων της εκπαίδευσης κλπ.

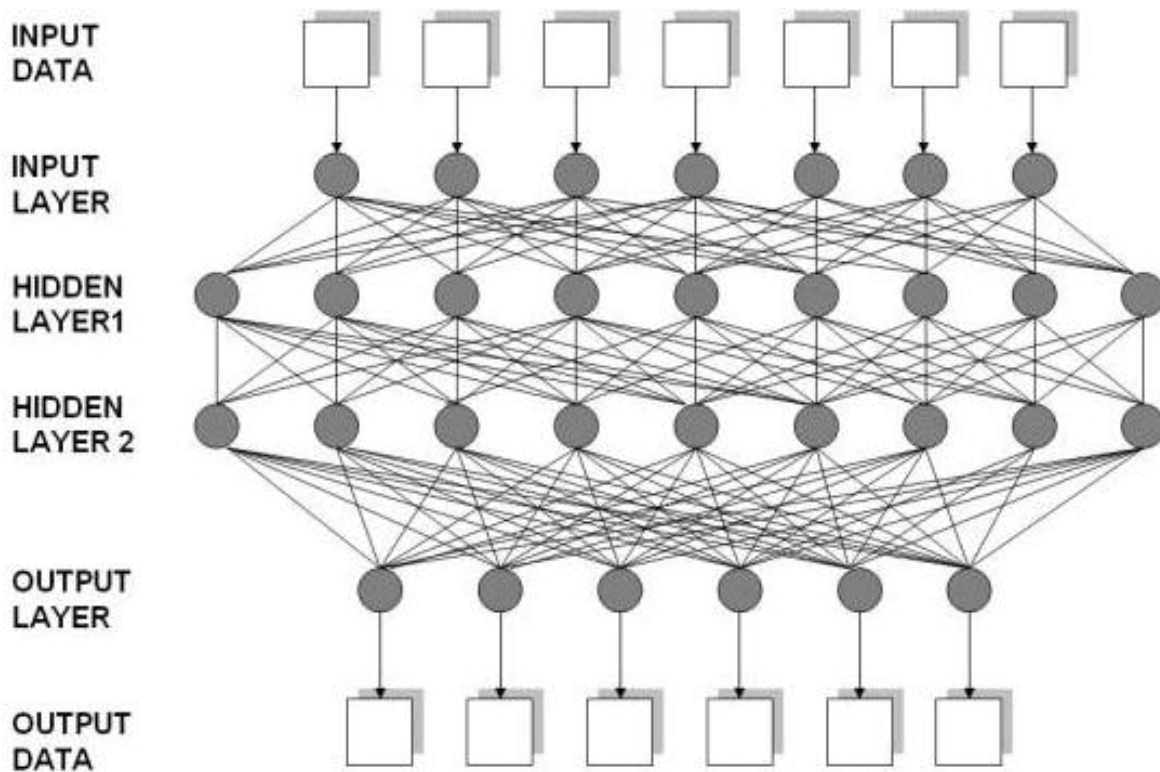
Σε ένα Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο υπάρχουν τριών ειδών επίπεδα:

- Επίπεδο εισόδου (Input layer)
- Κρυφό επίπεδο (Hidden layer)
- Επίπεδο εξόδου (Output layer)

Οι νευρώνες των κρυφών επιπέδων είναι αυτοί που δεν ανήκουν στα επίπεδα εισόδου και εξόδου. Τα κρυφά επίπεδα, δεν είναι ουσιαστικά ορατά από τον χρήστη και όπως αναφέραμε και προηγουμένως αποτελούν ουσιαστικά μαύρο κουτί.

Η χρήση μεγαλύτερου αριθμού κρυφών επιπέδων δίνει στο σύστημα μεγαλύτερη επεξεργαστική ισχύ και ευελιξία. Το κόστος για αυτά τα οφέλη είναι ουσιαστικά η μεγαλύτερη πολυπλοκότητα που αποκτά το σύστημα. Ένα Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο με πάρα πολλά κρυφά επίπεδα αποτελεί το ανάλογο ενός συστήματος με περισσότερες εξισώσεις από ότι αγνώστους. Μετατρέπεται λοιπόν έτσι το δίκτυο σε έναν υπερειδικευμένο σύστημα το οποίο δεν διαθέτει την ιδιότητα της γενίκευσης και είναι ουσιαστικά άχρηστο ως εργαλείο.

Αν αντιθέτως ο αριθμός των νευρώνων είναι μικρότερος από τον απαιτούμενο, το σύστημα δεν θα μπορέσει να χρησιμοποιήσει επαρκώς τα δεδομένα εισόδου και θα έχει μειωμένη δύναμη.



Εικόνα 7: Τυπική Δομή Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου.

Το πρώτο κρυφό επίπεδο δέχεται ως δεδομένα τα δεδομένα εισόδου ενώ το κάθε επόμενο κρυφό επίπεδο, αν υπάρχουν περισσότερα από ένα, λαμβάνει σαν εισόδους τα δεδομένα που εξάγει το αμέσως προηγούμενο του. Όπως έχουμε προαναφέρει η σύνδεση μεταξύ των νευρώνων γίνεται με τις συνάψεις.

Οι νευρώνες των διαφόρων επιπέδων μπορούν να συνδέονται μεταξύ τους με τους εξής δύο τρόπους:

- **Πλήρης διασύνδεση** (Full Connection), όπου οι νευρώνες ενός επιπέδου συνδέονται με όλους τους νευρώνες του αμέσως επόμενου επιπέδου.
- **Μερική διασύνδεση** (Partial Connection), όπου μερικοί μόνο νευρώνες από το ένα επίπεδο συνδέονται με μερικούς από το επόμενο επίπεδο.

Σχετικά με το αν υπάρχει ανάδραση ή όχι μεταξύ εισόδου και εξόδου, διακρίνονται οι ακόλουθες αρχιτεκτονικές Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων:

- **Τα μη αναδρομικά δίκτυα ενός επιπέδου**, τα οποία δεν παρουσιάζουν ανάδραση και αποτελούνται από ένα επίπεδο εισόδου και ένα εξόδου, μιας και το επίπεδο εισόδου δεν υπολογίζεται αφού δεν αποτελεί τμήμα του υπολογιστικού μέρους του συστήματος.
- **Τα μη αναδρομικά δίκτυα πολλών επιπέδων**, τα οποία επίσης δεν παρουσιάζουν ανάδραση, όπου επιπλέον μεταξύ εισόδου και εξόδου συμπεριλαμβάνονται κρυφά επίπεδα. Αποτελούν ουσιαστικά μια επέκταση της προηγούμενης περίπτωσης.

- **Τα αναδρομικά δίκτυα**, που περιέχουν τουλάχιστον έναν αναδρομικό βρόχο είτε μεταξύ των επιπέδων, είτε μεταξύ νευρώνων, είτε ακόμη και για τον ίδιο νευρώνα, όταν η έξοδος του τροφοδοτεί η ίδια την είσοδό του (περίπτωση «αυτοανάδραση» (Self-Feedback)).
- **Τα μη αναδρομικά δίκτυα Lattice**. Πρόκειται για δομή χωρίς ανάδραση, με νευρώνες σε διάταξη γραμμών και στηλών, όπως ακριβώς ένας πίνακας.

### 3.5 Κύριες Κατηγορίες Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων

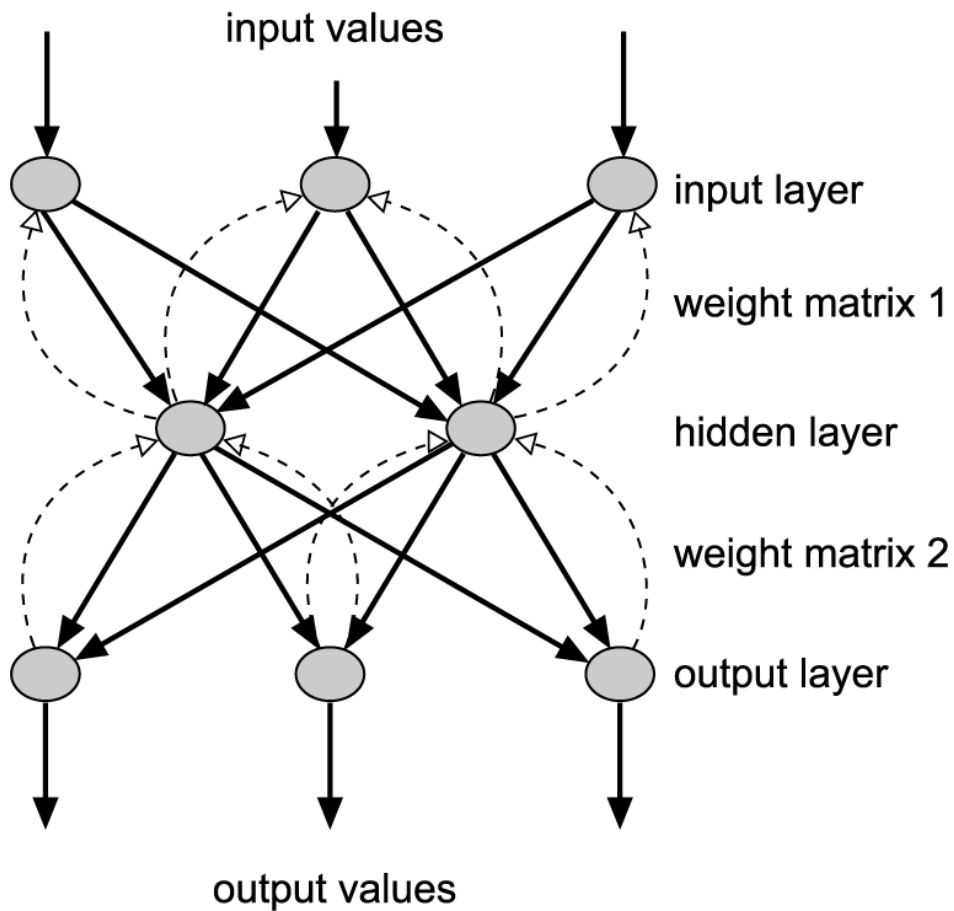
Θα ταξινομήσουμε σε αυτό το σημείο τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα σε κατηγορίες, με διαφορετικό κριτήριο κάθε φορά.

Με κριτήριο το αν διαθέτουν ή όχι μνήμη τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- **Τα στατικά**, τα οποία δεν διαθέτουν μνήμη. Στα συγκεκριμένα δίκτυα η έξοδος του κάθε νευρώνα είναι μια σχετικά απλή συνάρτηση του διανύσματος εισόδου του. Στα στατικά Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα οι συναρτήσεις που υλοποιούνται είναι της μορφής  $f(x)=y$  όπου το  $x$  είναι ένα πραγματικός αριθμός, ενώ το  $y$  ορίζεται στο  $[0,1]$ .
- **Τα δυναμικά**, τα οποία διαθέτουν μνήμη. Τα συγκεκριμένα δίκτυα περιγράφονται από διαφορικές εξισώσεις και εξισώσεις πεπερασμένων διαφορών.

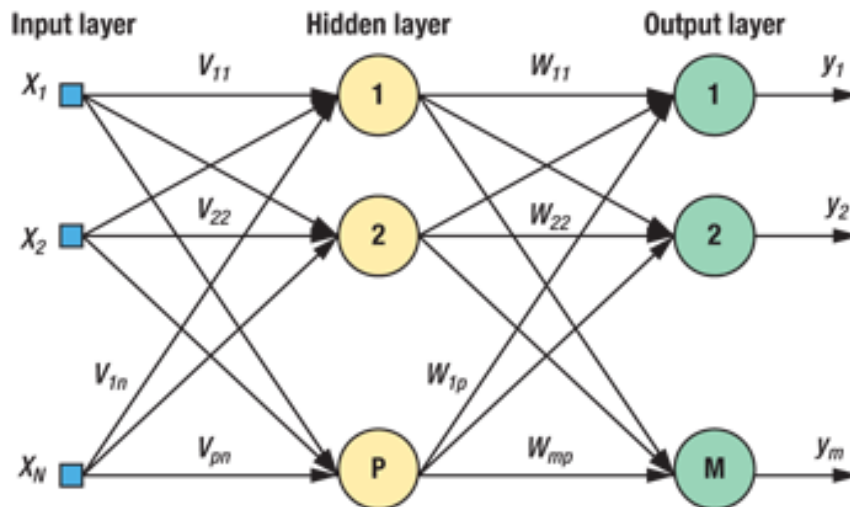
Με κριτήριο την αρχιτεκτονική τους τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα χωρίζονται στις εξής δυο μεγάλες κατηγορίες:

- **Τα feedback δίκτυα**, στα οποία το σήμα έχει την δυνατότητα να κινηθεί και προς τις δυο κατευθύνσεις, δηλαδή και προς την έξοδο και προς την είσοδο. Αυτά τα δίκτυα είναι αρκετά περίπλοκα και η ανατροφοδότηση τους είναι πολύ ισχυρή. Το μεγάλο στοιχείο διαφοροποίησης τους είναι ότι ουσιαστικά τα κρυφά επίπεδα έχουν την δυνατότητα να κατασιεδιάσουν τα δικά τους δεδομένα εισόδου.



Εικόνα 8: Δομή Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου τύπου Feedback.

- **Τα Feedforward δίκτυα**, στα οποία το σήμα ταξιδεύει μόνο προς την μια κατεύθυνση, από την είσοδο προς την έξοδο. Στα συγκεκριμένα δίκτυα απουσιάζει η ανατροφοδότηση και έτσι το επίπεδο εισόδου δεν είναι ουσιαστικά νευρικό αφού απλά εισάγει τις τιμές των μεταβλητών στα κρυφά επίπεδα.



Εικόνα 9: Δομή Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου τύπου Feed-Forward.

Ανάλογα με την λειτουργία την οποία επιτελούν, τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα χωρίζονται στις εξής κύριες κατηγορίες:

- **Δίκτυα Πρόβλεψης**, που χρησιμοποιούνται για παράδειγμα για να προβλέψουν τις μελλοντικές τιμές μετοχών ή τις ομάδες πληθυσμού υψηλού ρίσκου εμφάνισης χρόνιων ασθενειών κλπ.
- **Δίκτυα κατάταξης**, που η λειτουργία τους αφορά στο να κατατάσσουν, για παράδειγμα, προϊόντα σε άρτια και σε ελαττωματικά.
- **Δίκτυα αναγνώρισης**, τα οποία μπορούν για παράδειγμα να αναγνωρίσουν χαρακτήρες σε ένα χειρόγραφο κείμενο.
- **Δίκτυα σύλληψης**, τα οποία χρησιμοποιούνται στην ανάλυση μεγάλων βάσεων δεδομένων, για παράδειγμα στην έρευνα αγοράς, προσπαθώντας να προτείνουν την ομάδα καταναλωτών με τις περισσότερες πιθανότητες να αγοράσουν το προϊόν.
- **Δίκτυα φιλτραρίσματος**, τα οποία, για παράδειγμα, φιλτράρουν την ηχώ από το τηλεφωνικό σήμα.

Τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα ταξινομούνται με κριτήριο τον τρόπο εκπαίδευσης τους στις εξής δυο μεγάλες κατηγορίες:

- **Εκπαίδευση με Επίβλεψη (Supervised Learning):** Στο συγκεκριμένο τύπο δικτύου η είσοδος επεξεργάζεται από το νευρωνικό και καταλήγει σε μια έξοδο, ενώ ταυτόχρονα τείνει να ελαχιστοποιηθεί η διαφορά μεταξύ της πραγματικής εξόδου και της επιθυμητής. Την διαδικασία της ελαχιστοποίησης αναλαμβάνει ο αλγόριθμος εκπαίδευσης ο οποίος μεταβάλλει τις παραμέτρους του συστήματος ανάλογα. Στόχος των συγκεκριμένων δικτύων είναι ο μηδενισμός τους σφάλματος μέσω του καθορισμού των καταλλήλων τιμών βαρών.
- **Εκπαίδευση χωρίς Επίβλεψη (Unsupervised Learning):** Στο συγκεκριμένο τύπο δικτύου, καθοριστική σημασίας είναι ο όγκος των δεδομένων. Αυτό συμβαίνει γιατί το δίκτυο αναδιοργανώνεται μόνο του και όχι μέσω της ανάδρασης με το εξωτερικό περιβάλλον και έτσι



χρειάζεται να ανακαλύψει κριτήρια ταξινόμησης των δεδομένων εισόδου χωρίς να έχει διαθέσιμα διανύσματα εξόδου. Ο αλγόριθμος εκπαίδευσης λειτουργεί ουσιαστικά κάνοντας ψευδοτυχαίες αλλαγές στις τιμές των συναπτικών βαρών, προσπαθώντας έτσι να προσεγγίσει την επιθυμητή τιμή σφάλματος.

### 3.6 Εκπαίδευση Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων

#### Ορισμός Εκπαίδευσης

Κατά την διάρκεια της εκπαίδευσης του Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου έχουμε μια κυκλική διαδικασία που χωρίζεται στα εξής στάδια:

- Έχουμε μια «διέγερση» του Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου από το εξωτερικό περιβάλλον του.
- Το Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο κάνει κάποιες αλλαγές στον εαυτό του εξαιτίας αυτής της διέγερσης.
- Μετά από αυτές τις αλλαγές το Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο απαντά στο περιβάλλον του ανάλογα.

Ένας ικανοποιητικός ορισμός για την εκπαίδευση των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων προέρχεται από τους Mendel και McLaren: Η εκπαίδευση είναι η διαδικασία κατά την οποία αλλάζουν οι ελεύθερες μεταβλητές του Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου μέσω μιας διαρκούς κατάστασης διέγερσης από το περιβάλλον μέσα στο οποίο βρίσκεται. Το είδος της μάθησης εξαρτάται από την μέθοδο με την οποία γίνεται η αλλαγή των μεταβλητών .

#### Αλγόριθμοι Εκπαίδευσης

Οι αλγόριθμοι μάθησης (learning algorithms) είναι αυστηρά καθορισμένα σύνολα από σαφώς ορισμένους κανόνες. Υπάρχει μια αρκετά μεγάλη ποικιλία στους αλγορίθμους μάθησης, ενώ καθένας από αυτούς έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Η κύρια διαφοροποίηση τους είναι στον τρόπο έκφρασης της ρύθμισης του βάρους σύνδεσης.

Θα αναφέρουμε τώρα τους ευρύτερα χρησιμοποιούμενους αλγορίθμους μάθησης:

**Κανόνας Step.** Η εξίσωση βάση της οποίας γίνεται η αλλαγή των βαρών είναι η εξής:

$$\Delta w_i = \eta \cdot \Delta w_i,$$

όπου ως η ορίζεται το βήμα (step) βάσει του οποίου μεταβάλλονται τα βάρη ώστε να ελαχιστοποιήσουμε το μέγεθος του σφάλματος. Το βήμα πρέπει να επιλεγεί πολύ προσεκτικά γιατί αν είναι ιδιαίτερα μικρό, το επιθυμητό σφάλμα θα προσεγγιστεί αρκετά αργά, ενώ αντιθέτως αν είναι μεγάλο υπάρχει η πιθανότητα να παρουσιαστεί μεγάλη απόκλιση.

**Κανόνας Hebb:** Ο τρόπος λειτουργίας του συγκεκριμένου κανόνα βασίζεται στη συνθήκη κατά την οποία αν μια μονάδα επεξεργασίας δέχεται είσοδο από μια άλλη και έχουν και οι δυο την ίδια μορφή ενεργοποίησης, τότε έχουμε αύξηση του συντελεστή βάρους μεταξύ τους.

Μια τυπική μορφή του κανόνα Hebb είναι η εξής:

$$w_{ij} = x_i x_j, \text{ όπου}$$

$w_{ij}$ : το βάρος από τον νευρώνα  $j$  στον νευρώνα  $i$

$x_i$ : η είσοδος του νευρώνα  $i$

Μια γενίκευση του κανόνα Hebb είναι η εξής:

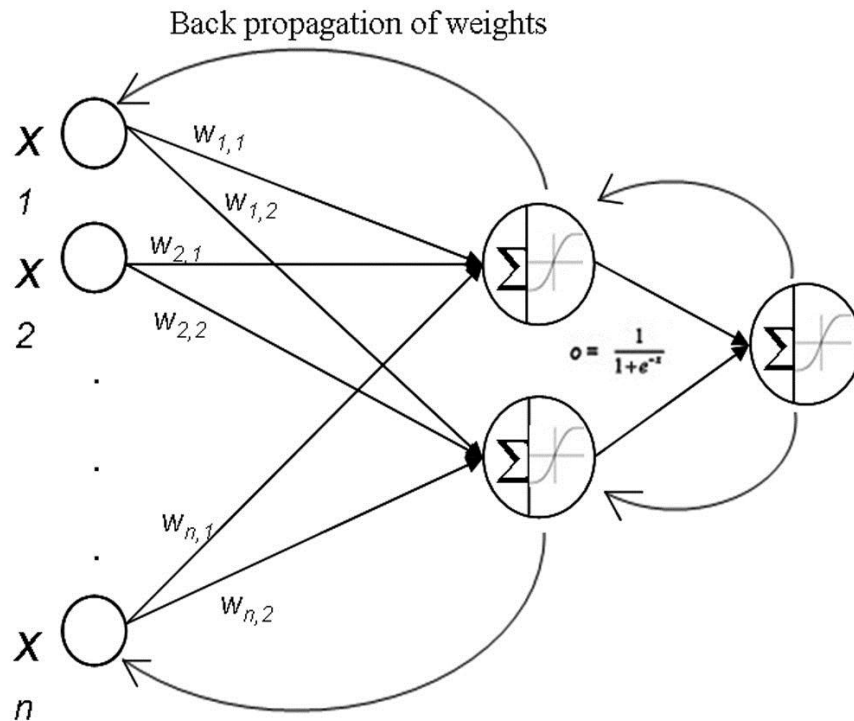
$$\Delta w_{ij} = \eta x_i y_j, \text{ Όπου}$$

$y$ : το αποτέλεσμα της εξόδου.

**Αλγόριθμος Αντίστροφης Διάδοσης (Back Propagation):** Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος έχει ως βασική αρχή λειτουργίας την ελαχιστοποίηση του μέσου τετραγωνικού σφάλματος μεταξύ του αποτελέσματος εξόδου που επιθυμούμε και αυτού που υπολόγισε το Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο. Αποτελεί μια γενίκευση του κανόνα Delta, τον οποίο θα περιγράψουμε παρακάτω. Αποτελείται ουσιαστικά από τα εξής δυο βήματα:

**I. Την εμπρόσθια διάδοση:** Έχουμε την εφαρμογή ενός διανύσματος στην είσοδο του Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου η οποία διαδίδεται στα διαδοχικά επίπεδα μέχρι να φτάσει στο επίπεδο εξόδου.

**II. Την αντίστροφη διάδοση:** Έχουμε αρχικά τον υπολογισμό της διαφοράς μεταξύ της εξόδου που υπολογίσαμε και της επιθυμητής. Ύστερα το σήμα του σφάλματος ταξιδεύει προς τα πίσω με σκοπό την αλλαγή των τιμών των βαρών ώστε να προσεγγίσουμε καλύτερα το επιθυμητό αποτέλεσμα.



Εικόνα 10: Εκπαίδευση μέσω αλγορίθμου αντίστροφης διάδοσης.

**Κανόνας Delta:** Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος βασίζεται στην συνεχή μεταβολή των συντελεστών βάρους με σκοπό την ελαχιστοποίηση της διαφοράς μεταξύ των επιθυμητών αποτελεσμάτων εξόδου και αυτών που υπολογίστηκαν από τον Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο. Έστω ένας νευρώνας  $j$  με συνάρτηση ενεργοποίησης  $g(x)$  ο κανόνας delta για την  $n$ -οστό βάρους  $j(w_{ji})$  ορίζεται ως:

$\Delta w_{nj} = \alpha \cdot (t_j - y_j) \cdot g'(h_j) \cdot x_n$ , όπου:

$\alpha$ : μια σταθερά (learning rate),

$t$ : η επιθυμητή έξοδος (target output),

$h_j$ : σταθμισμένο άθροισμα των εισόδων του νευρώνα,

$y_j$ : έξοδος,

$x_i$ :  $n$ -οστή είσοδος

$h_j = \sum x_n \cdot w_{jn}$

$y_j = g(h_j)$

**Delta-Bar-Delta:** Αποτελεί μια διαδικασία τύπου step και έχει ως σκοπό την εύρεση της επιφανείας σφάλματος. Η προσαρμογή του βήματος (step) γίνεται ανάλογα με τις τιμές της επιφανείας σφάλματος που έχουν υπολογιστεί προηγουμένως.

Η εξίσωση της αλλαγής βήματος (step) ορίζεται ως εξής:

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

Όπου:

$\beta$ : μια πολλαπλασιαστική σταθερά

$k$ : μια πρόσθετη σταθερά

Η εξίσωση αλλαγής βαρών ορίζεται ως:

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

$\rho$ : μια δυναμική σταθερά της οποίας η τιμή κυμαίνεται από 0.5 έως 0.9

$n$ : το βήμα

**Κανόνας Kohonen:** Ο συγκεκριμένος κανόνας χρησιμοποιείται σε Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα με μη επιβλεπόμενη εκπαίδευση. Η μονάδα που κατέχει την μεγαλύτερη τιμή εξόδου έχει την δυνατότητα να απαγορεύει στις άλλες να μεταβάλουν τα βάρη τους. Από αυτή την διαδικασία εξαιρούνται κάποιες γειτονικές μονάδες οι οποίες μεταβάλλονται χρονικά.

**Quickdrop:** Η συγκεκριμένη διαδικασία έχει αποδειχτεί πολύ γρήγορη σε ένα μεγάλο εύρος προβλημάτων. Οι πληροφορίες οι οποίες χρησιμοποιεί σχετίζονται κυρίως με την δεύτερη παράγωγο της επιφανείας σφάλματος με σκοπό την επιτάχυνση της όλης διαδικασίας.

**Κανόνας Momentum:** Η συγκεκριμένη μέθοδος εκμάθησης επιτυγχάνει αρκετά γρήγορη μάθηση και συνήθως χρησιμοποιείται σε μη γραμμικά προβλήματα. Τα συναπτικά βάρη αλλάζουν ανάλογα με το μέγεθος της μεταβολής τους στην τελευταία επανάληψη. Ουσιαστικά δηλαδή, χρησιμοποιείται η τελευταία αύξηση του βάρους με σκοπό την επιτάχυνση της διαδικασίας εκπαίδευσης και την περαιτέρω σύγκλιση της μεθόδου.

Η εξίσωση που χαρακτηρίζει την αλλαγή των βαρών είναι η εξής:

$\Delta w_i(n+1) = \eta \cdot \nabla w_i + \rho \cdot \Delta w_i(n)$ , όπου:

$\rho$ : μια δυναμική σταθερά της οποίας η τιμή κυμαίνεται από 0.5 έως 0.9

$n$ : το βήμα

**Κανόνας Conjugate Gradient:** Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι δεύτερης τάξης και βασίζεται στην χρησιμοποίηση της δεύτερης παραγώγου της επιφάνειας σφάλματος ώστε να προσδιορίσει την τιμή της αλλαγής των βαρών. Είναι μια γρήγορη μέθοδος και αποδίδει πολύ καλά στην ελαχιστοποίηση του σφάλματος.

**Κανόνας Grossberg:** Στη συγκεκριμένη μέθοδο το Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο αποτελείται από εσωτερικές και εξωτερικές μονάδες επεξεργασίας δεδομένων. Οι εσωτερικές μονάδες δέχονται πολλές εισόδους ενώ οι εξωτερικές παράγουν πολλές εξόδους. Η μεταβολή των βαρών είναι ευθέως ανάλογη των καταστάσεων εισόδου και εξόδου.

**Drive-Reinforcement Theory:** Στη συγκεκριμένη μέθοδο τα βάρη προσαρμόζονται από τις μονάδες επεξεργασίας ανάλογα με το γινόμενο των αποτελεσμάτων εισόδου και εξόδου. Στην συγκεκριμένη μέθοδο παρατηρείται πως η μεταβλητή εξόδου επηρεάζεται περισσότερο από την αμέσως προηγούμενη είσοδο και όχι από την τρέχουσα. Σαν μέθοδος μοιάζει αρκετά με τον κανόνα Grossberg.

### Τερατισμός Εκπαίδευσης

Η εκπαίδευση του Τεχνητού Νευρικού Δικτύου διαρκεί, και μαζί της η συνεχής αλλαγή των βαρών, μέχρι να επιτευχθεί η απαιτούμενη τιμή σφάλματος. Υπάρχουν όμως περιπτώσεις στις οποίες η εκπαίδευση καταλήγει σε σφάλμα ή τείνει να γίνει αρκετά χρονοβόρα. Για αυτό το λόγο πιθανά κριτήρια τερατισμού της εκπαίδευσης είναι τα εξής:

- Να ελαχιστοποιηθεί η τιμή της κλίσης της επιφάνειας του σφάλματος. Αν συμβεί αυτό τότε μπορούμε να θεωρήσουμε πως ο αλγόριθμος εκπαίδευσης τερατίζει την λειτουργία του αφού η κλίση στο ελάχιστο σημείο της επιφάνειας του σφάλματος είναι μηδέν.
- Η ολοκλήρωση ενός προκαθορισμένου αριθμού επαναλήψεων, τον οποίο ο χρήστης θεωρεί ικανοποιητικό για την εκπαίδευση του Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου.

- Η πτώση του μέσου τετραγωνικού σφάλματος κάτω από ένα προκαθορισμένο όριο το οποίο ο χρήστης θεωρεί πως είναι ικανοποιητικό.
- Το Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο να έχει καλή συμπεριφορά σε τιμές διάφορες εκείνων που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπαίδευση του. Αυτή η μέθοδος τερματισμού της εκπαίδευσης ονομάζεται Cross-Validation και αποτελεί το πιο αξιόπιστο και αποδοτικό κριτήριο τερματισμού. Σε αυτή την μέθοδο χρησιμοποιούμε το 85% του συνόλου των δεδομένων που έχουμε στην διάθεση μας για την εκπαίδευση του δικτύου και το 15% για διασταύρωση (Cross-Validation). Κατά την εκπαίδευση του δικτύου παρατηρούμε τις επιδόσεις του δικτύου στο σύνολο των δεδομένων διασταύρωσης, για τα οποία δεν έχει εκπαιδευτεί. Στην συγκεκριμένη μέθοδο, τα αποτελέσματα του Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου βελτιώνονται αρχικά, ενώ φθίνουν από ένα σημείο και μετά. Αυτό συμβαίνει γιατί το δίκτυο υπερεκπαιδεύεται και φθίνει σε ένα σημείο κορεσμού. Σε αυτό το σημείο πρέπει λοιπόν να διακόψουμε την εκπαίδευση του δικτύου ώστε να επιτύχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Τα τρία πρώτα κριτήρια υπάρχει η πιθανότητα να σταματήσουν πρόωρα την εκπαίδευση του δικτύου, σε αντίθεση με το τελευταίο.

### 3.7 Πεδία Εφαρμογών Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων

Τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα βρίσκουν εφαρμογή σε ένα μεγάλο εύρος πεδίων, αφού έχουν την δυνατότητα να συνδέουν μεταβλητές εισόδου με αποτελέσματα εξόδου ακόμα και αν η σχέση μεταξύ τους είναι ιδιαίτερα περίπλοκη. Τομείς στους οποίους τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα εφαρμόστηκαν επιτυχώς είναι οι εξής:

- **Χρηματιστήριο:** Παρόλο που οι διακυμάνσεις των τιμών των μετοχών και των δεικτών των χρηματιστηρίων είναι ένα πολύπλοκο φαινόμενο με πολλές μεταβλητές, έχει εν μέρη ντετερμινιστική φύση. Τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα γίνονται εργαλεία στα χέρια ανάλυτων με σκοπό την μελλοντική πρόβλεψη τιμών και τάσεων, κάνοντας χρήση πληθώρας άλλων δεδομένων.
- **Παρακολούθηση Μηχανημάτων:** Τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα μπορούν να βοηθήσουν στη προληπτική συντήρηση των μηχανημάτων. Για παράδειγμα μπορούν να εκπαιδευτούν στο να διακρίνουν τους ήχους κανονικής λειτουργίας μιας μηχανής από τους ήχους που υποδηλώνουν μια πιθανή βλάβη ή την ανάγκη συντήρησης. Μια τέτοια λειτουργία μπορεί να δώσει την δυνατότητα σε έναν τεχνικό να επέμβει πριν δημιουργηθεί κάποιο πρόβλημα.
- **Ιατρική:** Τα τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα βρίσκουν εφαρμογή στην ιατρική επιστήμη καθώς έχουν την δυνατότητα να «ανιχνεύουν» πιθανές ασθένειες. Μπορούν για παράδειγμα να παρακολουθούν μια σειρά από ιατρικούς δείκτες, όπως η καρδιακή λειτουργία ή οι αιματολογικές εξετάσεις, και να αποκωδικοποιήσουν την πολύπλοκη μεταξύ τους σχέση, ανιχνεύοντας την ασθένεια. Μπορούν δηλαδή να «διαβάσουν» πρότυπα (patterns) μη ανιχνεύσιμα με γυμνό μάτι.

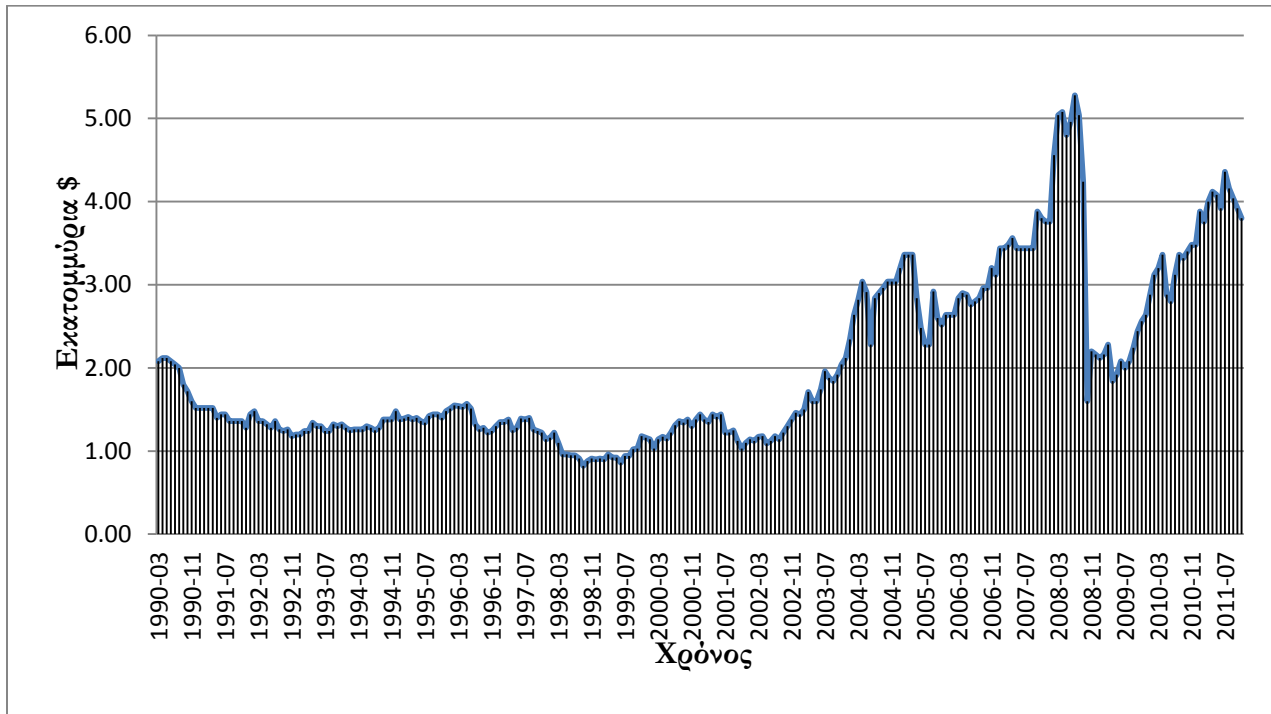
Θα αναφέρουμε επιγραμματικά παρακάτω κάποιες άλλες εφαρμογές των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων:

- Διάγνωση καρδιακών επιδόσεων.
- Μοντελοποίηση των μηχανικών συστημάτων.
- Στην αναγνώριση προφορικού λόγου και γραπτού κειμένου.
- Σε αστιές και δομικές (structural) κατασκευές.
- Ανίχνευση ζημιών σε κτίρια και εκτίμηση ζημιών.
- Στην μουσική τεχνολογία.
- Σαν προγνωστικό μοντέλο διάφορων φαινομένων.
- Στην αναγνώριση της πολύπλοκης σχέσης μεταξύ των συνθηκών εργασίας και της παραγωγικότητας μια επιχείρησης.
- Στην αρχιτεκτονική.
- Στην κβάντιση, δηλαδή την τμηματοποίηση, του μουσικού χρόνου.
- Σαν προγνωστικό μοντέλο.
- Στην διαχείριση μιας μηχανής (engine management) με σκοπό την βελτιστοποίηση της λειτουργίας της.
- Διάγνωση καρδιακών επεισοδίων.
- Έρευνα πελατών
- Διαχείριση ρίσκου.
- Πρόβλεψη πωλήσεων.
- Επικύρωση δεδομένων.
- Έλεγχο της βιομηχανικής διαδικασίας.

### 3.8 Πρόβλεψη με χρήση Χρονοσειρών

Στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία η πρόβλεψη μας θα βασιστεί στην χρήση χρονοσειρών. Η χρονοσειρά αποτελείται από μια σειρά δεδομένων που αφορά διαδοχικές περιόδους καταναμημένες σε ισομερή χρονικά διαστήματα. Μια παραστατική μορφή της χρονοσειράς είναι το χρονοδιάγραμμα, το οποίο έχει στον έναν άξονα την μεταβλητή του χρόνου και στον άλλο τις τιμές της προς μελέτη μεταβλητής. Παρατηρώντας κάποιος ένα χρονοδιάγραμμα συνήθως έχει την δυνατότητα να παρατηρήσει την αυξημένη συσχέτιση μεταξύ τιμών που βρίσκονται κοντά στο πεδίο του χρόνου, καθώς και το ότι η συσχέτιση φθίνει για αύξηση της χρονικής απόστασης.

Παραθέτω το παρακάτω χρονοδιάγραμμα ως παράδειγμα.



**Σχήμα 24: Μεταβολή της τιμής scrap ενός handysize bulk carrier**

Η πρόβλεψη με την βοήθεια χρονοσειρών έχει τις εξής προαπαιτούμενες συνθήκες:

- Την ύπαρξη πληροφοριών από το παρελθόν με μια σχετική τάξη και συνέπεια.
- Η φύση αυτών των πληροφοριών να είναι αριθμητική ή να υπάρχει η δυνατότητα για μια αριθμητική απεικόνιση.
- Να μπορούμε να θεωρήσουμε πως κάποια από τα πρότυπα (patterns) των στοιχείων του παρελθόντος θα επαναληφθούν στο μέλλον.

Τα βήματα που πρέπει να κάνουμε πριν την πρόβλεψη είναι τα εξής:

- Να προσδιορίσουμε σαφώς την προς πρόβλεψη μεταβλητή.
- Η συγγέντρωση όλων των απαραίτητων δεδομένων.
- Η προσεκτική επιλογή των μοντέλων πρόβλεψης.
- Μια προκαταρκτική ανάλυση των δεδομένων με σκοπό τον προσδιορισμό των πληροφοριών που μπορούμε να αντλήσουμε.
- Η χρήση των μοντέλων πρόβλεψης και κατόπιν η αξιολόγηση τους με βάση το σφάλμα στην έξοδο.



## 4. Παρουσίαση και Ανάλυση Δεδομένων

Στο παρόν κεφάλαιο θα κάνω μια παρουσίαση των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν από τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα αναφέροντας λεπτομέρειες για την συλλογή τους, την επιλογή τους καθώς και της σημασίας τους για την οικονομία.

### 4.1 Πηγές Δεδομένων

Τα δεδομένα αντλήθηκαν από τον ιστότοπο F.R.E.D. (μακροοικονομικές μεταβλητές) και από τον οίκο Clarkson's (ναυτιλιακές και μακροοικονομικές μεταβλητές).

#### Clarkson's

Ο οίκος Clarkson's κατέχει ηγετική θέση παγκοσμίως στον τομέα των ναυτιλιακών υπηρεσιών. Ιδρύθηκε το 1852 από τον Horace Anderton Clarkson, γιο ενός εύπορου δικηγόρου. Με το παγκόσμιο δίκτυο του έχει την δυνατότητα να προσφέρει στους πελάτες του πρόσβαση σε ναυλομεσιτικές υπηρεσίες σε όλο το εύρος της ναυλαγοράς. Αξίζει να αναφέρουμε σε αυτό το σημείο πως η ναυτιλία είναι μια αγορά με ετήσιο τζίρο άνω των 100 δισεκατομμυρίων δολαρίων.

Το τμήμα του οργανισμού αυτού, το οποίο ασχολείται με την ναυλαγορά ξηρού φορτίου, εδρεύει στο Λονδίνο και είναι το ισχυρότερο στον κόσμο, ενώ το αντίστοιχο τμήμα των tanker εμπλέκεται σε ναυλώσεις πλοίων όλων των μεγεθών. Διαθέτει επίσης μεγάλα παραρτήματα σε λιμάνια με πολύ αυξημένη κίνηση όπως το Houston και η Σιγκαπούρη. Το τμήμα αγορών και πωλήσεων εμπλέκεται σε ναυλώσεις νεότευκτων πλοίων, πλοίων από δεύτερο χέρι αλλά και στην demolition market.

Πρόσφατα, ο όμιλος επέκτεινε το εύρος των υπηρεσιών του ώστε να καλύπτει πλήρως την ναυλαγορά, έχοντας δραστηριότητες όπως έρευνα και συμβουλευτική, ναυτιλιακές εκδόσεις, ναυτιλιακά παράγωγα, χρηματοοικονομικά ναυτιλιακά καθώς και ναυτιλιακή εφοδιαστική (logistics).

Οι χρονοσειρές οι οποίες θα χρησιμοποιήσουμε πάρθηκαν συγκεκριμένα από το Shipping Intelligence Network, μια διαδικτυακή βάση δεδομένων που προσφέρει πληροφορίες για όλων των ειδών τα πλοία σε χρονικό ορίζοντα ημέρας, εβδομάδας και. Διαθέτει επίσης αναλύσεις για την κατάσταση της εκάστοτε αγοράς και προβλέψεις για το μέλλον.

Η πρόσβαση σε αυτό το υπερπολύτιμο δίκτυο μου δόθηκε μέσω της πρακτικής μου άσκησης στο τμήμα Research and Innovation του Νορβηγικού Νηογνώμονα (DNV), λόγω της συνδρομής της εταιρείας.

Από την βάση δεδομένων Shipping Intelligence Network εξήχθησαν οι παρακάτω ναυτιλιακές χρονοσειρές:

- Baltic Dry Index (BDI)
- Τιμή μίσθωσης πλοίου 30000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 6 μηνών σε δολάρια ανά ημέρα (6 month Timecharter Rate of a 30,000 Dwt Bulkcarrier)
- Τιμή μίσθωσης πλοίου 30000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 3 ετών σε δολάρια ανά ημέρα (3 year Timecharter Rate of a 30,000 Dwt Bulkcarrier). Η συγκεκριμένη χρονοσειρά είναι και η μεταβλητή προς μελέτη.
- Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Handysize σε εκατομμύρια δολάρια (Handysize Bulk Carrier Scrap Value).
- Εξέλιξη του παγκοσμίου στόλου των Handysize Bulk Carriers σε εκατομμύρια τόνους ωφέλιμου φορτίου (Handysize Bulkcarrier Fleet Development in Million Tones Dwt).
- Διάλυση πλοίων Handysize Bulk Carriers σε τόνους ωφέλιμου φορτίου (Handysize Bulkcarrier Demolition in Tones Dwt).
- Τιμή μεταχειρισμένου πλοίου, ηλικίας 10 ετών, τύπου Handysize Bulk Carrier, με 28000-30000 τόνους ωφέλιμου φορτίου σε εκατομμύρια δολάρια (Handysize 28K-30K 10 Year Old Secondhand Prices in million \$).
- Τιμή νεότευκτου πλοίου, τύπου Handysize Bulk Carrier, με 25000-30000 τόνους ωφέλιμου φορτίου σε εκατομμύρια δολάρια (Handysize 25K-30K Newbuilding Prices in million \$).
- Παραδόσεις πλοίων, τύπου Handysize Bulk Carrier σε τόνους ωφέλιμου φορτίου (Handysize Bulkcarrier Deliveries in Tones Dwt).

Εξήχθησαν και οι παρακάτω μακροοικονομικές χρονοσειρές:

- Ανάπτυξη βιομηχανικής παραγωγής της περιφέρειας του ατλαντικού σε ποσοστιαίες μονάδες (Atlantic Region Industrial Production Growth).
- Τιμή πετρελαίου Brent σε δολάρια ανά βαρέλι (Brent Crude Oil Price \$ per barell).
- Ανάπτυξη βιομηχανικής παραγωγής της Κίνας σε ποσοστιαίες μονάδες (China Industrial Production Growth).
- Τραπεζικά επιτόκια στις Η.Π.Α. (USA interest rates).

### **Federal Reserve Economic Data**

Οι μακροοικονομικές μεταβλητές εξήχθησαν από το διαδίκτυο και συγκεκριμένα από τον ιστότοπο F.R.E.D. Η συγκεκριμένη ιστοσελίδα υπάγεται στην ομοσπονδιακή τράπεζα του St. Louis (Federal Reserve Bank of St. Louis) και προσφέρει μια μεγάλη ποικιλία οικονομικών δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων χρονοσειρών και δεικτών.

Από την βάση δεδομένων του δικτύου εξήχθησαν οι παρακάτω μακροοικονομικές χρονοσειρές:

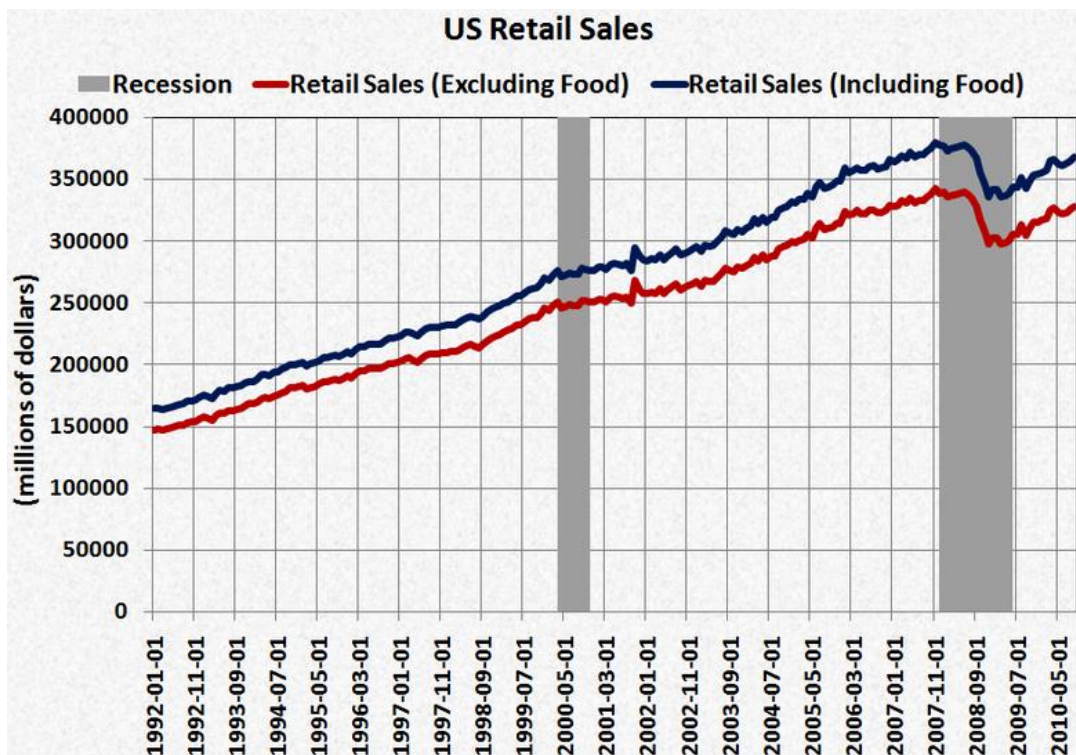
- Δείκτης τιμών παραγωγού (Producer Price Index).
- Λιανικές πωλήσεις (Retail Prices).
- Βιομηχανικές παραγγελίες (Factory Orders).
- Ατομικό εισόδημα(Personal Income).
- Δείκτης καταναλωτικής εμπιστοσύνης (Consumer Confidence Index).
- Παγκόσμιος δείκτης μετοχών(World Stock Index).
- Παγκοσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production).
- Δείκτης S&P 500 (S&P 500 index).
- Τρέχουσα τιμή χρυσού (Spot Price of Gold).
- Τρέχουσα τιμή χαλκού (Spot Price of Copper).
- Δείκτης καταναλωτικής πίστης (Consumer Credit Index).
- Ατομική καταναλωτική δαπάνη (Personal Consumption Expenditure).
- Ακαθάριστο εγχώριο προϊόν Η.Π.Α. (U.S.A. Gross Domestic Product).
- Αιτήσεις ανέργων (Jobless Claims).
- Παραγωγικός δείκτης του ινστιτούτου για την διαχείριση της προσφοράς (ISM Manufacturing Index).
- Εβδομαδιαία αποθέματα πετρελαϊκών προϊόντων και αργού πετρελαίου των Η.Π.Α.(Weekly U.S. Total Crude Oil and Petroleum Products Ending Stocks).
- Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα του δολαρίου (SDRvs\$).
- Δείκτης μεταβλητότητας (Volatility Index).
- Δείκτης τιμών καταναλωτή (U.S.A. Consumer Price Index, C.P.I.).

## 4.2 Περιγραφή Χρονοσειρών

Θα περιγράψουμε σε αυτό το σημείο τις χρονοσειρές που έχουμε επιλέξει, δίνοντας στοιχεία για την φύση τους και για τα μεγέθη που αντιπροσωπεύουν. Θα αρχίσουμε με την περιγραφή των μακροοικονομικών μεταβλητών.

**1) Δείκτης τιμών παραγωγού (Producer Price Index):** Ο συγκεκριμένος δείκτης μετράει ουσιαστικά ένα μηνιαίο πάγιο σύνολο τιμών αγαθών από την βιομηχανία και την παραγωγή γενικότερα. Εκδίδεται από το γραφείο της στατιστικής υπηρεσίας του υπουργείου εργασίας των Ηνωμένων Πολιτειών κάθε δεύτερη ή τρίτη εβδομάδα του μήνα. Ο συγκεκριμένος δείκτης χρονολογείται από το 1891. Η σημασία του είναι μεγάλη γιατί υπολογίζει τις τιμές στο στάδιο της παραγωγής και πριν την κατανάλωση, δίνοντας έτσι σημαντικότερες πληροφορίες για τις πρώτες φάσεις της παραγωγικής διαδικασίας. Αξίζει να αναφέρουμε πως ένα αντίστοιχο δείκτη διαθέτει και η Ινδία.

**2) Λιανικές πωλήσεις (Retail Sales):** Η συγκεκριμένη χρονοσειρά αποτελεί το άθροισμα των εσόδων από καταστήματα στις Ηνωμένες Πολιτείες, που πωλούν αγαθά, ανεξαρτήτως ποσότητας ή μεγέθους, και εκδίδεται κάθε δεύτερη ή τρίτη εβδομάδα του κάθε μήνα από το γραφείο απογραφής (U.S. Census Bureau) του Υπουργείου Εμπορίου. Ο συγκεκριμένος δείκτης χρονολογείται από το 1951. Οι λιανικές πωλήσεις αποτελούν ένα θεμελιώδη λίθο της οικονομίας αφού απορροφούν περισσότερο από τα δυο τρίτα του Ακαθάριστου Εγχωρίου Προϊόντος, το οποίο θα περιγράψουμε παρακάτω. Αποτελούν επίσης σχεδόν το ήμισυ των καταναλωτικών δαπανών. Μπορούμε να πούμε πως ο συγκεκριμένος αριθμός και οι τάσεις του είναι ενδεικτικές για την υγεία μιας οικονομίας.

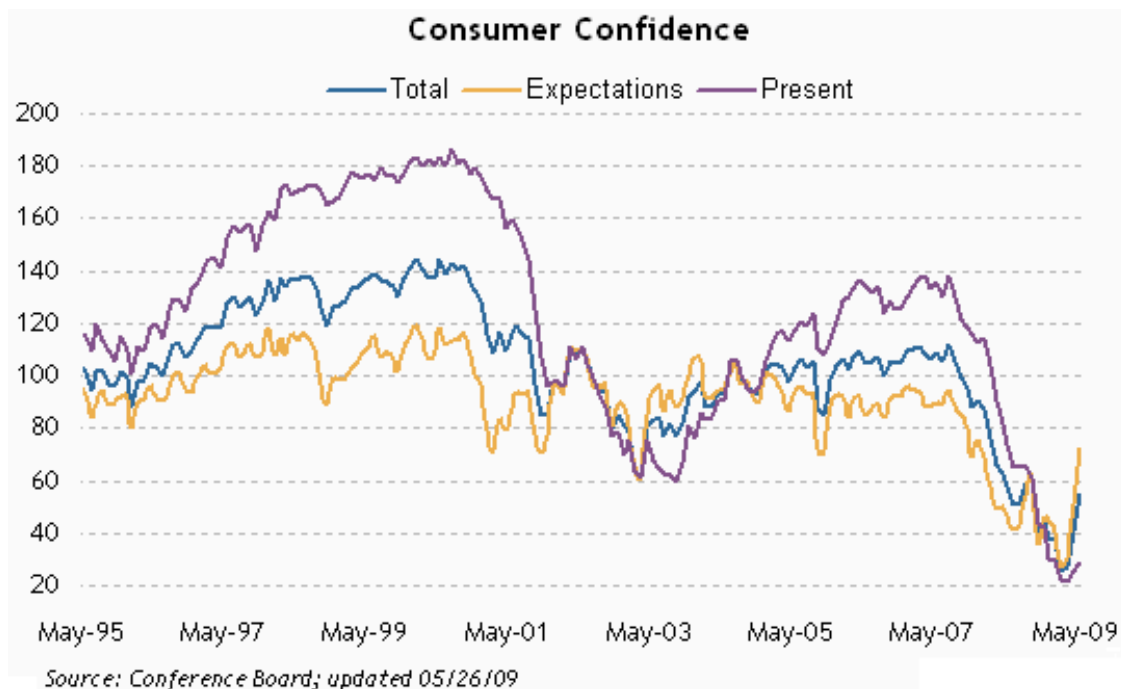


Σχήμα 25 : Εξέλιξη των λιανικών πωλήσεων τα τελευταία 20 χρόνια.

**3) Βιομηχανικές παραγγελίες (Factory Orders):** Το γραφείο απογραφής (U.S. Census Bureau) του υπουργείου εμπορίου είναι υπεύθυνο για την έκδοση και αυτού του δείκτη που αποτελεί μια σημαντικότερη ένδειξη για την βιομηχανική παραγωγή και για τις επενδύσεις κεφαλαίων. Ουσιαστικά η συγκεκριμένη μεταβλητή μας παρέχει στοιχεία για ένα πολύ μεγάλο εύρος προϊόντων, από μεγάλες μηχανές μέχρι καραμέλες, και ενημερώνει έτσι τους ενδιαφερόμενους για την κίνηση της αγοράς. Πολύ σημαντική είναι και η τιμή των παραγωγών που εκκρεμούν, που δείχνει μια άλλη όψη της αγοραστικής κίνησης. Ο συγκεκριμένος δείκτης εκφράζει την μεταβολή στον όγκο των παραγγελιών σε ποσοστιαίες μονάδες.

**4) Ατομικό εισόδημα (Personal Income):** Το ατομικό εισόδημα προετοιμάζεται από την Υπηρεσία Οικονομικής Ανάλυσης του Υπουργείου Εμπορίου κάθε μήνα. Αποτελεί την αξία, σε δολάρια, που έχουν τα εισοδήματα του μέσου πολίτη. Μέσα στο ποσό αυτό εμπεριέχονται μισθοί, ημερομίσθια, πιθανές παροχές συνταξιοδοτικών προγραμμάτων, εισοδήματα από μισθώσεις, μερίσματα, τόκοι και μεταβιβάσεις (π.χ. αποζημίωση ανεργίας). Από το ποσό αυτό αφαιρούνται οι εισφορές που προβλέπονται για την κοινωνική ασφάλιση. Αν αφαιρέσουμε από αυτό το ποσό την πληρωμή του φόρου για το εισόδημα, τότε έχουμε το καθαρό εισόδημα, το οποίο αποτελεί ουσιαστικά το ποσό που είναι διαθέσιμο στον καταναλωτή για αγορές. Αξίζει να σημειώσουμε πως ο συγκεκριμένος δείκτης προσαρμόζεται ανάλογα αν λάβουμε υπόψη μας το επίπεδο μόρφωσης, την ηλικία, το φύλο ή ακόμη και την φυλή του ατόμου, με τις τιμές να έχουν σχετικά μεγάλη διακύμανση.

**5) Δείκτης καταναλωτικής εμπιστοσύνης (Consumer Confidence Index):** Ο συγκεκριμένος δείκτης είναι ενδεικτικός της καταναλωτικής εμπιστοσύνης, δηλαδή της αισιοδοξίας των καταναλωτών για την πορεία της οικονομίας, όπως αυτή αποτυπώνεται από τις δαπάνες ή τις αποταμιεύσεις τους. Ο συγκεκριμένος δείκτης υπολογίζεται από το Conference Board, έναν ανεξάρτητο οικονομικό οργανισμό ερευνών, και βασίζεται σε ένα δείγμα πέντε χιλιάδων νοικοκυριών. Ο δείκτης άρχισε να εκδίδεται το 1967 και ως σημείο αναφοράς θεωρείται το έτος 1985 (για το οποίο δόθηκε η τιμή CCI=100). Η άποψη για τις παρούσες συνθήκες επηρεάζει τον δείκτη σε ένα ποσοστό της τάξης του 40% ενώ οι προσδοκίες για το μέλλον είναι υπεύθυνες για το υπόλοιπο 30%.



Σχήμα 26: Εξέλιξη της καταναλωτικής εμπιστοσύνης την τελευταία δεκαπενταετία.

**6) Παγκόσμιος δείκτης μετοχών (MSCI World):** Ο συγκεκριμένος δείκτης απεικονίζει την πορεία μια σειράς μετοχών από δείκτες ανεπτυγμένων χωρών. Εκδίδεται από την εταιρία MSCI, θυγατρική της Morgan Stanley, από το 1969. Ο δείκτης δεν είναι πραγματικά παγκόσμιος γιατί ενώ συμπεριλαμβάνει μετοχές από όλες τις ανεπτυγμένες χώρες του κόσμου, δεν περιέχει μετοχές από τις αναπτυσσόμενες ή άλλες χώρες. Οι χώρες των οποίων μετοχές λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό του δείκτη είναι οι εξής: Αυστραλία, Αυστρία, Βέλγιο, Καναδάς, Φινλανδία, Γάλλια, Ελλάδα, Χονγκ Κονγκ, Ιρλανδία, Ιταλία, Ιαπωνία, Ολλανδία, Νέα Ζηλανδία, Νορβηγία, Πορτογαλία, Σιγκαπούρη, Ισπανία, Σουηδία, Ελβετία, Ηνωμένο Βασίλειο, Η.Π.Α.

**7) Παγκόσμια παραγωγή χάλυβα (World Steel Production):** Αυτή η χρονοσειρά εκφράζει την παγκόσμια παραγωγή χάλυβα σε χιλιάδες τόνους. Ο συγκεκριμένος δείκτης αποτελεί ένα από τα πλέον χαρακτηριστικά μεγέθη για την κατασκευαστική δραστηριότητα παγκοσμίως και για αυτό τον λόγο τον λαμβάνουμε υπ όψιν.

**8) Δείκτης S&P 500 (S&P 500 Index):** Ο δείκτης αυτός υπολογίζεται από το 1957 από τον οίκο αξιολόγησης Standard & Poor's. Η ιστορία του ξεκινά αργότερα αφού αποτελεί μια μετεξέλιξη του δείκτη S&P 90 που συστάθηκε το 1923. Ο δείκτης αυτός είναι σταθμισμένος και αποτελείται από τις τιμές 500 ενεργών μετοχών, οι οποίες διαπραγματεύονται στον NASDAQ ή στον NYSE Euronext. Οι μετοχές που περιέχει είναι μετοχές μεγάλων εισηγμένων, κυρίως Αμερικανικών, και επιλέγονται από μια επιτροπή. Απαραίτητη προϋπόθεση για να ληφθεί υπόψη μια μετοχή είναι να υπάρχει έντονη παρουσία της εταιρίας στην Αμερικανική αγορά.

**9) Τρέχουσα τιμή χρυσού (Spot Price of Gold):** Ο συγκεκριμένος δείκτης εκφράζει την τιμή του χρυσού ανά ουγκιά και αποτελεί ουσιαστικά το μέτρο της παγκόσμιας ζήτησης για χρυσό. Η τιμή του χρυσού είναι ενδεικτική για την εμπιστοσύνη των επενδυτών στο συνάλλαγμα και γενικότερα στην σταθερότητα του συστήματος. Ενδεικτικό είναι το παρακάτω διάγραμμα που αντιπαραβάλλει την διακύμανση της τιμής του δείκτη Dow Jones Industrial Average με την τιμή του χρυσού, όπου φαίνεται η τάση για αγορά χρυσού κατά την πτώση του δείκτη.



**Σχήμα 27: Διάγραμμα έξι μηνών με την ποσοστιαία εξέλιξη του Dow Jones Industrial Average και της τιμής του χρυσού.**

**10) Τρέχουσα τιμή χαλκού (Spot Price of Copper):** Ο συγκεκριμένος δείκτης μετρά την τρέχουσα τιμή του χαλκού ανά τόνο. Η χρήση του χαλκού σε ένα πολύ μεγάλο εύρος εφαρμογών και κατασκευών κάνει την τιμή του να έχει μια ενδιαφέρουσα επιρροή στην οικονομική ανάπτυξη, για αυτό θα την λάβουμε υπ' όψιν μας. Αξίζει να σημειώσουμε πως οι χώρες που εξάγουν χαλκό είχαν κάποτε οργανωθεί σε έναν παγκόσμιο οργανισμό παρόμοιο με τον OPEC, η μακροβιότητα του όμως ήταν αδύνατη λόγω της μη συμμετοχής των Η.Π.Α. που αποτελούσαν τον δεύτερο μεγαλύτερο παραγωγό παγκοσμίως.

**11) Δείκτης καταναλωτικής πίστης (Consumer Credit Index):** Ο δείκτης καταναλωτικής πίστης περιλαμβάνει την πίστωση την οποία διαθέτουν οι Αμερικανοί πολίτες, το ποσό που χρησιμοποιούν και την εμπιστοσύνη τους στην οικονομική τους κατάσταση. Οι αλλαγές του δείκτη καταναλωτικής πίστης είναι καθημερινές και έχει διακυμάνσεις όπως κάθε άλλος δείκτης. Η μεγάλη σημασία του συγκεκριμένου δείκτη έγκειται στη ρεαλιστική προσέγγιση που δίνει για την πιστοληπτική ικανότητα ενός έθνους στο σύνολο του. Δείχνει για παράδειγμα ποσό είναι το χρέος ενός μέσου Αμερικανικού πιστωτικού λογαριασμού, πως αυτό αποπληρώνεται, πόση είναι η μέση καθυστέρηση στην αποπληρωμή του κλπ. Ο δείκτης βοηθά λοιπόν έναν αναλυτή να δει την οικονομική κατάσταση ενός κράτους από την σκοπιά του πιστωτικού χρέους και να προβλέψει έτσι δυσμενή γεγονότα όπως μια κρίση ή μια αδύναμη ανάπτυξη.

**12) Ατομική καταναλωτική δαπάνη (Personal Consumption Expenditure):** Ο συγκεκριμένος δείκτης αποτελεί ένα μέτρο των μεταβολών των τιμών των καταναλωτικών αγαθών και των υπηρεσιών και υπολογίζεται από την Υπηρεσία Οικονομικής Ανάλυσης του Υπουργείου Εμπορίου κάθε μήνα. Η ατομική καταναλωτική δαπάνη αποτελείται από τις πραγματικές και τις τεκμαρτές δαπάνες των νοικοκυριών. Στον υπολογισμό λαμβάνονται υπόψη στοιχεία για διαρκή αγαθά, μη διαρκή αγαθά και υπηρεσίες. Ουσιαστικά ο δείκτης πραγματεύεται αγαθά και υπηρεσίες στοχευόμενα προς το άτομο, τα οποία καταναλώνονται από το άτομο.

**13) Ακαθάριστο εγχώριο προϊόν Η.Π.Α (U.S.A. Gross Domestic Product):** Το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν υπολογίζεται επίσης από την Υπηρεσία Οικονομικής Ανάλυσης του Υπουργείου Εμπορίου κάθε τρίμηνο. Το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν ως μέγεθος συμπεριλαμβάνει την συνολική παραγωγή μιας χώρας, σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, αγαθών και υπηρεσιών από ιδιώτες, κυβερνητικές οντότητες, ημεδαπούς και αλλοδαπούς. Το GDP εκφράζεται σε δολάρια και αποτελεί τον πιο σημαντικό δείκτη μιας οικονομίας, αφού συμπεριλαμβάνει την οικονομική δραστηριότητα στο σύνολο της. Η παρακολούθηση του συγκεκριμένου δείκτη από τους επενδυτές κρίνεται επιβεβλημένη ώστε να έχουν εικόνα του γενικότερου οικονομικού πλαισίου στο οποίο καλούνται να κινηθούν.

**14) Αιτήσεις ανέργων (Jobless Claims):** Το γραφείο απασχόλησης και εκπαίδευσης του υπουργείου εργασίας των Η.Π.Α. αναρτά αυτό το δείκτη σε εβδομαδιαία βάση και συγκεκριμένα κάθε Πέμπτη. Ο δείκτης αυτός είναι αρκετά ενδεικτικός για την υγεία μιας οικονομίας αφού όσο περισσότεροι άνθρωποι βρίσκονται χωρίς δουλειά και σε αναζήτηση εργασίας τόσο πιο στενά είναι τα περιθώρια μιας οικονομίας για ανάπτυξη. Αξίζει να αναφερθούμε και στην κοινωνική υπόσταση του συγκεκριμένου δείκτη αφού μια κοινωνία με υψηλή ανεργία δεν μπορεί να θεωρείται υγιής ούτε να λειτουργεί εύρυθμα.

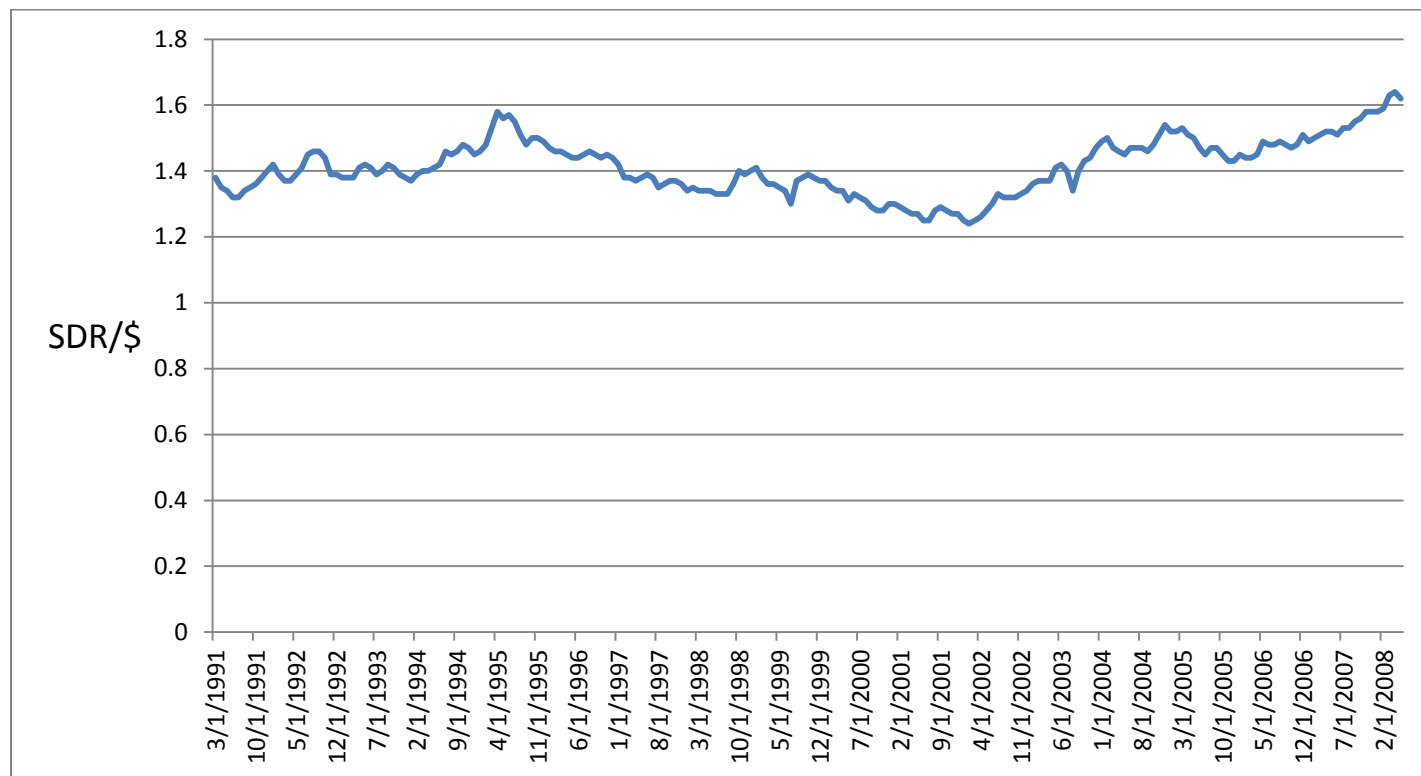
**15) Παραγωγικός δείκτης του ινστιτούτου για την διαχείριση της προσφοράς (ISM Manufacturing Index):** Ο δείκτης αυτός εκδίδεται από το ινστιτούτο για την διαχείριση της προσφοράς το οποίο, διεξάγει έρευνες σε πάνω από 300 επιχειρήσεις. Οι έρευνες αυτές συμπεριλαμβάνουν την παραγωγή, τις παραγγελίες και τις παραδόσεις και καταλήγουν σε έναν πολυσύνθετο δείκτη των συνθηκών παραγωγής. Η τιμή του δείκτη κυμαίνεται γύρω από το 50, με τις τιμές πάνω από 50 να υποδηλώνουν αύξηση στη παραγωγική δραστηριότητα. Τιμές μεταξύ του 43 και του 50 δείχνουν ανάπτυξη της οικονομίας παρά την συρρίνωση του παραγωγικού τομέα, ενώ τιμές κάτω από 43 δείχνουν ύφεση της οικονομίας. Αξιοσημείωτη είναι η σχέση του δείκτη με την αγορά ομολόγων, όπου μια αύξηση του οδηγεί συνήθως σε πτώση της αγοράς ομολόγων.

**16) Εβδομαδιαία αποθέματα πετρελαϊκών προϊόντων και αργού πετρελαίου των Η.Π.Α.(Weekly U.S. Total Crude Oil and Petroleum Products Ending Stocks):** Ο δείκτης αυτός δημοσιεύεται εβδομαδιαίως από την διεύθυνση ενεργειακής πληροφόρησης των Η.Π.Α. (Energy Information Administration), μετρείται σε χιλιάδες βαρέλια και αποτελεί τα στρατηγικά αποθέματα του συγκεκριμένου κράτους. Τέτοιου είδους αποθέματα, των οποίων η χρήση προβλέπεται σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, διαθέτουν και άλλες χώρες όπως η Ρωσία, η Ιαπωνία και η Νότια Κορέα. Οι Η.Π.Α. εισάγουν ένα ποσοστό της τάξης του 50% των πετρελαϊκών τους αναγκών και αυτά τα αποθέματα είναι ένα τείχος προστασίας απέναντι σε μια αιφνίδια διακοπή της παροχής του εισαγομένου πετρελαίου. Μαζί με την τιμή του Brent, την οποία θα περιγράψουμε παρακάτω, ο συγκεκριμένος δείκτης θα μας



δώσει μια ικανοποιητική εικόνα για την κίνηση της πετρελαϊκής αγοράς, η οποία έχει μείζονα σημασία και επιρροή στην παγκόσμια οικονομία.

**17) Ειδικά τραβηχτικά δικαιώματα του δολαρίου (SDRvs\$):** Το SDR είναι ένα συμπληρωματικό συνάλλαγμα το οποίο δημιουργήθηκε και διατηρείται από το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο (Δ.Ν.Τ.). Το SDR, το οποίο πρέπει να τονίσουμε πως δεν είναι νόμισμα, δημιουργήθηκε το 1969 για να αποφορτίσει τον χρυσό και το δολάριο, τα οποία ήταν οι άξιες που προτιμούσε το Δ.Ν.Τ., στις διεθνείς συναλλαγές. Αποτελεί ένα σταθμισμένο καλάθι των τεσσάρων «μεγάλων» νομισμάτων, του αμερικανικού δολαρίου, της βρετανικής λίρας, του Ευρώ και του ιαπωνικού γιεν.

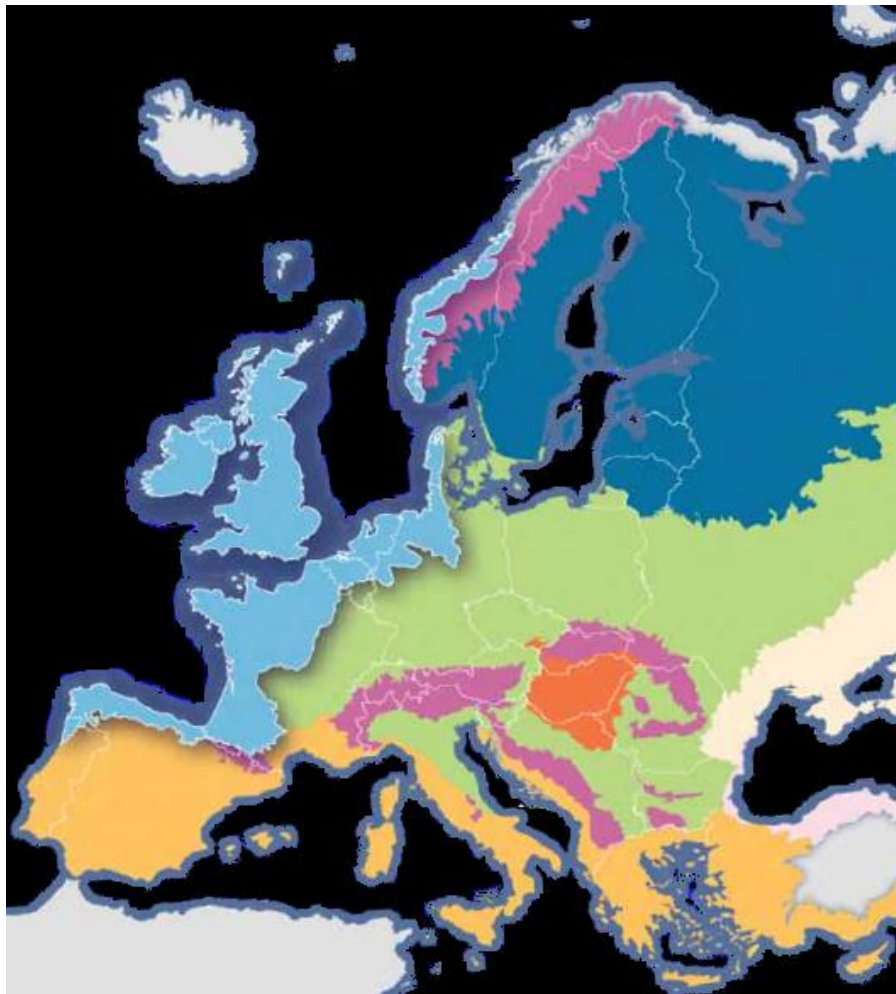


Σχήμα 28: Διάγραμμα της αξίας του SDR σε δολάρια από το 1991 μέχρι το 2008.

**18) Δείκτης μεταβλητότητας (Volatility Index):** Ο δείκτης VIX αποτελεί ένα δημοφιλέστατο μέτρο της τεκμαρτής μεταβλητότητας των μετοχών του δείκτη S&P 500 που περιγράψαμε παραπάνω. Υπολογίζεται από το Chicago Board Options Exchange και αποκαλείται και «δείκτης φόβου» αφού «προβλέπει» την αστάθεια ή την ευστάθεια της αγοράς τις επόμενες 30 μέρες. Έχει δεχτεί αρνητική κριτική ως προς την εγκυρότητα των προβλέψεων του με βασικότερο επιχειρήματα των επικριτών του να είναι πως αποτελεί απλά μια συνέχεια της μεταβλητότητας του παρελθόντος.

**19) Δείκτης τιμών καταναλωτή (U.S.A. Consumer Price Index, C.P.I.):** Ο συγκεκριμένος δείκτης υπολογίζει την διαφορά της τιμής σε καταναλωτικά αγαθά και υπηρεσίες που αγοράζονται από τους καταναλωτές. Πιο αναλυτικά ορίζεται ως ένα μέτρο της μέσης αλλαγής των τιμών με την πάροδο του χρόνου, για προϊόντα που ανήκουν σε ένα «καλάθι αγορών» με καταναλωτικά αγαθά και υπηρεσίες. Ο παραπάνω ορισμός δίνεται από το γραφείο της στατιστικής υπηρεσίας του υπουργείου εργασίας των Ηνωμένων Πολιτειών, το οποίο είναι υπεύθυνο και για την έκδοση του δείκτη. Η σημασία της συγκεκριμένης χρονοσειράς είναι μεγάλη, και είναι έντονα συσχετισμένη με τον πληθωρισμό μιας χώρας, για αυτό και λαμβάνεται υπόψη κατά τον υπολογισμό του.

**20) Ανάπτυξη βιομηχανικής παραγωγής της περιφέρειας του ατλαντικού σε ποσοστιαίες μονάδες (Atlantic Region Industrial Production Growth):** Η περιφέρεια του ατλαντικού είναι μια από τις περιφέρειες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, και εκτείνεται από την Νορβηγία έως την Ισπανία, συμπεριλαμβανομένων των νησιών του Ηνωμένου Βασιλείου και της Ιρλανδίας. Παραθέτουμε την παρακάτω εικόνα για την καλύτερη κατανόηση της οριοθέτησης της περιφέρειας του Ατλαντικού.



Εικόνα 11: Απεικόνιση των διαφόρων περιφερειών της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Η περιφέρεια του ατλαντικού συμβολίζεται με το γαλάζιο χρώμα και όπως βλέπουμε συμπεριλαμβάνει κάποιες από τις πιο έντονα βιομηχανικές περιοχές της Ευρώπης. Ο συγκεκριμένος δείκτης μετριέται σε ποσοστιαίες μονάδες και προσδιορίζει την ανάπτυξη ή την ύφεση της βιομηχανικής παραγωγής στον συγκεκριμένο βιομηχανικό χώρο.

**21) Τιμή πετρελαίου Brent σε δολάρια ανά βαρέλι (Brent Crude Oil Price \$ per barrel):** Ο συγκεκριμένος δείκτης αποτελεί έναν από τους κυριότερους οικονομικούς δείκτες και αφορά την τιμή του αργού πετρελαίου Brent ανά βαρέλι. Το πετρέλαιο Brent προέρχεται από την Βόρεια θάλασσα και αποτελείται από τις ποικιλίες Brent Blend, Forties Blend, Oseberg και Ekofisk. Το όνομα Brent προέρχεται από την πετρελαιοπηγή Brent που ανήκει στην Shell. Ο δείκτης αποτελεί σημείο αναφοράς για τις τιμές του πετρελαίου παγκοσμίως, και συγκεκριμένα επηρεάζει την τιμολόγηση περισσότερων εκ των δυο τρίτων των παγκοσμίων συναλλαγών αργού πετρελαίου. Η σημασία της τιμής του πετρελαίου και η επιρροή της στην παγκόσμια οικονομία είναι τεράστια και έτσι η χρήση του δείκτη είναι επιβεβλημένη.

**22) Ανάπτυξη βιομηχανικής παραγωγής της Κίνας σε ποσοστιαίες μονάδες (China Industrial Production Growth):** Η Κίνα έχει πλέον τεράστια επιρροή στο παγκόσμιο οικονομικό σύστημα. Όπως περιγράψαμε και παραπάνω, οι μεγάλοι ρυθμοί ανάπτυξης που έχει παρουσιάσει η συγκεκριμένη χώρα τα τελευταία χρόνια σε συνδυασμό με τον τεράστιο πληθυσμό της την καθιστούν αυτομάτως μια υπερδύναμη με αύξουσα ισχύ. Βρίσκεται δεύτερη παγκοσμίως σε συνολικό Α.Ε.Π. (ή τρίτη αν λάβουμε υπόψη μας την Ευρωζώνη ως μια οικονομία). Ο συγκεκριμένος δείκτης αναπαριστά σε ποσοστιαίες μονάδες την ανάπτυξη της βιομηχανικής παραγωγής της Κίνας, δίνοντας μας μια εικόνα για την δυναμική της οικονομίας της και τις μεταβολές της.

**23) Τραπεζικά επιτόκια στις Η.Π.Α. (USA interest rates):** Η διακύμανση των τιμών των επιτοκίων στις Η.Π.Α. είναι μια σημαντική παράμετρος της παγκόσμιας οικονομίας. Ο συγκεκριμένος δείκτης μετριέται σε ποσοστιαίες μονάδες. Αξίζει να σημειώσουμε πως μετά την κρίση του 2008 τα επιτόκια έχουν επιστρέψει στα επίπεδα της δεκαετίας του 50, με πρωταρχικό στόχο να τονωθεί η οικονομία με την εισροή «φθηνού» χρήματος.

Θα περιγράψουμε τώρα τις **ναυτιλιακές** μεταβλητές που θα χρησιμοποιήσουμε, και τις οποίες προμηθευθήκαμε από τον οίκο Clarkson's:

**24) Baltic Dry Index (BDI):** Ο συγκεκριμένος δείκτης εκδίδεται από το Baltic Exchange σε καθημερινή βάση. Το Baltic Exchange το οποίο εδρεύει στο Λονδίνο είναι η μοναδική ανεξάρτητη πηγή πληροφοριών της παγκόσμιας ναυτιλιακής αγοράς για συναλλαγές και συμβόλαια. Ο συγκεκριμένος δείκτης δεν περιορίζεται στις χώρες της βαλτικής και λαμβάνει υπόψη του 26 θαλάσσιες διαδρομές, τόσο με συμβόλαια χρονοναύλωσης όσο και με συμβόλαια μονού ταξιδιού, με πλοία μεγέθους που κυμαίνονται από τα Handysize (15000-35000 Dwt) έως τα Capesize (>100000 Dwt) και με μια ευρύτατη ποικιλία φορτίων (όπως για παράδειγμα κάρβουνο, σίδηρο, σιτηρά κλπ). Η σημασία του δείκτη αυτού είναι τεράστια για την αγορά των dry bulk carriers αφού ουσιαστικά μετρά την ζήτηση για μεταφορά φορτίου έναντι της προσφοράς μεταφορικής ικανότητας. Το BDI θεωρείται ένας από τους οικονομικούς δείκτες που «προβλέπουν» το μέλλον, αφού αποτελεί ισχυρότατη ένδειξη για την

μελλοντική οικονομική δραστηριότητα. Αξίζει να σημειώσουμε πως ο δείκτης τον Μάιο του 2008 έφτασε τις 11793 μονάδες, επίπεδα που αποτελούσαν την υψηλότερη τιμή του από το 1985, ενώ μόλις έξι μήνες μετά είχε καταγράψει μια πτώση της τάξεως του 94%, όταν και κυμαινόταν στις 663 μονάδες.

**25) Τιμή μίσθωσης πλοίου 30000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 6 μηνών σε δολάρια ανά ημέρα (6 month Timecharter Rate of a 30,000 Dwt Bulk Carrier):** Η συγκεκριμένη τιμή αποτελεί το χαρακτηριστικότερο μέγεθος ενός συμβολαίου χρονοναύλωσης και συμπεριφέρεται με τρόπο παρόμοιο με τις τιμές των χρηματιστηριακών μετοχών. Είναι το πιο ενδεικτικό μέτρο για την κατάσταση και την κίνηση της αγοράς.

**26) Τιμή μίσθωσης πλοίου 30000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 3 ετών σε δολάρια ανά ημέρα (3 year Timecharter Rate of a 30,000 Dwt Bulk Carrier):** Για το συγκεκριμένο μέγεθος ισχύουν όσα αναφέραμε και για την εξαμηνιαία χρονοναύλωση. Το μόνο που διαφέρει είναι η διάρκεια του συμβολαίου. Η συγκεκριμένη μεταβλητή είναι η μεταβλητή προς πρόβλεψη.

**27) Τιμή διάλυσης πλοίου τύπου Handysize σε εκατομμύρια δολάρια (Handysize Bulk Carrier Scrap Value):** Το πλοίο ακόμα και όταν σταματά την κανονική λειτουργία του και οδηγείται σε διάλυση έχει κάποια αξία, η οποία έγκειται στην επιμέρους αξία των εξαρτημάτων του τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ξανά, όπως για παράδειγμα κάποια μέρη του μηχανολογικού εξοπλισμού, ο χάλυβας κλπ. Αξίζει να αναφέρουμε πως μια, σχετικά σπάνια, εναλλακτική στην διάλυση των πλοίων, είναι η βύθιση τους, με σκοπό να δημιουργήσουν έναν τεχνητό ύφαλο.

**28) Εξέλιξη του παγκοσμίου στόλου των Handysize Bulk Carriers σε εκατομμύρια τόνους ωφέλιμου φορτίου (Handysize Bulk Carrier Fleet Development in Million Tones Dwt):** Η συγκεκριμένη μεταβλητή περιγράφει ουσιαστικά την εξέλιξη της μεταφορικής ικανότητας στην αγορά των handysize bulk carriers. Αυτή η τιμή είναι πολύ σημαντική για την ισορροπία της αγοράς αφού εκφράζει την προσφορά. Η διαφορά λοιπόν αυτής της τιμής με την ζήτηση είναι που καθορίζει την τιμή των ναύλων καθώς και τις μελλοντικές κινήσεις των εμπλεκόμενων.

**29) Διάλυση πλοίων Handysize Bulk Carriers σε τόνους ωφέλιμου φορτίου (Handysize Bulk Carrier Demolition in Tones Dwt):** Η μεταβλητή αυτή μας δείχνει το ποσό των ωφέλιμων τόνων φορτίου που μετατράπηκαν σε scrap. Υψηλές μηνιαίες τιμές για τον παραπάνω δείκτη αφορούν περιόδους όπου είναι οικονομικά προτιμότερο να παροπλιστεί το πλοίο από το να συνεχίσει να είναι διαθέσιμο στην ναυλαγορά. Τέτοιες περιόδους χαρακτηρίζονται από υπερπροσφορά ή/και είσοδο αρκετών νεότευκτων πλοίων στην αγορά. Αντιθέτως, στη φάση εκείνη του κύκλου της ναυτιλίας κατά την οποία η ζήτηση είναι μεγάλη, οι διαλύσεις πλοίων μειώνονται δραματικά ή ακόμα και μηδενίζονται.

**30) Τιμή μεταχειρισμένου πλοίου, ηλικίας 10 ετών, τύπου Handysize Bulk Carrier, με 28000-30000 τόνους ωφέλιμου φορτίου σε εκατομμύρια δολάρια (Handysize Bulk Carrier 28K-30K 10 Year Old Secondhand Prices in million \$):** Όπως περιγράφει και ο τίτλος, η συγκεκριμένη μεταβλητή μας δίνει μια εικόνα της αγοράς μεταχειρισμένων πλοίων. Η σημασία της είναι λοιπόν μεγάλη και μας βοηθά να κατανοήσουμε καλύτερα την ναυτιλιακή αγορά ως σύνολο, έχοντας εικόνα των επιμέρους αγορών που δρουν ως συγκοινωνούντα δοχεία. Η συγκεκριμένη τιμή έχει αρκετά έντονη διακύμανση σε μηνιαία βάση και όπως θα δούμε παρακάτω είναι φυσιολογικά έντονα συσχετισμένη με

την τιμή του νεότευκτου πλοίου. Αξίζει να σημειώσουμε πως σε περιόδους μεγάλης ζήτησης και υψηλών ναύλων η συγκεκριμένη τιμή είναι υψηλότερη από την τιμή του νεότευκτου πλοίου. Ο λόγος για τον οποίο ο αγοραστής προτιμά να προμηθευθεί ένα πλοίο χαμηλότερης αξίας, με μεγαλύτερο κόστος, είναι γιατί το νεότευκτο πλοίο θα παραδοθεί σε εκείνον σε περίπου 2 χρόνια και σε μια «άγνωστη» φάση της ναυλαγοράς, ενώ αντίθετα το μεταχειρισμένο θα του είναι άμεσα διαθέσιμο.

**31) Τιμή νεότευκτου πλοίου, τύπου Handysize Bulk Carrier, με 25000-30000 τόνους ωφέλιμου φορτίου σε εκατομμύρια δολάρια (Handysize 25K-30K Newbuilding Prices in million \$):** Όπως περιγράφει και ο τίτλος, η συγκεκριμένη χρονοσειρά θα μας προσφέρει πληροφορίες για την αγορά των νεότευκτων πλοίων ώστε να αποκτήσουμε μια πιο σφαιρική εικόνα για την ναυτιλιακή αγορά στο σύνολο της. Η επιρροή της αγοράς νεότευκτων πλοίων είναι μεγάλη και ουσιαστικά αποτελεί το μέτρο εξισορρόπησης της προσφοράς όταν η ζήτηση είναι μεγάλη. Πρέπει να τονίσουμε πως υπάρχει μια χρονική καθυστέρηση (time lag) από την στιγμή της παραγγελίας του πλοίου μέχρι την παράδοση του, η οποία κυμαίνεται από ένα μέχρι τέσσερα έτη και εξαρτάται και από το μέγεθος του δελτίου παραγγελιών (order book) που έχουν τα ναυπηγεία. Παραθέτουμε το παρακάτω διάγραμμα για μια καλύτερη απεικόνιση της σχέσης και της διαφοράς στη τιμή μεταξύ νεότευκτων και μεταχειρισμένων πλοίων.



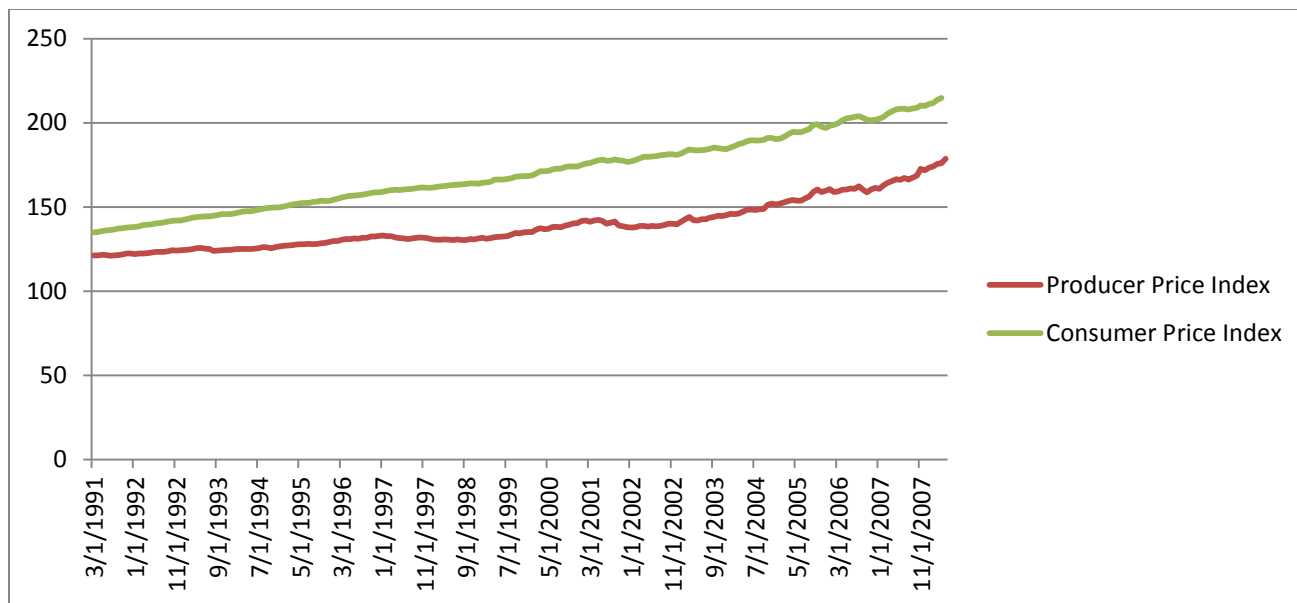
**Σχήμα 29: Εξέλιξη των τιμών (σε εκατομμύρια δολάρια) νεότευκτων και μεταχειρισμένων (10 ετών) dry bulk handysize carriers.**

Όπως βλέπουμε οι δυο αυτές τιμές ακολουθούν «παράλληλες πορείες» και αναμένουμε να είναι και ισχυρά συσχετισμένες. Επίσης διατηρείται μια διαφορά της τάξεως των πέντε με δέκα εκατομμυρίων μεταξύ τους, μέχρι την «έκρηξη» της ζήτησης του 2007.

## 4.2 Σχολιασμός Χρονοσειρών

Σε αυτό το σημείο, είναι απαραίτητο να κάνουμε ένα σύντομο σχολιασμό των χρονοσειρών και κυρίως την μεταξύ τους σχέση και το σκεπτικό πίσω από την επιλογή τους.

- Οι πλειοψηφία των μακροοικονομικών μεταβλητών αφορούν ή σχετίζονται με τις Η.Π.Α..Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό είναι πως οι Η.Π.Α. είναι η χώρα από την οποία ξεκίνησε η κρίση του 2008, όπως αναφέραμε και προηγουμένως, και άρα τα στοιχεία που θα μπορούσαν να προμηνύουν το μέλλον πρέπει να βρίσκονται μέσα στα μακροοικονομικά δεδομένα της συγκεκριμένης χώρας. Εκτός αυτού, η προεξέχουσα θέση των Η.Π.Α. στο παγκόσμιο οικονομικό σύστημα, η οποία διαφαίνεται και από το ότι κατέχει την πρώτη θέση παγκοσμίως σε συνολικό Α.Ε.Π., οπότε και η εστίαση μας στην συγκεκριμένη χώρα κρίνεται επιβεβλημένη.
- Κάποιες από τις μεταβλητές ίσως να παρέχουν την ίδια πληροφορία στο Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο. Λόγω των ισχυρών δεσμών μεταξύ των οικονομικών δεικτών πολλοί δείκτες μπορεί να ακολουθούν παρόμοια πορεία. Αυτό θα το εξακριβώσουμε περαιτέρω όταν και θα ερευνήσουμε την συσχέτιση μεταξύ των χρονοσειρών και της μεταβλητής πρόβλεψης, αλλά και των χρονοσειρών μεταξύ τους. Για παράδειγμα παραθέτουμε το διάγραμμα μεταξύ δυο χρονοσειρών που είναι έντονα συσχετισμένες, τον δείκτη τιμών καταναλωτή (C.P.I.) και τον δείκτη τιμών παραγωγού (P.P.I.). Το ενδεχόμενο κάποιες μεταβλητές να προσφέρουν την ίδια πληροφορία στο δίκτυο δεν μας προβληματίζει ιδιαίτερα αφού τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα έχουν την δυνατότητα να εξακριβώνουν από μόνα τους τις ισχυρά συσχετισμένες μεταβλητές και να εξομαλύνουν την επίδραση τους.



Σχήμα 30: Εξέλιξη των δεικτών C.P.I. και P.P.I. από το 1991.

- Η ίδια αντιμετώπιση ισχύει και για χρονοσειρές οι οποίες φαίνεται να μην σχετίζονται με την μεταβλητή την οποία μελετάμε. Τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα όμως έχουν την δυνατότητα να διακρίνουν αν η πληροφορία έχει κάποια αξία και να της δώσουν την πρέπουσα βαρύτητα.

### 4.3 Επεξεργασία Δεδομένων

#### Συσχέτιση

Το πρώτο βήμα για την καλύτερη κατανόηση των δεδομένων που θα χρησιμοποιήσουμε είναι να υπολογίσουμε την συσχέτιση τους με την μεταβλητή που θέλουμε να προβλέψουμε.

Ο συντελεστής συσχέτισης, τον οποίο και θα υπολογίσουμε, δείχνει την ισχύ, μεγάλη ή μικρή, της σχέσης ανάμεσα σε δυο μεταβλητές. Μέσω της παλινδρόμησης, μπορεί να γίνει κατανοητή η ένταση αυτής της σχέσης, η οποία ποσοτικοποιείται από τον συγκεκριμένο συντελεστή.

Ο συγκεκριμένος συντελεστής παίρνει τιμές στο  $[-1,1]$ , όπου με 1 έχουμε τέλεια θετική συσχέτιση, με -1 τέλεια αρνητική συσχέτιση και με 0 οι μεταβλητές είναι ασυσχέτιστες. Πιο συγκεκριμένα για τιμές μικρότερες του 0.2 κατά απόλυτη τιμή θεωρούμε πως δεν έχουμε συσχέτιση, για τιμές από 0.2 έως 0.3 έχουμε χαμηλή προς μέτρια συσχέτιση, για τιμές από 0.3 έως 0.5 έχουμε μέτρια συσχέτιση, για τιμές από 0.5 έως 0.6 έχουμε μέτρια προς υψηλή συσχέτιση και για τιμές μεγαλύτερες του 0.6 έχουμε υψηλή συσχέτιση.

Για να είναι αντικειμενική η έκφραση του συντελεστή συσχέτισης προς την σχέση των δυο μεταβλητών, πρέπει να ικανοποιούνται οι εξής συνθήκες:

- Να είναι ανεξάρτητος από την αρχή της μέτρησης των μεταβλητών.
- Να είναι συμμετρικός ως προς τις υπό μελέτη μεταβλητές.
- Να είναι ανεξάρτητος των μονάδων μέτρησης των μεταβλητών.

Ο ευρύτερα χρησιμοποιούμενος συντελεστής συσχέτισης, είναι αυτός του μοντέλου Pearson (Pearson Product-Moment Correlation Coefficient), ο οποίος διατυπώθηκε από τον Karl Pearson.

Για δυο μεταβλητές,  $X$ ,  $Y$ , ορίζεται ως εξής:

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

$\mu_X$ : Αναμενόμενη τιμή της μεταβλητής  $X$ .

$\mu_Y$ : Αναμενόμενη τιμή της μεταβλητής  $Y$ .

$E[A]$ : Αναμενόμενη τιμή της παράστασης  $A$ .

$\sigma_X$ : Τυπική απόκλιση της μεταβλητής  $X$ .

$\sigma_Y$ : Τυπική απόκλιση της μεταβλητής  $Y$ .

Για την τυπική απόκλιση ισχύει γενικότερα:

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

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζουμε τους συντελεστές συσχέτισης ανάμεσα στις χρονοσειρές που έχουμε συλλέξει, και την τιμή του 3ετους time charter 3,6,9 και 12 μήνες μετά τον Μάιο του 2008.



Correlation Coefficients				
	<b>T.C. 3</b>	<b>T.C. 6</b>	<b>T.C. 9</b>	<b>T.C. 12</b>
<b>3 Year Time Charter</b>	0.964	0.856	0.736	0.572
<b>Jobless Claims</b>	-0.048	-0.066	-0.063	-0.041
<b>C.P.I.</b>	0.678	0.670	0.649	0.631
<b>Gold Price</b>	0.924	0.867	0.741	0.654
<b>I.S.M.</b>	0.050	0.093	0.147	0.183
<b>Consumer Confidence</b>	-0.151	-0.098	-0.060	-0.063
<b>Consumer Credit</b>	0.625	0.626	0.615	0.602
<b>P.P.I.</b>	0.799	0.769	0.719	0.678
<b>S.P.R.</b>	0.554	0.557	0.571	0.580
<b>Steel Price</b>	0.838	0.816	0.780	0.744
<b>Volatility Index</b>	-0.189	-0.224	-0.302	-0.340
<b>Factory Orders</b>	0.030	0.027	0.028	0.010
<b>Personal Income</b>	-0.003	-0.015	0.021	0.023
<b>P.C.E.</b>	-0.065	-0.040	-0.008	-0.034
<b>S&amp;P 500</b>	0.431	0.436	0.435	0.405
<b>World Stock Index</b>	0.588	0.582	0.565	0.510
<b>Copper Price</b>	0.900	0.857	0.799	0.763
<b>S.D.R. Vs. Dollar</b>	0.703	0.628	0.549	0.468
<b>Fleet Development</b>	-0.380	-0.426	-0.470	-0.506
<b>Newbuilding Price</b>	0.873	0.802	0.708	0.624
<b>Scrap Value</b>	0.901	0.830	0.736	0.664
<b>Secondhand Price</b>	0.951	0.851	0.728	0.598
<b>Deliveries</b>	0.266	0.214	0.150	0.072
<b>Demolitions</b>	-0.471	-0.449	-0.422	-0.390
<b>6 Month Time Charter</b>	0.938	0.842	0.725	0.546
<b>B.D.I.</b>	0.922	0.807	0.726	0.551
<b>Atlantic Region Production</b>	0.306	0.357	0.371	0.354
<b>Brent Price</b>	0.878	0.793	0.700	0.643
<b>U.S.A. Rates</b>	-0.055	-0.025	-0.019	-0.050
<b>China Production Growth</b>	0.246	0.273	0.281	0.285

Πίνακας 3: Συσχέτιση μεταξύ των χρονοσειρών και της υπό μελέτη μεταβλητής.

Παρατηρώντας προσεκτικά τον παραπάνω πίνακα μπορούμε να εξάγουμε τα εξής συμπεράσματα:

- Κάποιες από τις μεταβλητές που έχουμε επιλέξει φαίνεται πως δεν συσχετίζονται με την προς πρόβλεψη μεταβλητή. Συγκεκριμένα οι χρονοσειρές: αιτήσεις ανέργων, παραγωγικός δείκτης του ινστιτούτου για την διαχείριση της προσφοράς, καταναλωτική εμπιστοσύνη, βιομηχανικές παραγγελίες, ατομικό εισόδημα, ατομική καταναλωτική δαπάνη και τα επιτόκια των Η.Π.Α.. Το ότι οι συγκεκριμένες χρονοσειρές φαίνεται να είναι ασυσχέτιστες δεν θα μας αποτρέψει από το να τις εισάγουμε στα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα αφού αυτά έχουν την δυνατότητα να αναγνωρίσουν την σύνδεση, ή την έλλειψη της, με την μεταβλητή που θέλουμε να προβλέψουμε.
- Ο δείκτης μεταβλητότητας έχει μεγαλύτερη συσχέτιση με την τιμή του Time Charter 6,9 και 12 μήνες μετά από την τιμή για 3 μήνες μετά. Αυτό συμβαίνει γιατί η συγκεκριμένη μεταβλητή έχει συσχέτιση με χρονική διαφορά (cross correlation).
- Οι υπόλοιπες μεταβλητές έχουν από μέτρια έως υψηλή, θετική ή αρνητική συσχέτιση.
- Το γενικότερο φαινόμενο μείωσης της συσχέτισης καθώς μελετάμε τις πιο «μακρινές» χρονικά μεταβλητές (π.χ. T.C. 9, T.C. 12) είναι απολύτως αναμενόμενο αφού οι χρονοσειρές δεν συσχετίζονται στον ίδιο βαθμό με τις «μελλοντικές» χρονοσειρές.
- Παρατηρούμε υψηλή συσχέτιση με την τιμή των μετάλλων που χρησιμοποιούνται ως πρώτη υλη (χάλυβας, χαλκός), κάτι αναμενόμενο αφού η τιμή τους εξαρτάται από την γενικότερη πορεία της αγοράς, όπως και η τιμή του time charter.
- Βλέπουμε επίσης πως όλες η ναυτιλιακές χρονοσειρές παρουσιάζουν συσχέτιση με την μεταβλητή προς πρόβλεψη και μάλιστα οι περισσότερες αρκετά υψηλή. Κάτι τέτοιο είναι φυσιολογικό αφού όπως έχουμε περιγράψει και παραπάνω, οι επιμέρους αγορές της ναυτιλίας αποτελούν συγκοινωνούντα δοχεία.
- Παρατηρούμε πως η τιμή της συσχέτισης της χρονοσειράς διάλυσης πλοίων, είναι αρνητική και παρουσιάζει με την προς πρόβλεψη μεταβλητή, μέτρια συσχέτιση. Αυτό το στοιχείο έρχεται να επιβεβαιώσει την λογική της αγοράς που θέλει να υπάρχουν μειωμένες διαλύσεις κατά την περίοδο υψηλών ναύλων.
- Ενδιαφέρουσα είναι επίσης η σχέση του time charter με την εξέλιξη του παγκοσμίου στόλου των Handysize Bulk Carriers . Βλέπουμε πως η συσχέτιση μεταξύ τους είναι αρνητική, και αύξουσα κατά απόλυτη τιμή όσο εξετάζουμε τις πιο μελλοντικές μεταβλητές. Αυτό υποδεικνύει πως όσο μεγαλώνει ο παγκόσμιος στόλος τόσο τείνουν να πέσουν οι τιμές των ναύλων, κάτι αναμενόμενο, αλλά και το ότι αυτό συμβαίνει με μια χρονική καθυστέρηση. Δηλαδή είναι πιο έντονη η επίδραση της χρονοσειράς της εξέλιξης του παγκοσμίου στόλου στην τιμή του time charter 12 μήνες μετά. Άρα μια αύξηση του παγκοσμίου στόλου θα οδηγούσε σε μια μακροπρόθεσμη πτώση των ναύλων.

Παραθέτουμε σε αυτό το σημείο έναν πίνακα που περιέχει την συσχέτιση ανάμεσα σε όλες τις χρονοσειρές που θα χρησιμοποιήσουμε.

	3 Year T.C.	Jobless Claims	C.P.I.	Gold Price	I.S.M.	Consumer Confidence	Consumer Credit	P.P.I.	S.P.R.	Steel Price	VIX	Factory Orders	Personal Income	P.C.E.	
3 Year T.C.	1.000	-0.057	0.656	0.911	0.020	-0.167	0.604	0.785	0.541	0.817	-0.178	0.042	-0.001	-0.057	
Jobless Claims		1.000	-0.044	-0.027	-0.186	-0.720	0.026	-0.060	-0.078	-0.025	0.040	-0.013	-0.102	-0.076	
C.P.I.			1.000	0.630	0.032	0.211	0.993	0.971	0.320	0.934	0.123	0.015	-0.009	-0.054	
Gold Price				1.000	0.054	-0.251	0.569	0.775	0.616	0.814	-0.282	0.039	0.018	-0.063	
I.S.M.					1.000	0.076	0.018	0.023	0.210	0.072	-0.321	0.106	0.099	0.011	
Consumer Confidence						1.000	0.204	0.094	-0.222	0.032	0.312	-0.034	0.056	0.054	
Consumer Credit							1.000	0.947	0.276	0.911	0.155	0.010	-0.016	-0.052	
P.P.I.								1.000	0.416	0.975	0.003	0.021	0.001	-0.061	
S.P.R.									1.000	0.498	-0.399	0.040	0.012	0.005	
Steel Price										1.000	-0.070	0.024	0.001	-0.061	
Volatility Index											1.000	-0.059	-0.081	-0.043	
Factory Orders												1.000	-0.033	0.078	
Personal Income													1.000	0.150	
P.C.E.														1.000	
S&P 500															
World Stock Index															
Copper Price															
S.D.R. Vs Dollar															
Fleet Development															
Newbuilding Price															
Scrap Value															
Secondhand Price															
Deliveries															
Demolitions															
6 Month Time Charter															
B.D.I.															
Atlanti Region Production															
Brent Price															
U.S.A. Rates															

	S&P 500	World Stock Index	Copper Price	S.D.R. Vs Dollar	Fleet Development	Newbuilding Price	Scrap Value	Secondhand Price	Deliveries	Demolitions	6 Month Time Charter	B.D.I.	Atlanti Region Product	Brent Price	U.S.A. Rates	China Production
3 Year T.C.	0.413	0.571	0.870	0.723	-0.349	0.892	0.900	0.972	0.303	-0.478	0.978	0.946	0.277	0.873	-0.046	0.229
Jobless Claims	-0.357	-0.433	-0.146	-0.144	-0.277	-0.053	0.021	-0.102	-0.242	-0.136	-0.003	0.015	-0.627	-0.032	-0.723	0.216
C.P.I.	0.840	0.854	0.657	0.341	-0.854	0.493	0.775	0.697	0.346	-0.108	0.701	0.678	0.285	0.833	-0.244	-0.072
Gold Price	0.316	0.496	0.941	0.758	-0.305	0.925	0.893	0.945	0.248	-0.511	0.883	0.834	0.305	0.896	-0.037	0.312
I.S.M.	-0.010	0.018	0.036	0.235	-0.071	0.097	0.125	0.043	-0.070	-0.262	0.070	0.097	0.437	0.028	-0.212	0.285
Consumer Confidence	0.598	0.549	-0.107	-0.260	-0.057	-0.328	-0.191	-0.140	0.290	0.465	-0.173	-0.164	0.452	-0.098	0.538	-0.596
Consumer Credit	0.836	0.828	0.594	0.284	-0.897	0.433	0.742	0.638	0.323	-0.083	0.662	0.645	0.235	0.792	-0.296	-0.106
P.P.I.	0.768	0.830	0.790	0.475	-0.759	0.672	0.880	0.829	0.340	-0.246	0.811	0.778	0.303	0.933	-0.180	0.032
S.P.R.	0.113	0.243	0.646	0.528	-0.163	0.677	0.527	0.561	-0.026	-0.398	0.495	0.431	0.167	0.521	-0.024	0.328
Steel Price	0.700	0.780	0.836	0.525	-0.730	0.731	0.907	0.850	0.301	-0.318	0.839	0.807	0.327	0.933	-0.180	0.081
VIX	0.317	0.189	-0.295	-0.494	-0.151	-0.440	-0.273	-0.210	0.116	0.584	-0.167	-0.140	-0.160	-0.118	-0.031	-0.454
Factory Orders	-0.018	-0.003	0.028	0.090	-0.009	0.046	0.059	0.052	-0.021	-0.138	0.052	0.068	0.033	0.038	-0.052	0.096
Personal Income	0.023	0.043	0.016	0.074	0.043	0.031	0.017	0.006	0.114	0.009	0.002	0.009	0.155	0.011	0.076	0.138
P.C.E.	0.012	0.014	-0.062	0.017	0.042	-0.039	-0.041	-0.064	-0.090	0.036	-0.050	-0.051	0.063	-0.053	0.023	-0.057
S&P 500	1.000	0.969	0.407	0.034	-0.689	0.184	0.470	0.434	0.317	0.175	0.448	0.447	0.323	0.585	0.054	-0.369
World Stock Index		1.000	0.583	0.211	-0.610	0.376	0.593	0.598	0.344	0.045	0.581	0.571	0.423	0.701	0.155	-0.278
Copper Price			1.000	0.703	-0.318	0.897	0.864	0.911	0.249	-0.488	0.824	0.788	0.386	0.893	0.117	0.243
S.D.R. Vs Dollar				1.000	-0.088	0.780	0.720	0.736	0.247	-0.613	0.721	0.696	0.375	0.591	-0.016	0.398
Fleet Development					1.000	-0.177	-0.553	-0.353	-0.120	0.073	-0.448	-0.454	-0.062	-0.567	0.545	0.020
Newbuilding Price						1.000	0.872	0.923	0.190	-0.619	0.852	0.790	0.268	0.837	0.014	0.365
Scrap Value							1.000	0.924	0.267	-0.528	0.925	0.890	0.311	0.924	-0.209	0.249
Secondhand Price								1.000	0.329	-0.481	0.947	0.901	0.311	0.921	-0.024	0.230
Deliveries									1.000	0.029	0.307	0.289	0.206	0.272	0.120	-0.179
Demolitions										1.000	-0.479	-0.458	-0.133	-0.411	0.125	-0.497
6 Month Time Charter											1.000	0.967	0.270	0.874	-0.155	0.224
B.D.I.												1.000	0.278	0.827	-0.168	0.221
Atlanti Region Production													1.000	0.280	0.423	-0.013
Brent Price														1.000	-0.111	0.173
U.S.A. Rates															1.000	-0.302
China Production																1.000

Πίνακας 4: Συσχέτιση μεταξύ των χρονοσειρών.

Παρατηρώντας προσεκτικά τον παραπάνω πίνακα μπορούμε να εξάγουμε τα εξής συμπεράσματα:

- Βλέπουμε πως οι ναυτιλιακές μεταβλητές έχουν κατά μέσο όρο ισχυρή συσχέτιση μεταξύ τους.
- Η τιμή του Brent έχει πολύ υψηλή μέση συσχέτιση, επηρεάζει δηλαδή αρκετά τις άλλες χρονοσειρές. Αυτό καταδεικνύει την σημασία και την επιρροή του πετρελαίου στην σύγχρονη οικονομία και στην ναυτιλία γενικότερα.
- Αρκετές χρονοσειρές έχουν πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ τους (της τάξεως του 0.9). Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, το ενδεχόμενο του να προσφέρουν την ίδια πληροφορία στο Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο δεν μας απασχολεί αφού τα δίκτυα έχουν την δυνατότητα να το «αταλάβουν» αυτό, πράττοντας αναλόγως.

## 5. Επεξεργασία και Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

Αρχικά, θα γίνει μια σύντομη περιγραφή του προγράμματος και της διαδικασίας που επιτελέστηκε. Θα ακολουθήσει η παρουσίαση των αποτελεσμάτων σε μορφή διαγραμμάτων με την πραγματική εξέλιξη και την πρόβλεψη των δικτύων.

### 5.1 Το Neurosolutions και η χρήση του

Το πρόγραμμα το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία και την λειτουργία των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων ήταν το Neurosolutions. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα, το οποίο είναι προϊόν της εταιρίας Neurodimensions, αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για την δημιουργία και την αξιοποίηση Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων. Το Neurosolutions συνδυάζει ένα οπτικοποιημένο, αρκετά φιλικό προς τον χρήστη, περιβάλλον με προηγμένες διαδικασίες εκπαίδευσης και γενετικής βελτιστοποίησης. Το αποτέλεσμα είναι ένα ουσιαστικά απεριόριστο περιβάλλον για τον σχεδιασμό Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων με σκοπό την έρευνα και την επίλυση πραγματικών προβλημάτων.

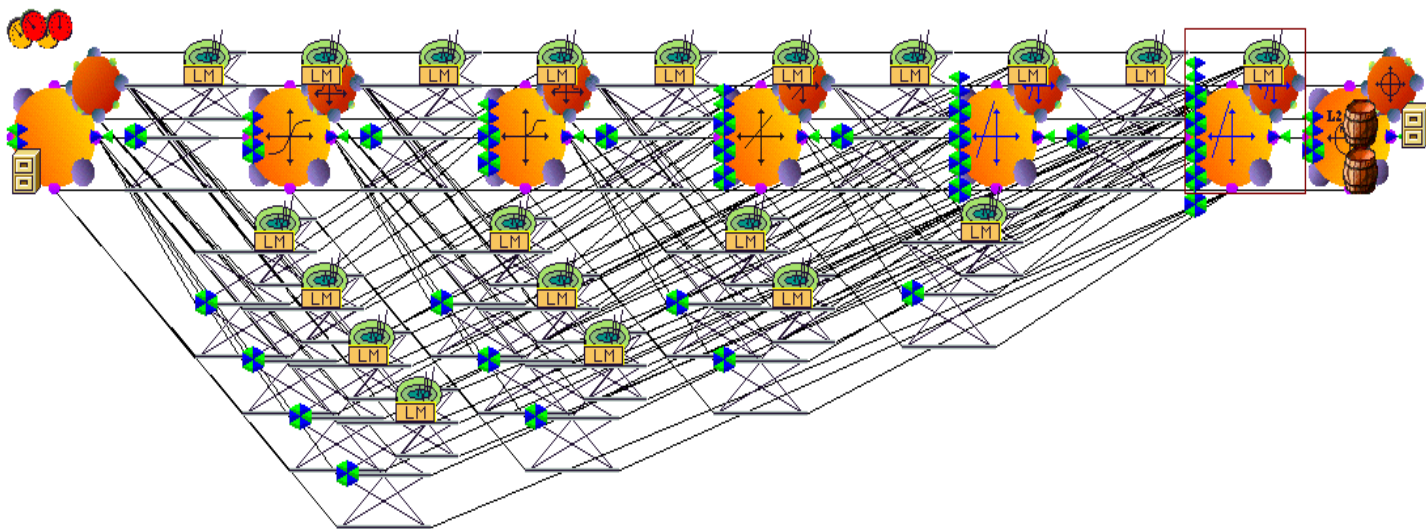
Μια από τις χρησιμότερες ιδιότητες του συγκεκριμένου προγράμματος, για την περάτωση αυτής της εργασίας, ήταν η πλήρης ενοποίηση του με το Microsoft Excel. Η δυνατότητα αυτή αποδείχθηκε εξαιρετικά σημαντική αφού όλες οι χρονοσειρές ήταν αποθηκευμένες σε ένα φύλλο Excel. Έτσι, το Neurosolutions μπορούσε να αποτελεί ένα από τα πρόσθετα (add-ins) του Excel και να είναι προσβάσιμο από το φύλλο στο οποίο βρίσκονταν οι χρονοσειρές. Αυτή η δυνατότητα έκανε την κατασκευή ενός δικτύου ή την τροποποίηση του αρκετά εύκολη, αφού μέσα σε πολύ μικρό χρόνο μπορούσε κανείς να ορίσει ποια είναι τα δεδομένα εισαγωγής, οι προς πρόβλεψη μεταβλητές, τα δεδομένα εκπαίδευσης και τα δεδομένα διασταύρωσης. Επίσης τα αποτελέσματα της εκπαίδευσης καταχωρούνταν απευθείας σε καινούργια φύλλα Excel, όπως επίσης και τα αποτελέσματα της πρόβλεψης. Τα αποτελέσματα συνοδεύονταν από διαγράμματα, από τα οποία, μπορούσε κανείς να διαπιστώσει την πρόοδο που επιτελούσε το εκάστοτε δίκτυο καθώς εκπαιδευόταν, όπως επίσης και τα αποτελέσματα της πρόβλεψης συγκριτικά με την πραγματικότητα.

Το επόμενο εργαλείο του Neurosolutions το οποίο χρησιμοποιήσαμε ήταν το Neuralbuilder, στο οποίο ουσιαστικά γινόταν η κατασκευή του Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου. Οι επιλογές που έχει ο χρήστης κατά την κατασκευή αυτή είναι πάρα πολλές και ουσιαστικά υπάρχει η δυνατότητα για την δημιουργία ενός τεράστιου αριθμού διαφορετικών δικτύων. Ο χρήστης αρχικά επιλέγει μια από τις εξής αρχιτεκτονικές, οι οποίες αναφέρονται εδώ ονομαστικά, και θα περιγραφούν εν συντομία παρακάτω:

- Generalized Feedforward
- Modular
- Jordan/Elman
- Principal Component Analysis (PCA)
- Radial Basis Function (RBF)
- General Regression Neural Network (GRNN)
- Probabilistic Neural Network (PNN)
- Self-Organizing Map (SOM)
- Time-Lag Recurrent Network (TLRN)
- Recurrent Network

- CANFIS Network (Fuzzy Logic)
- Support Vector Machine (SVM)

Υστερα επιλέγεται η επιμέρους αρχιτεκτονική, αν υπάρχει αυτή η δυνατότητα (όπως για παράδειγμα στα Modular Neural Networks). Μετά ο χρήστης πρέπει να επιλέξει τον αριθμό των κρυφών επιπέδων (hidden layers), αλλά και την συνάρτηση ενεργοποίησης και τον κανόνα εκμάθησης για το κάθε κρυφό επίπεδο και για το επίπεδο εξόδου. Αξίζει να αναφέρουμε πως υπάρχει πληθώρα άλλων ελασσόνων επιλογών οι οποίες δεν θεωρείται χρήσιμο να αναφερθούν. Αφού ο χρήστης επιλέξει όλες τις επιθυμητές παραμέτρους το πρόγραμμα κατασκευάζει μέσα σε μερικά δευτερόλεπτα το δίκτυο. Ως παράδειγμα θα παρουσιάσουμε ένα σχετικά περίπλοκο δίκτυο τύπου Generalized Feed Forward:

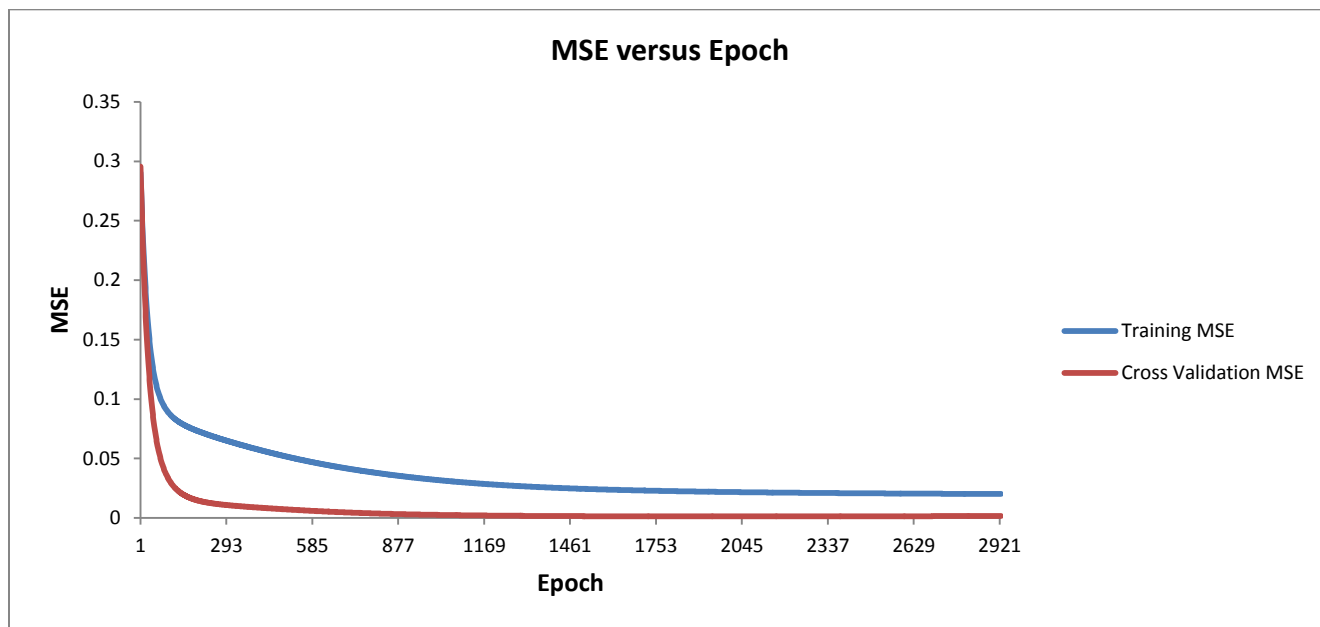


**Εικόνα 12: Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο Generalized Feed Forward με 4 κρυφά επίπεδα.**

Το αμέσως επόμενο βήμα είναι η εκπαίδευση του Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου. Στην εκπαίδευση του δικτύου ο χρήστης πρέπει να ορίσει τον αριθμό των επαναλήψεων για τις οποίες το δίκτυο θα αλλάξει τα συναπτικά του βάρη ώστε να βελτιώσει την απόδοσή του. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα, αν έχουν δοθεί στο δίκτυο δεδομένα διασταύρωσης, το δίκτυο να σταματήσει την εκπαίδευση του χωρίς να έχουν ολοκληρωθεί όλες οι επαναλήψεις, αν αντιληφθεί πως έχει σταματήσει να βελτιώνεται. Για παράδειγμα δινόταν η εντολή στο Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο να σταματήσει να εκπαιδεύεται μετά από 100 επαναλήψεις χωρίς βελτίωση. Αυτή η δυνατότητα αποδείχθηκε πολύ χρήσιμη και ματαίωσε πολλές «άχρηστες» επαναλήψεις, για αυτό και σε όλα τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα που κατασκευάστηκαν δόθηκαν δεδομένα διασταύρωσης. Συγκεκριμένα, δόθηκαν σε όλα τα δίκτυα, ως δεδομένα διασταύρωσης, οι 20 μήνες ανάμεσα στον Μάρτιο του 1995 και τον Νοέμβριο του 1996.

Η εκπαίδευση των δικτύων ήταν η πιο χρονοβόρα διαδικασία και η διάρκεια της κυμάνθηκε από μερικά δευτερόλεπτα έως μερικές ώρες. Η διάρκεια ήταν συνάρτηση της πολυπλοκότητας του δικτύου, της αρχιτεκτονικής του και φυσικά των επαναλήψεων που είχαμε ορίσει.

Μετά την εκπαίδευση του δικτύου το πρόγραμμα παρουσίαζε τα δεδομένα της διαδικασίας της εκπαίδευσης. Σε αυτά συμπεριλαμβάνονταν το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (mean squared error) κάθε επανάληψης, τόσο για τα δεδομένα εκπαίδευσης όσο και για τα δεδομένα διασταύρωσης. Επίσης κατασκευάζε και ένα διάγραμμα με την μεταβολή των μεσών τετραγωνικών σφαλμάτων συναρτήσει των επαναλήψεων, όπου μπορούσε κανείς να αντιληφθεί την πρόοδο που επιτελούσε το δίκτυο. Ένα διάγραμμα αυτού του τύπου παρουσιάζουμε ενδεικτικά παρακάτω.



**Σχήμα 31: Μέσο τετραγωνικό λάθος στα δεδομένα εκπαίδευσης και διασταύρωσης για Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο τύπου Jordan-Elman με 2 κρυφά επίπεδα.**

Στο διάγραμμα μπορούμε να παρατηρήσουμε πως βελτιώνεται το δίκτυο με τις επαναλήψεις (epochs), αφού το μέσο τετραγωνικό σφάλμα μειώνεται. Άξια παρατήρησης είναι επίσης η διάφορα μεταξύ του μέσου τετραγωνικού λάθους των δεδομένων εκπαίδευσης και του αντίστοιχου των δεδομένων διασταύρωσης. Επίσης είναι εμφανές πως το δίκτυο βελτιώνεται έντονα στην αρχή, ενώ η απόδοση της εκπαίδευσης φθίνει συνεχώς και στο τέλος καταλήγει σε ασύμπτωτη που σημαίνει ότι παύει να βελτιώνεται. Τέλος, αξίζει να αναφέρουμε πως δεν είχαν όλα τα δίκτυα τέτοια συμπεριφορά κατά την εκπαίδευση τους, και αρκετά από αυτά συνέκλιναν σε ένα μέσο τετραγωνικό σφάλμα από τις πρώτες 50 επαναλήψεις.

Μετά την διαδικασία της εκπαίδευσης, ακλουθούσε η δοκιμή του δικτύου με σκοπό την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Η συγκεκριμένη διαδικασία δεν ήταν όσο χρονοβόρα όσο η εκπαίδευση και χρειαζόταν από μερικά δευτερόλεπτα έως μερικά λεπτά για να ολοκληρωθεί. Ως προς την παρουσίαση των αποτελεσμάτων ο χρήστης είχε πολλές επιλογές. Ο τρόπος παρουσίασης ο οποίος προτιμήθηκε συμπεριελάμβανε διαγράμματα με την εξέλιξη των χρονοσειρών, τόσο των πραγματικών όσο και των τιμών πρόβλεψης. Αυτή η δυνατότητα ήταν μείζονος σημασίας αφού έδινε στο χρήστη ένα οπτικό δεδομένο μέσω του οποίου μπορούσε να κρίνει εύκολα και γρήγορα την αποδοτικότητα του εκάστοτε δικτύου.



## 5.2 Αρχιτεκτονικές δικτύων και παρουσίαση αποτελεσμάτων

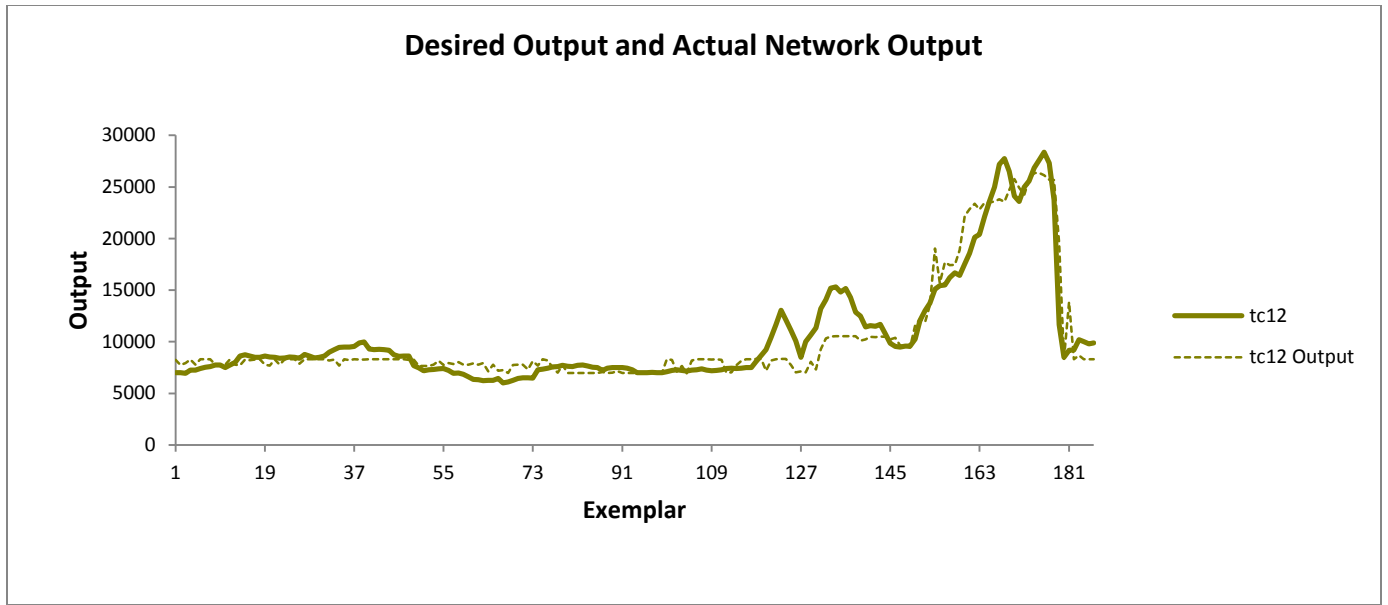
Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων θεωρήθηκε σκόπιμο να είναι χωρισμένη ανά αρχιτεκτονική δικτύου. Με αυτό τον τρόπο θα φάνει ξεκάθαρα πως κάποιιοι τύποι Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων ανταποκρίθηκαν πολύ καλά στο συγκεκριμένο μοντέλο πρόβλεψης ενώ άλλοι προσέγγισαν την αγορά με λιγότερο αποδοτικό τρόπο. Στην αρχή του κάθε υποκεφαλαίου θα υπάρχει μια σύντομη περιγραφή της ελάχιστης αρχιτεκτονικής, ενώ στη συνέχεια θα παρουσιάζονται μέσω διαγραμμάτων η αντιστοιχία (fit) των δικτύων στα δεδομένα και τέλος τα αποτελέσματα των δικτύων που προσέγγισαν καλύτερα με τις προβλέψεις τους την πραγματική εξέλιξη. Το πόσο καλά ταιριάζουν τα δίκτυα στη μεταβλητή προς μελέτη, δεν αποτελεί ενδεικτικό στοιχείο της απόδοσης τους ως εργαλεία πρόβλεψης, αλλά μας δίνει μια εικόνα για την προσέγγιση που γίνεται.

Αξίζει να σημειωθεί πως κατασκευάστηκαν πάνω από 100 διαφορετικά δίκτυα, και η παρουσίαση του συνόλου τους δεν θα εξυπηρετούσε το σκοπό της εργασίας. Η πλειοψηφία αυτών των δικτύων προσέγγισε καλά την συμπεριφορά της αγοράς κατά την κρίση, ενώ πολλά από αυτά δεν απείχαν πολύ σε απόδοση από τα δίκτυα που θα παρουσιαστούν.

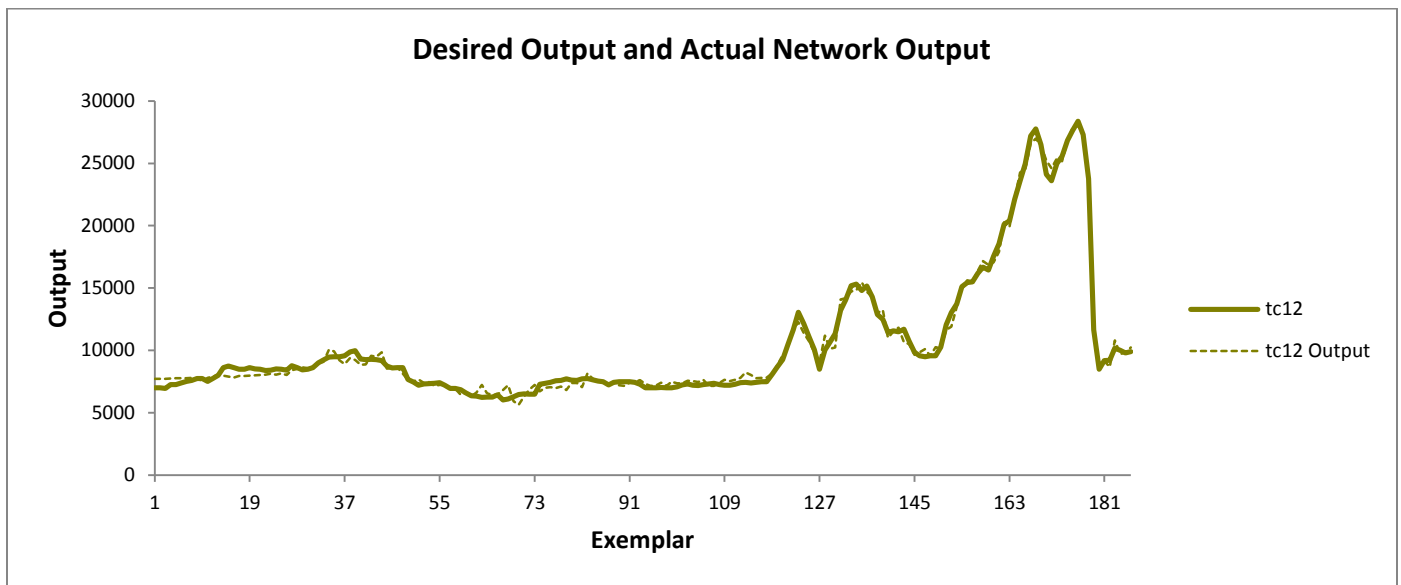
Τέλος υπενθυμίζουμε πως η μεταβλητή προς πρόβλεψη είναι η τιμή μίσθωσης πλοίου μεταφοράς φορτίου χύδην 30000 τόνων ωφέλιμου φορτίου για χρονοναύλωση 3 ετών σε δολάρια ανά ημέρα.

### 5.2.1 Multilayer Perceptrons

Τα δίκτυα τύπου Multilayer Perceptrons (MLPs) είναι στρωματομένα Feedforward δίκτυα τα οποία συνήθως εκπαιδεύονται με αλγόριθμους αντίστροφης διάδοσης (Back Propagation). Τα δίκτυα αυτού του τύπου έχουν χρησιμοποιηθεί σε μεγάλη ποικιλία εφαρμογών, αλλά κυρίως προτιμώνται για κατηγοριοποίηση στατικών μοντέλων. Το βασικό τους πλεονέκτημα είναι ότι είναι αρκετά εύκολα στην χρήση και ότι είναι αρκετά ευέλικτα αφού έχουν την δυνατότητα να προσεγγίσουν καλά αρκετές σχέσεις μεταξύ δεδομένων εισόδου και εξόδου. Τα κυρία μειονεκτήματα τους είναι ότι η εκπαίδευση τους είναι χρονοβόρα και ότι απαιτούν μεγάλο όγκο δεδομένων εκπαίδευσης (συνήθως τα τριπλάσια δεδομένα εκπαίδευσης σε σχέση με άλλους τύπους δικτύων).

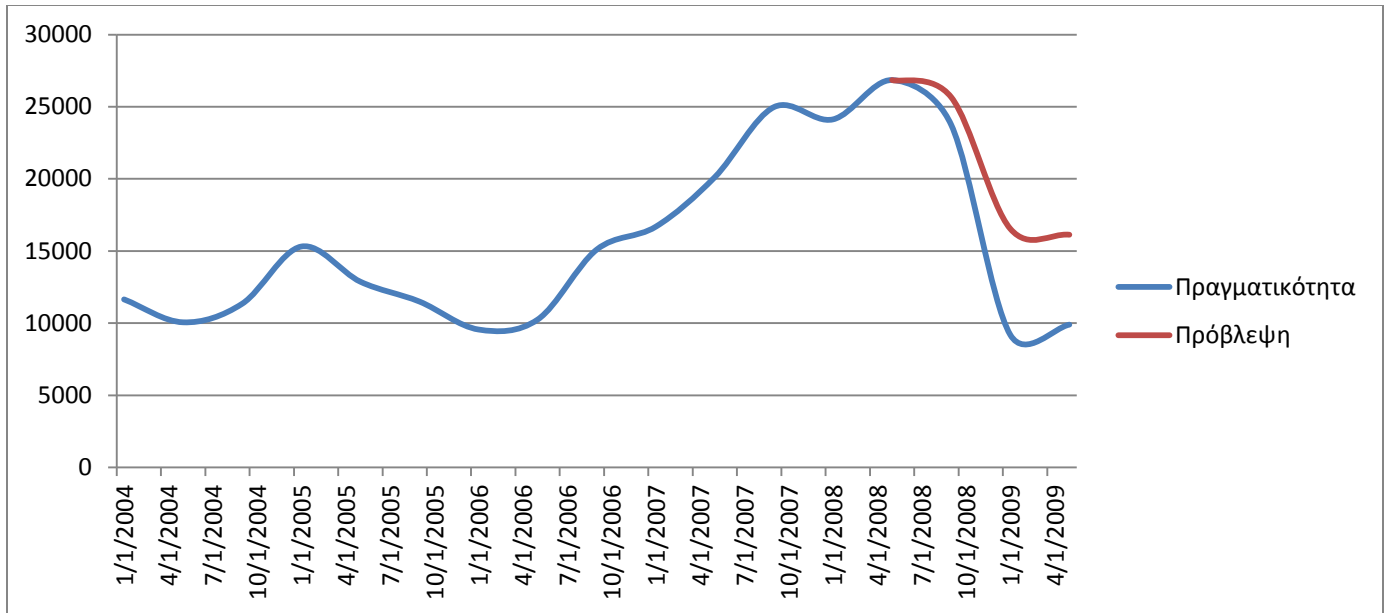


Σχήμα 32: Αντιστοιχία (Fit) Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου Multilayer Perceptron με 2 κρυφά επίπεδα.



Σχήμα 33: Αντιστοιχία (Fit) Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου Multilayer Perceptron με 4 κρυφά επίπεδα.

Βλέπουμε πως και τα δυο δίκτυα αυτού του τύπου που παρουσιάζονται, προσεγγίζουν αρκετά ικανοποιητικά την συμπεριφορά της τιμής του ναύλου. Ειδικά το δίκτυο με τα 4 κρυφά επίπεδα προσεγγίζει με εξαιρετική ακρίβεια την πορεία της χρονοσειράς.

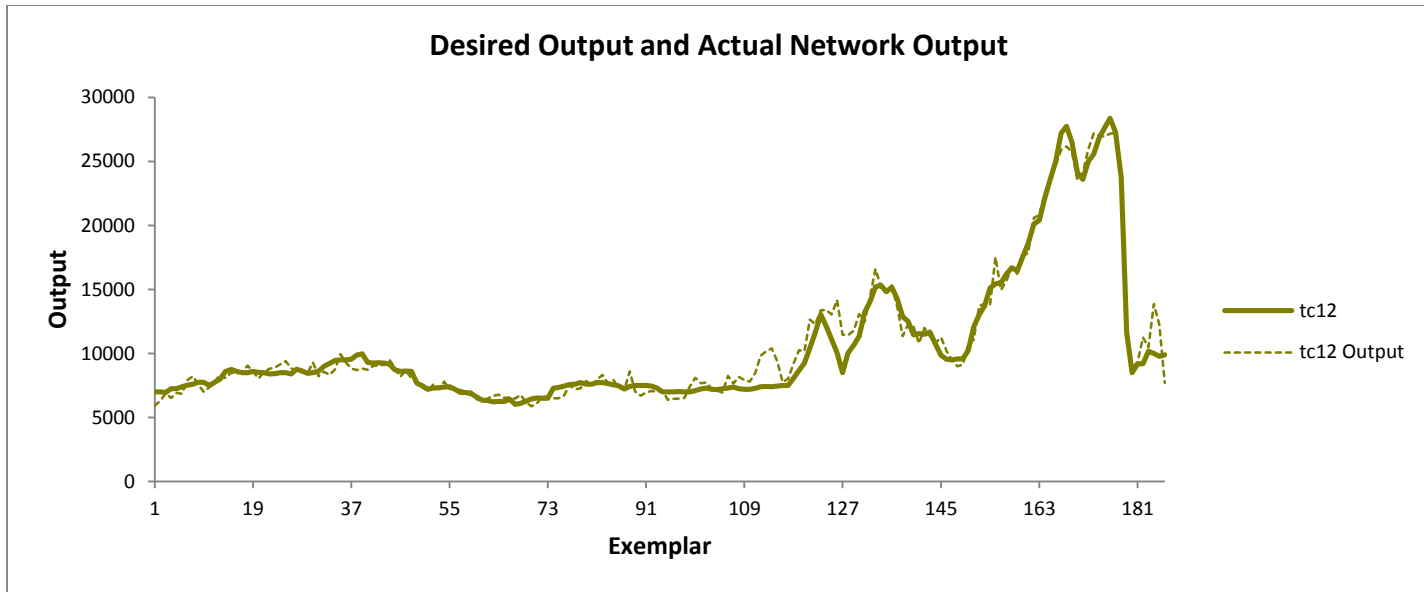


Σχήμα 34: Πρόβλεψη Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου Multilayer Perceptron.

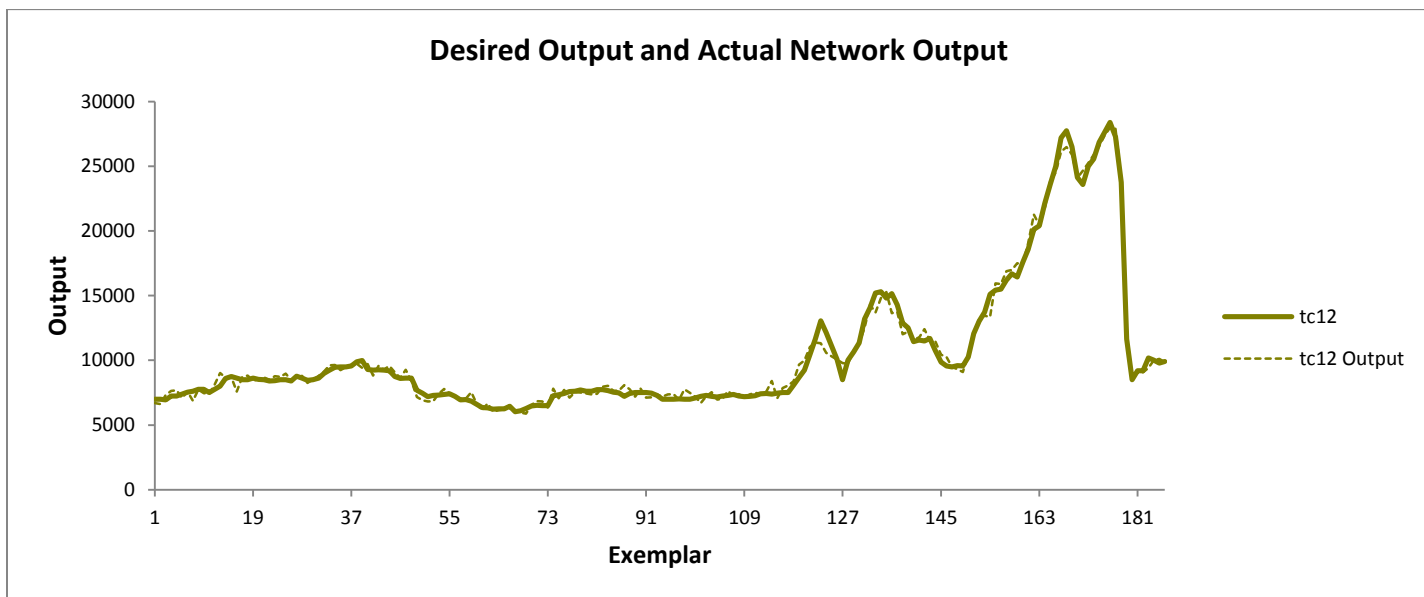
Βλέπουμε πως το δίκτυο προβλέπει την πτώση της τιμής των ναύλων. Παρατηρείται επίσης πως η πρόβλεψη μπορεί να απέχει ποσοτικά και μάλιστα σημαντικά, αλλά η ποιοτική προσέγγιση είναι ικανοποιητική.

### 5.2.2 Generalized Feedforward

Τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα του τύπου Generalized Feedforward αποτελούν μια γενίκευση των Multilayer Perceptrons. Η ουσιαστική τους διαφορά από τα MLP είναι ότι διαθέτουν συνδέσεις οι οποίες μπορούν να υπερπηδήσουν ένα ή περισσότερα επίπεδα. Θεωρητικά, τα MLP έχουν την δυνατότητα να λύσουν όλα τα προβλήματα που θα λύσει ένα δίκτυο τύπου generalized feedforward. Στην πράξη όμως, τα generalized feedforward λύνουν το πρόβλημα πολύ αποδοτικότερα. Για παράδειγμα στο πρόβλημα διπλής σπείρας (two spiral problem: ένα πρόβλημα που χρησιμοποιείται για την συγκριτική αξιολόγηση της αποδοτικότητας νέων Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων), ένα κλασικό MLP χρειάζεται εκατοντάδες φορές περισσότερες επαναλήψεις εκπαίδευσης από ότι το generalized feedforward, για τον ίδιο αριθμό κρυφών επιπέδων.

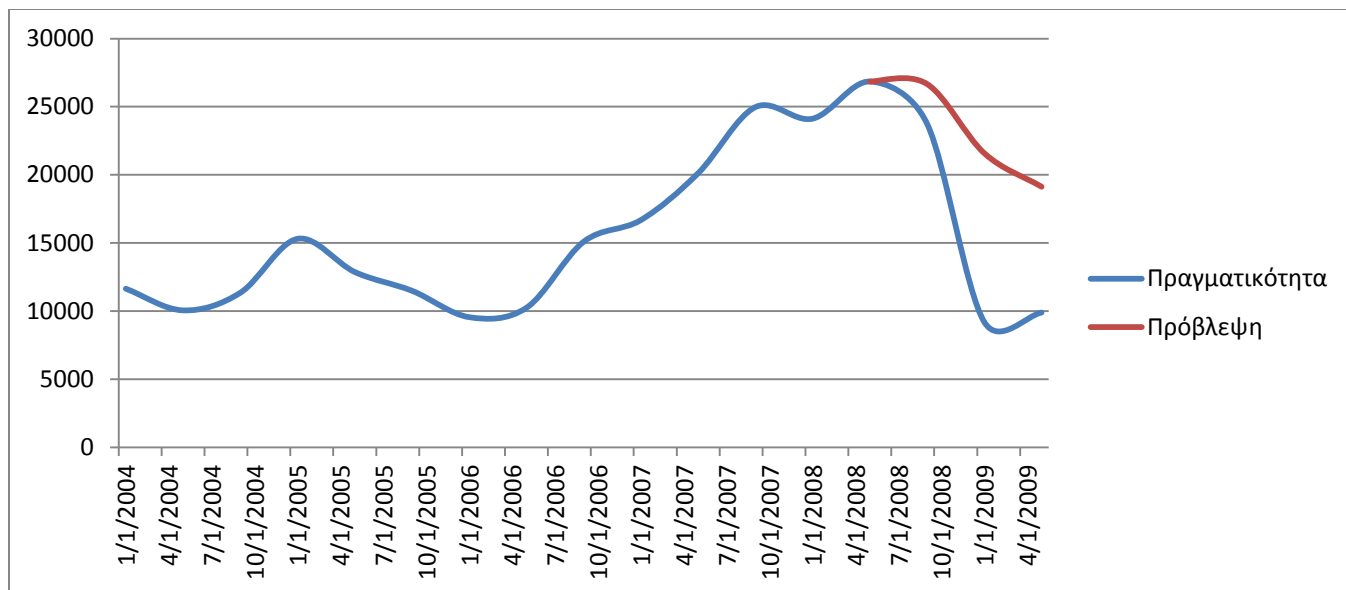


Σχήμα 35: Αντιστοιχία (Fit) Νευρωνικού Δικτύου Generalized Feedforward με 1 κρυφό επίπεδο.



Σχήμα 36: Πρόβλεψη Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου Generalized Feedforward με 4 κρυφά επίπεδα.

Από τα διαγράμματα φαίνεται πως τα δίκτυα Generalized Feedforward προσεγγίζουν με ικανοποιητική ακρίβεια. Επίσης παρατηρείται ομοιότητα σε σχέση με τα MLP αφού το δίκτυο με τα 4 κρυφά επίπεδα παρουσιάζει αισθητά καλύτερη προσέγγιση. Αξίζει όμως να σημειώσουμε πως κατασκευάστηκαν δίκτυα με 6 και πλέον κρυφά επίπεδα και τα αποτελέσματα που παρουσίασαν ήταν λιγότερο ικανοποιητικά.

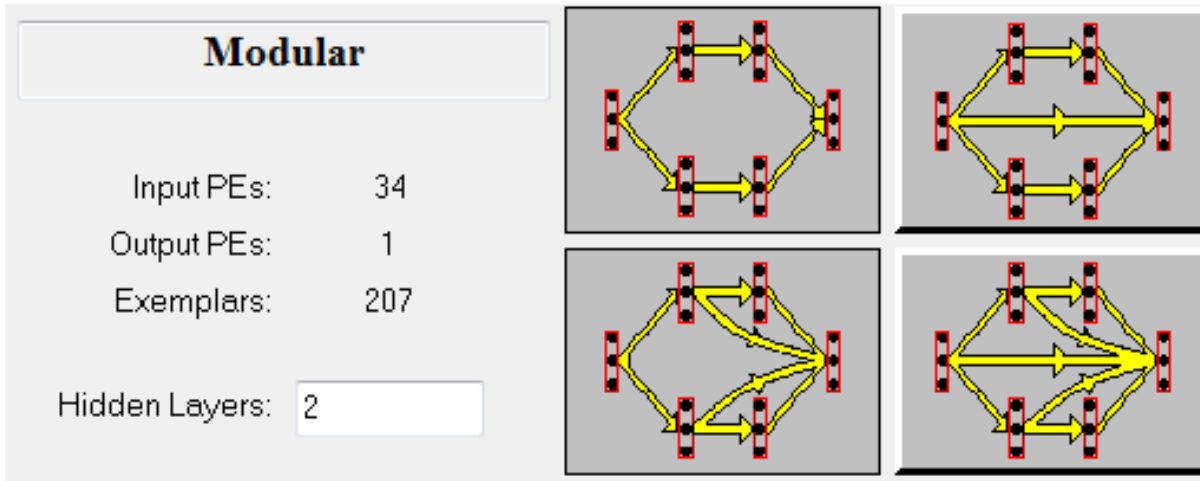


**Σχήμα 37: Πρόβλεψη Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου Generalized Feedforward.**

Παρατηρείται πως το δίκτυο παρουσιάζει μια πτώση της τιμής των ναύλων, αρκετά ηπιότερη όμως από την πραγματική.

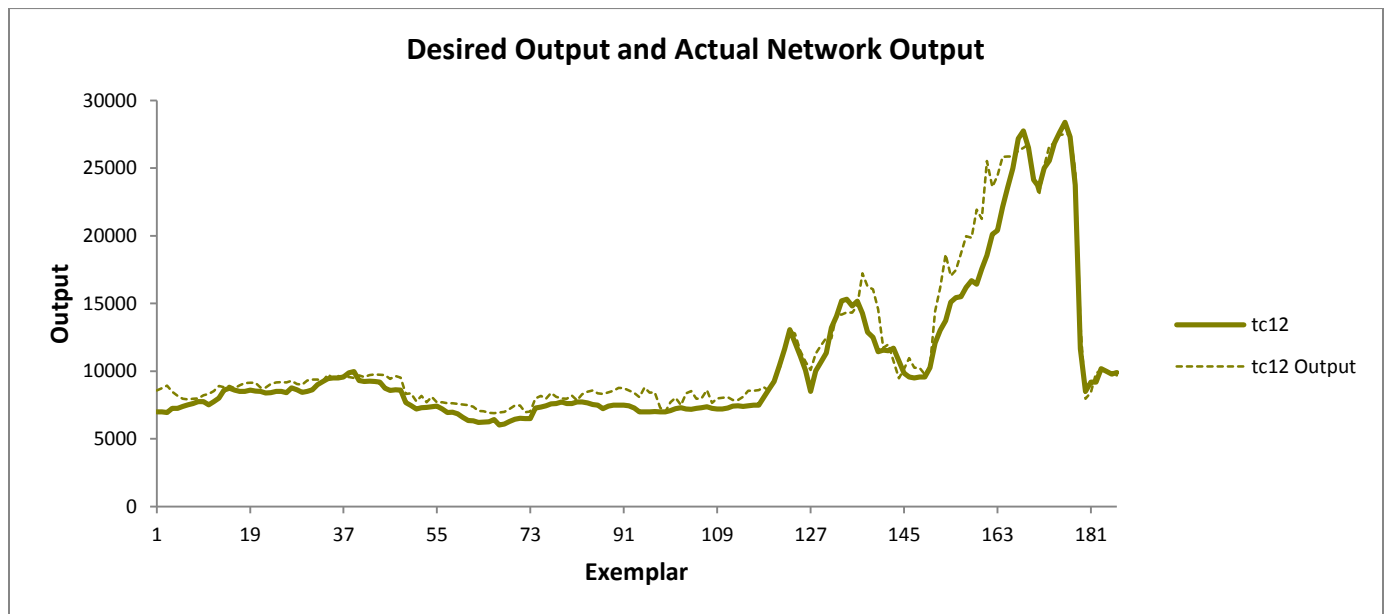
### 5.2.3 Modular

Τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα τύπου Modular αποτελούν μια ειδική κατηγορία των MLP. Αυτά τα δίκτυα επεξεργάζονται τα δεδομένα εισόδου με την χρήση παράλληλων MLP και ύστερα επανασυνδυάζουν τα αποτελέσματα. Με αυτό τον τρόπο τείνουν να δημιουργήσουν μια δομή εντός της τοπολογίας, η οποία θα ενισχύσει την εξειδίκευση της λειτουργίας της κάθε υπομονάδας. Σε αντίθεση με τα MLP, τα modular δίκτυα δεν διαθέτουν πλήρη διασυνδεσιμότητα μεταξύ των επιπέδων. Για αυτό το λόγο, απαιτείται μικρότερος αριθμός συναπτικών βαρών για δίκτυα ίδιου μεγέθους (δηλαδή με τον ίδιο αριθμό επεξεργαστικών μονάδων) και έτσι τείνουν να εκπαιδεύονται ταχύτερα από τα MLP. Τα συγκεκριμένα δίκτυα μπορούν να κατασκευαστούν με 4 διαφορετικές επιμέρους αρχιτεκτονικές, τις οποίες παρουσιάζουμε παρακάτω όπως εμφανίζονται στο πρόγραμμα Neurosolutions.

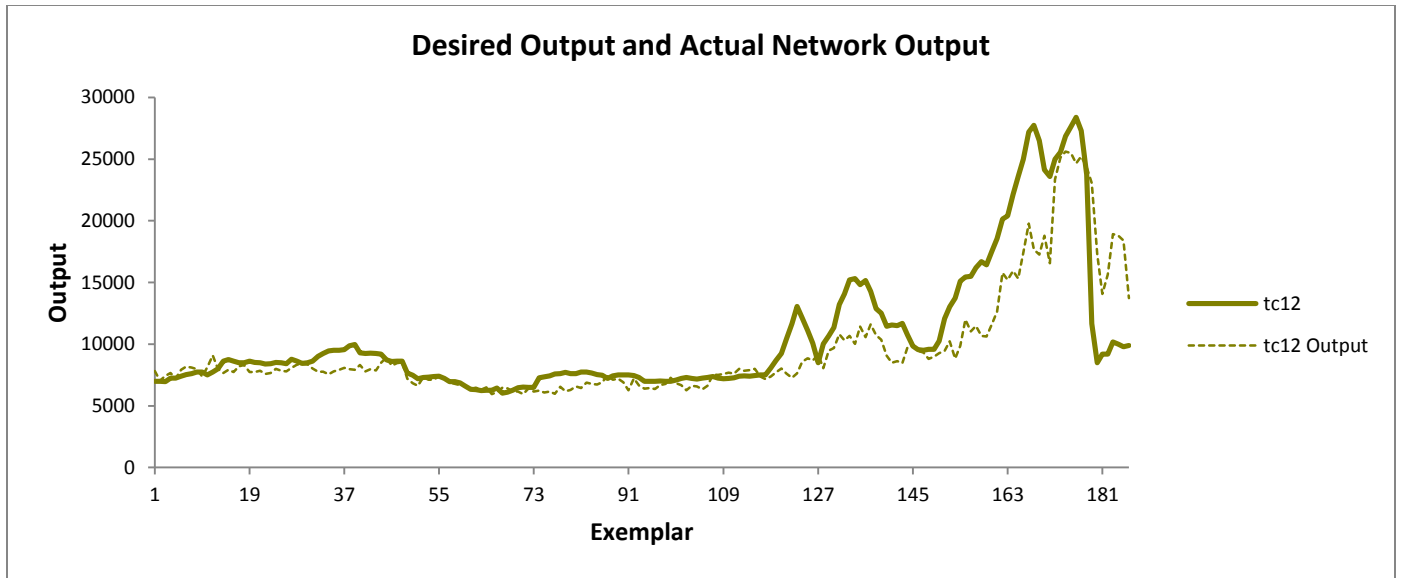


**Εικόνα 13:** Οι 4 διαφορετικές αρχιτεκτονικές των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων τύπου Modular που χρησιμοποιήθηκαν.

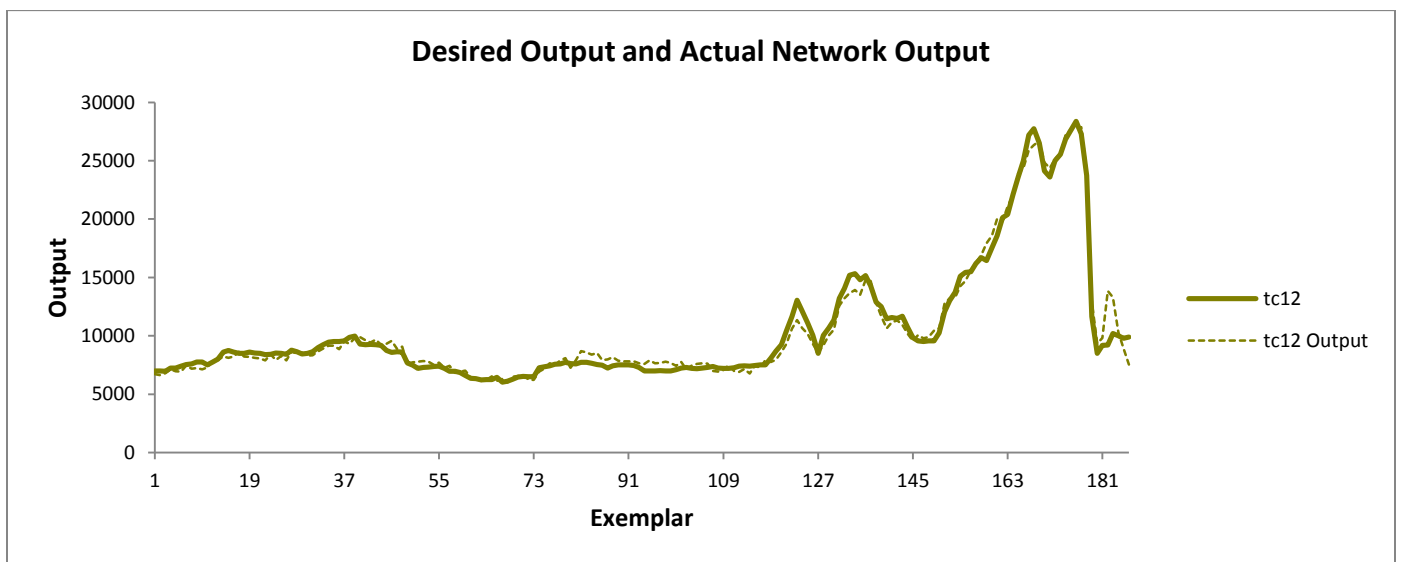
Θα παρουσιαστούν παρακάτω τα αποτελέσματα των πιο αποδοτικών δικτύων της κάθε αρχιτεκτονικής. Σημειώνεται πως όλα τα παρακάτω δίκτυα διαθέτουν 2 κρυφά στρώματα.



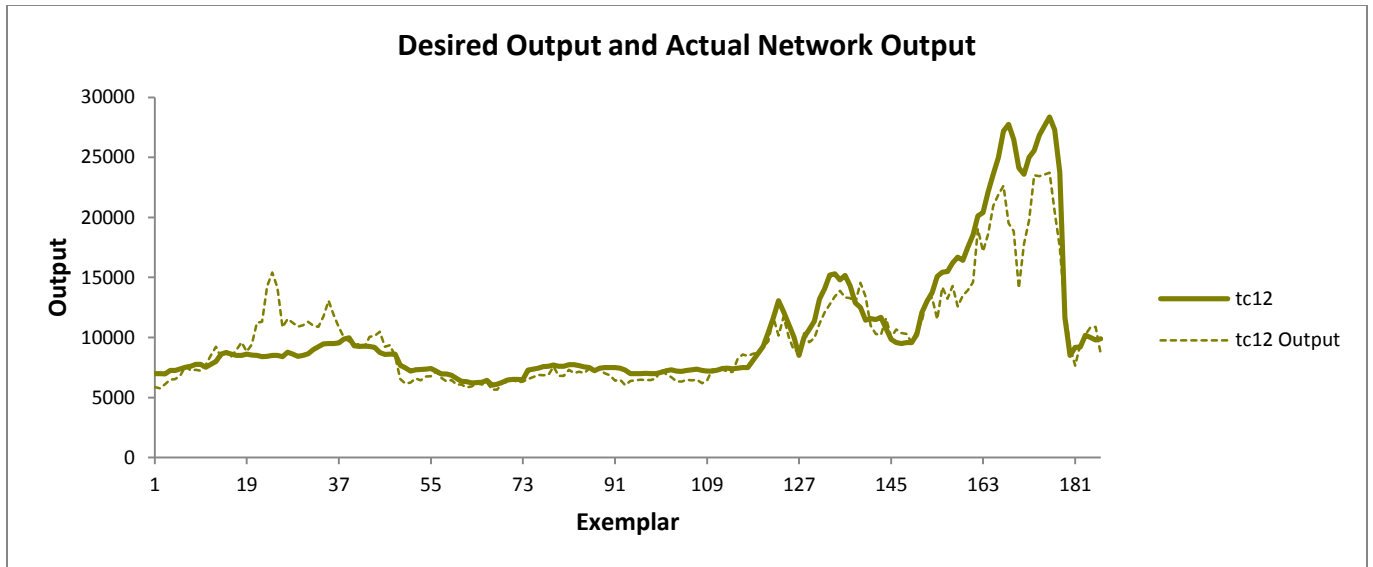
**Σχήμα 38:** Αντιστοιχία (Fit) Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου Modular αρχιτεκτονικής 1.



Σχήμα 39: Αντιστοιχία (Fit) Νευρωνικού Δικτύου Modular αρχιτεκτονικής 2.

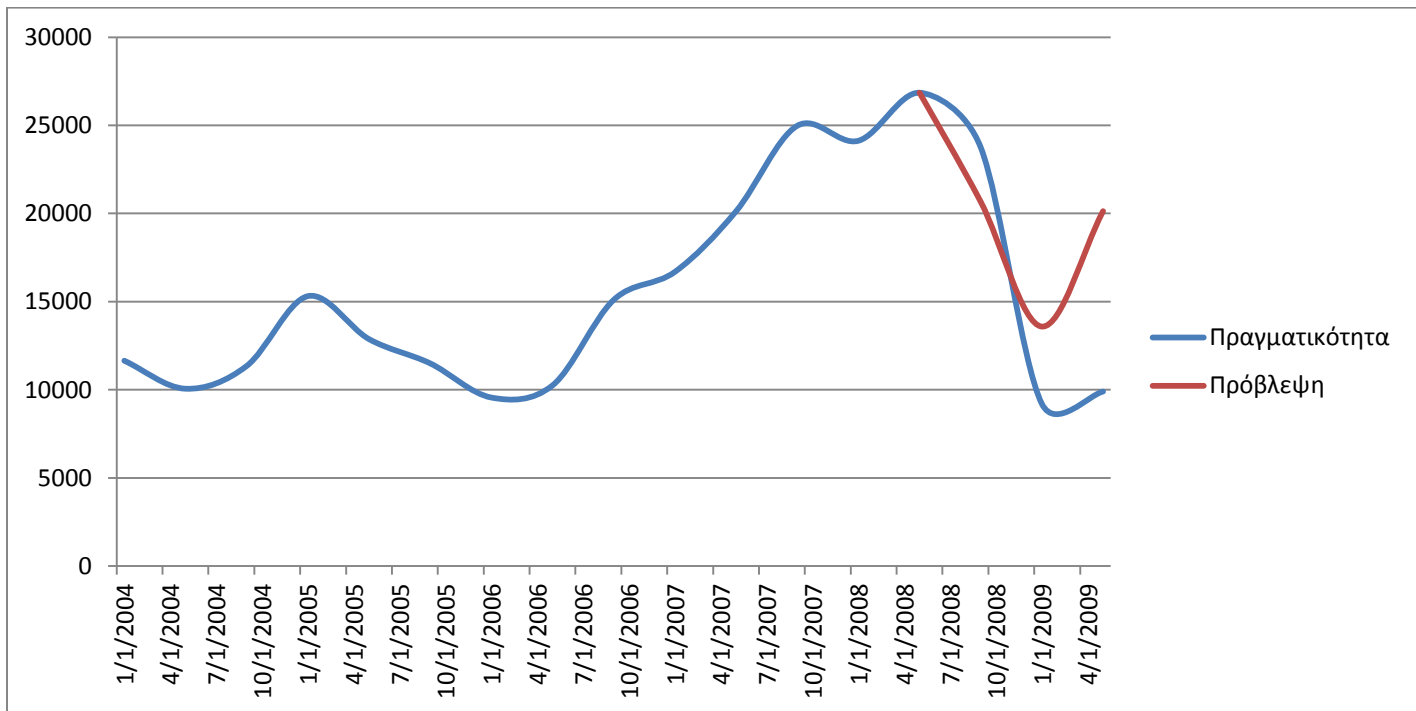


Σχήμα 40: Αντιστοιχία (Fit) Νευρωνικού Δικτύου Modular αρχιτεκτονικής 3.



Σχήμα 41: Αντιστοιχία (Fit) Νευρωνικού Δικτύου Modular αρχιτεκτονικής 4.

Παρατηρείται πως τα δίκτυα παρουσιάζουν καλή αντιστοιχία στις τιμές των ναύλων με εξαίρεση το δίκτυο της αρχιτεκτονικής 2.

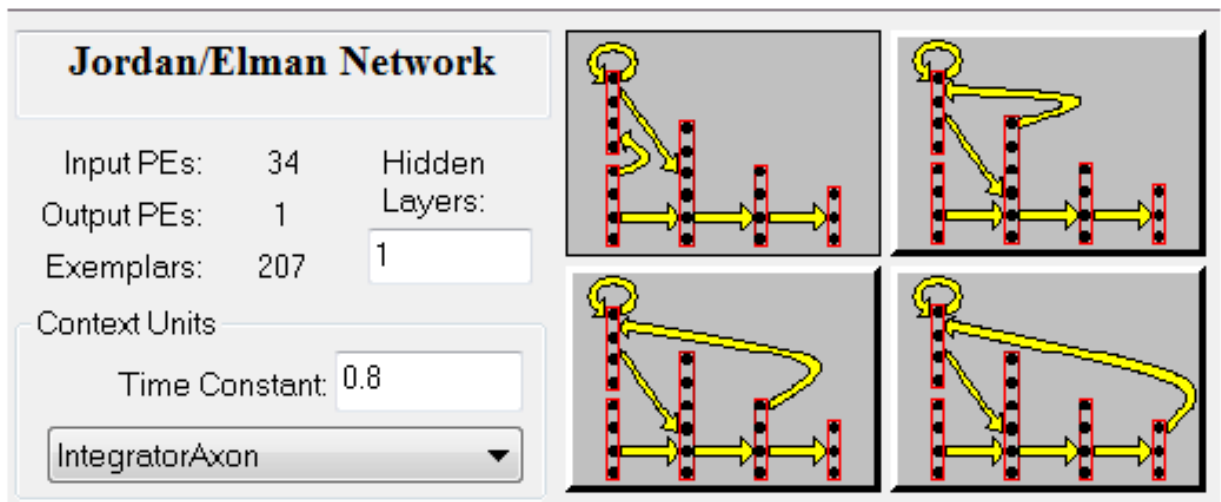


Σχήμα 42: Πρόβλεψη Νευρωνικού Δικτύου Modular.



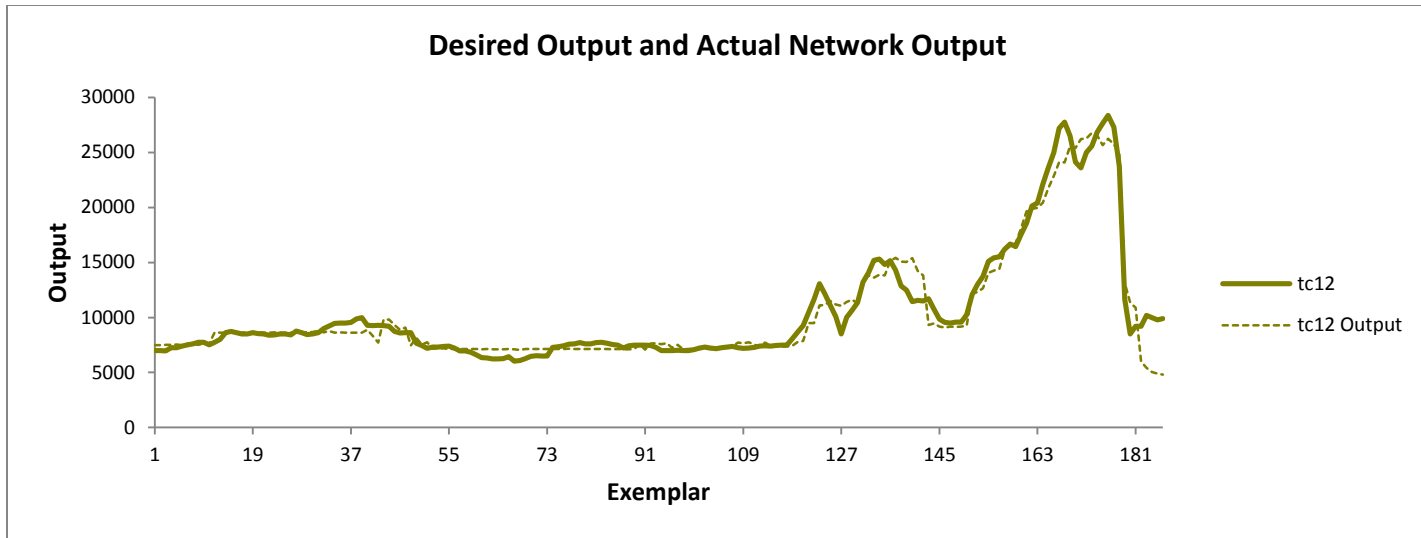
### 5.2.4 Jordan & Elman

Τα δίκτυα τύπου Jordan & Elman επεκτείνουν το MLP με επεξεργαστικές μονάδες πλαισίου οι οποίες διαθέτουν μνήμη της δραστηριότητας που προηγήθηκε. Αυτές οι επεξεργαστικές μονάδες έχουν την δυνατότητα να εξάγουν χρονικές πληροφορίες από τα δεδομένα. Στο δίκτυο Elman η δραστηριότητα της πρώτης κρυφής επεξεργαστικής μονάδας αντιγράφεται στις επεξεργαστικές μονάδες πλαισίου, ενώ το δίκτυο Jordan αντιγράφει την έξοδο του δικτύου. Υπάρχουν επίσης δίκτυα αυτού του τύπου στα οποία παρέχονται δεδομένα στις επεξεργαστικές μονάδες πλαισίου και από τα επίπεδα εισόδου και εξόδου. Όπως και στα δίκτυα Modular, υπάρχουν 4 διαφορετικές αρχιτεκτονικές δικτύων Jordan & Elman, για την παρουσίαση των οποίων θα ακολουθηθεί η ίδια μέθοδος.

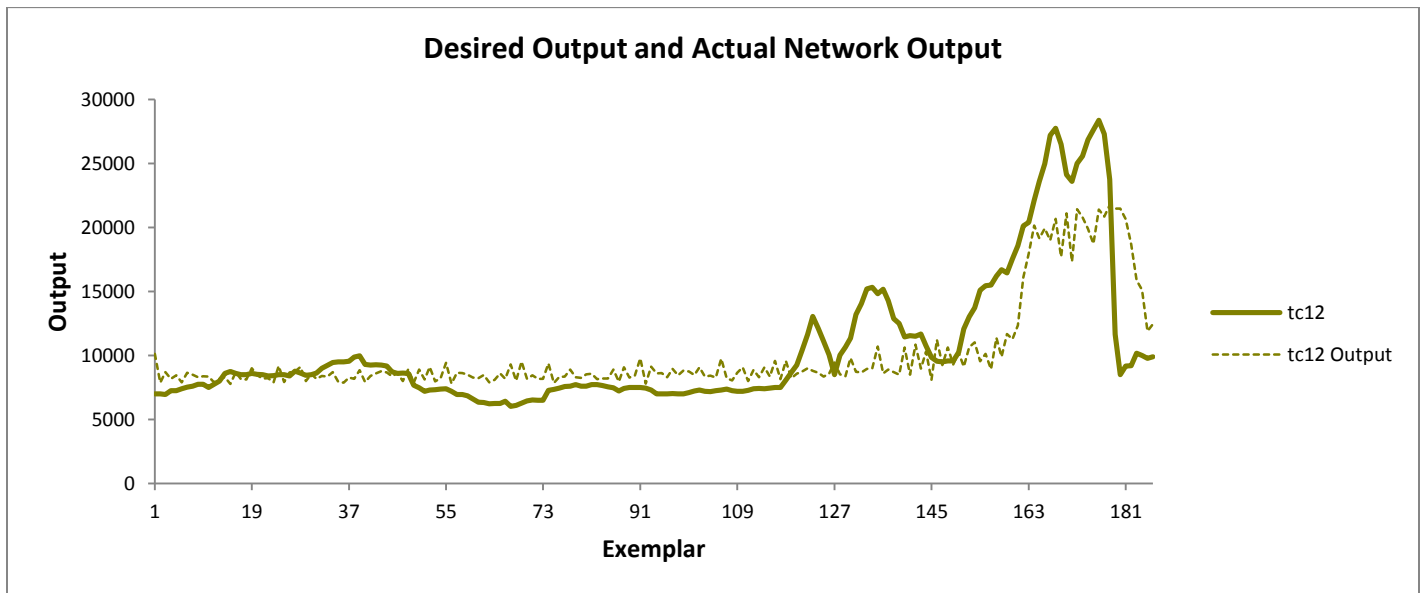


Εικόνα 14: Οι 4 διαφορετικές αρχιτεκτονικές των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων τύπου Jordan & Elman που χρησιμοποιήθηκαν.

Από τις 4 αρχιτεκτονικές μόνο οι πρώτες 2 παρουσίασαν ικανοποιητικά αποτελέσματα και για αυτό τον λόγο η παρουσίαση των δικτύων που βασίζονται στις δυο άλλες αρχιτεκτονικές θα παραλειφτεί. Θα παρουσιαστούν παρακάτω τα αποτελέσματα των πιο αποδοτικών δικτύων της κάθε αρχιτεκτονικής. Σημειώνεται πως όλα τα παρακάτω δίκτυα διαθέτουν 2 κρυφά στρώματα.



Σχήμα 43: Αντιστοιχία (Fit) Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου Jordan & Elman αρχιτεκτονικής 1.

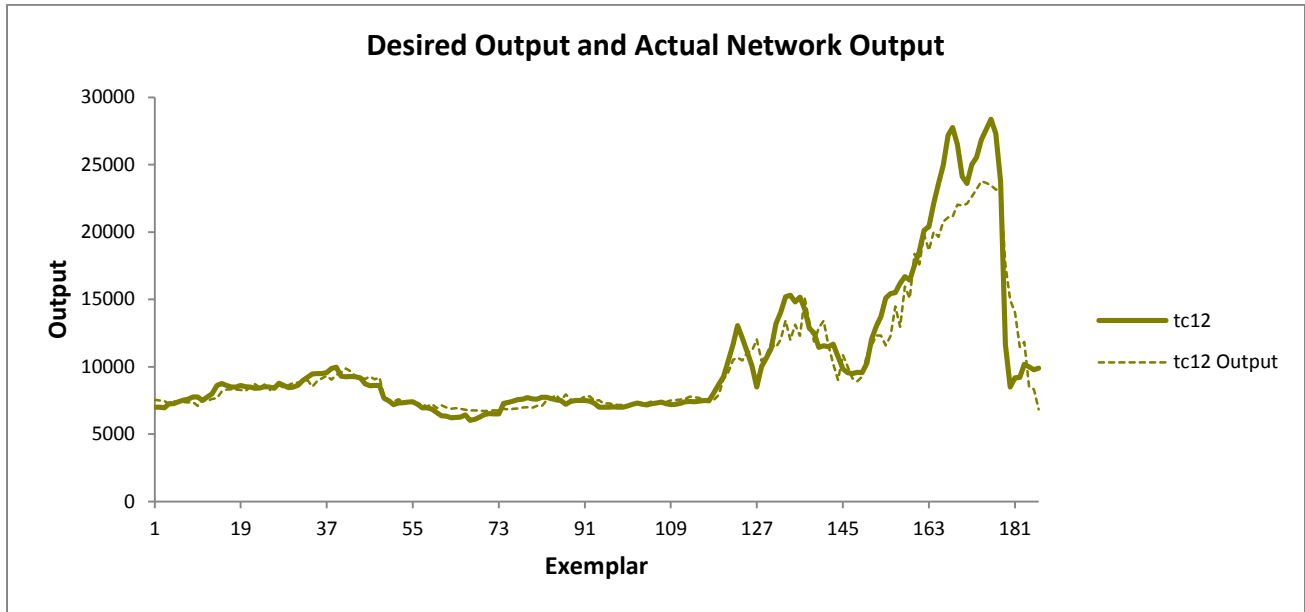


Σχήμα 44: Αντιστοιχία (Fit) Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου Jordan & Elman αρχιτεκτονικής 2.

Παρατηρείται πως η προσέγγιση των δικτύων Jordan & Elman δεν είναι όσο ακριβής όσο προηγούμενων αρχιτεκτονικών. Παρόμοιας ποιότητας αποτελέσματα είχαμε και στην πρόβλεψη που επιχειρήθηκε από τα συγκεκριμένα δίκτυα, η οποία δεν είχε καλή προσέγγιση και για αυτό παραλείπεται.

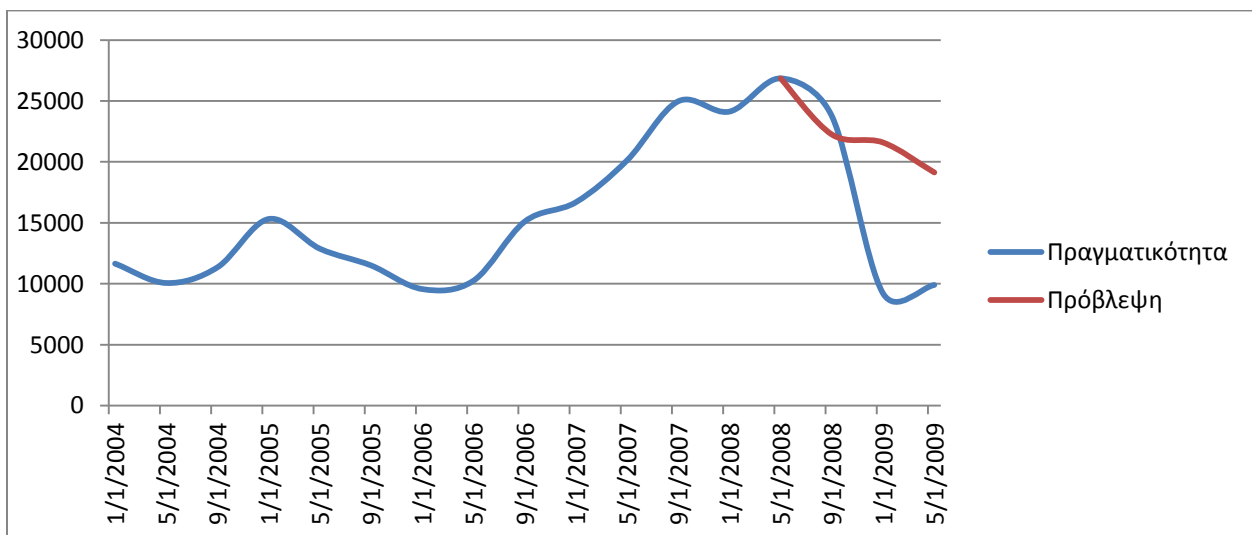
### 5.2.5 Radial Basis Function

Τα δίκτυα τύπου Radial Basis Function (RBF) είναι μη γραμμικά υβριδικά δίκτυα τα οποία αποτελούνται συνήθως από ένα κρυφό επίπεδο. Αυτό το επίπεδο χρησιμοποιεί γκαουσιανές συναρτήσεις ενεργοποίησης σε αντίθεση με τα MLP που συνήθως χρησιμοποιούν σιγμοειδής συναρτήσεις. Οι παράμετροι των γκαουσιανών συναρτήσεων καθορίζονται από εκπαίδευση χωρίς επίβλεψη, ενώ εκπαίδευση με επίβλεψη εφαρμόζεται στο επίπεδο εξόδου.



Σχήμα 45: Αντιστοιχία (Fit) Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου RBF με 2 κρυφά επίπεδα.

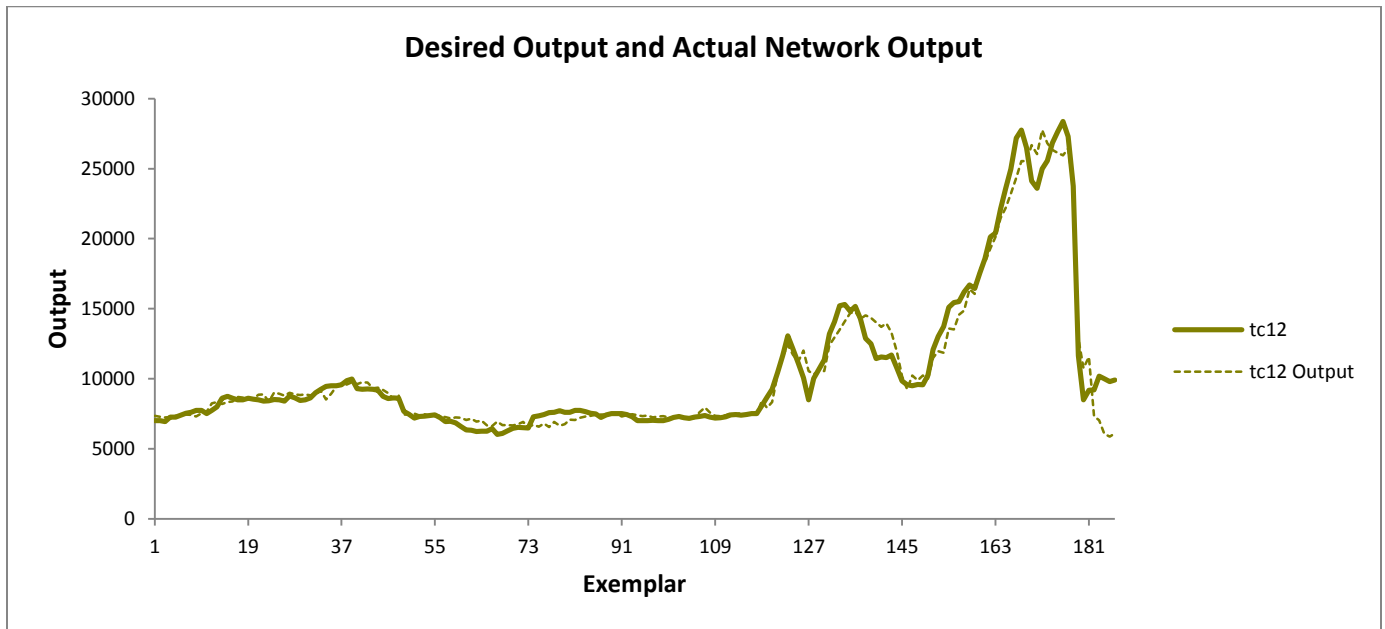
Παρατηρείται πως το δίκτυο αποδίδει σχετικά καλά την εξέλιξη των τιμών, αλλά σίγουρα λιγότερο αποτελεσματικά από άλλες αρχιτεκτονικές.



Σχήμα 46: Πρόβλεψη Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου RBF.

### 5.2.6 Self-organizing Feature Maps

Τα δίκτυα τύπου Self-organizing Feature Maps (SOFM) χρησιμοποιούν για την εκπαίδευση τους τον κανόνα Kohonen, μια διαδικασία που γίνεται χωρίς επίβλεψη. Τα δεδομένα εξόδου ενός δικτύου SOFM μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα εισόδου για ένα δίκτυο με επιβλεπόμενη εκπαίδευση όπως το MLP. Το βασικό πλεονέκτημα αυτών των δικτύων είναι πως η ομαδοποίηση που παράγεται μειώνει τον όγκο που απαιτούν τα δεδομένα εισόδου. Αυτό επιτυγχάνεται με από μια διαδικασία αυτοοργάνωσης.



**Σχήμα 47: Αντιστοιχία (Fit) Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου SOFM με 2 κρυφά επίπεδα.**

Η αντιστοιχία του συγκεκριμένου δικτύου είναι ικανοποιητική, σε αντίθεση με την πρόβλεψη του, η οποία απέιχε αρκετά από την πραγματική εξέλιξη και για αυτό παραλείπεται η παρουσίαση της.

## 6. Συμπεράσματα

Από το προηγούμενο κεφάλαιο καταστεί δυνατόν να κρίνουμε την απόδοση των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων. Το παρόν κεφάλαιο θα αφιερωθεί στην εξαγωγή γενικότερων συμπερασμάτων γύρω από την ναυλαγορά και την χρήση των δικτύων ως εργαλείων πρόβλεψης. Τέλος, θα γίνουν προτάσεις για περαιτέρω έρευνα στο συγκεκριμένο επιστημονικό πεδίο.

### 6.1 Τεχνικά Συμπεράσματα

Τα τεχνικά συμπεράσματα που εξήχθησαν από την συγκεκριμένη έρευνα συνοψίζονται στα εξής:

- Ο μέσος όρος των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων που κατασκευάστηκαν κατάφεραν να προσεγγίσουν ικανοποιητικά την προς μελέτη μεταβλητή.
- Κάποιες συγκεκριμένες αρχιτεκτονικές δικτύων παρουσίασαν αισθητά καλύτερα αποτελέσματα από άλλες. Συγκεκριμένα τα MLP και τα Generalized Feedforward προσέγγισαν με μεγαλύτερη ακρίβεια την εξέλιξη της χρονοσειράς από ότι τα Jordan & Elman και τα RBF. Συμπεραίνουμε λοιπόν πως το κάθε είδος προβλήματος απαιτεί μια συγκεκριμένη και εξειδικευμένη αντιμετώπιση ως προς τα δίκτυα που θα κατασκευαστούν, ενώ με τα μέχρι τώρα δεδομένα ένα γενικός κανόνας δεν είναι δυνατόν να διατυπωθεί.
- Υπήρξαν σημαντικές διακυμάνσεις ανάμεσα στην απόδοση επιμέρους αρχιτεκτονικών του ίδιου τύπου δικτύων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι αρχιτεκτονικές 1 και 2 των δικτύων τύπου Modular, οι οποίες παρουσιάζουν έντονες διαφορές. Αυτή η παρατήρηση συνάδει με το παραπάνω συμπέρασμα και καταδεικνύει την μοναδικότητα του κάθε προβλήματος πρόβλεψης.
- Κατασκευάστηκαν επίσης και κάποια δίκτυα τα οποία ήταν εμφανώς ακατάλληλα για την συγκεκριμένη περίπτωση και για αυτό οι κατηγορίες τους απουσιάζουν από την παρουσίαση του προηγούμενου κεφαλαίου. Τέτοια δίκτυα ήταν τα δίκτυα των τύπων Principal Component Analysis (PCA), CANFIS Network (Fuzzy Logic), Support Vector Machine (SVM) και Time-Lag Recurrent Network (TLRN). Τα αποτελέσματα που παρουσίασαν αυτά τα δίκτυα ήταν τελείως ανακόλουθα σε σχέση με την πραγματική εξέλιξη και η απόδοση τους ως εργαλεία πρόβλεψης κρίνεται ως αποτυχημένη. Το μόνο ενδεχόμενο κατά το οποίο τα συγκεκριμένα δίκτυα ίσως παρουσίαζαν ικανοποιητικά αποτελέσματα συμπεριελάμβανε μια ενδελεχή προσέγγιση των ρυθμίσεων τους έτσι ώστε να προσαρμοστούν στο προς μελέτη πρόβλημα. Μια τέτοια προσπάθεια όμως θα ακύρωνε ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων, την ευκολία στην χρήση, αφού θα απαιτούσε μεγάλη εμπειρία στην πρόβλεψη χρονοσειρών και οικειότητα με το σύνολο του εξεταζόμενου προβλήματος.

- Από την μέχρι τώρα εμπειρία με τα δίκτυα, είναι προφανές πως η χορήγηση σε αυτά δεδομένων διασταύρωσης έχει μόνο θετικές επιπτώσεις αφού εκτός της καλύτερης προσέγγισης, συνεισφέρουν στην ταχύτερη και καλύτερη εκπαίδευση του δικτύου. Μειώνουν έτσι τις υπολογιστικές ώρες που απαιτούνται και αναβαθμίζουν ποσοτικά την έρευνα.
- Η χρήση περισσότερων δεδομένων θα οδηγήσει πιθανότατα σε καλύτερα αποτελέσματα. Σε αυτό το συμπέρασμα καταλήγουμε αν συγκρίνουμε τα αποτελέσματα των προηγούμενων ερευνών με τα εικάστοτε δεδομένα εισαγωγής. Παρατηρείται πως η προσέγγιση και η ακρίβεια είναι ανάλογες των χρονοσειρών που χρησιμοποιήθηκαν. Αυτή η συσχέτιση οφείλεται πιθανότατα στο γεγονός πως τα δίκτυα μέσω των πρόσθετων χρονοσειρών αποκτούν ευρύτερη και ταυτόχρονα βαθύτερη γνώση των σχέσεων που συνδέουν τις μεταβλητές. Ως μόνη προϋπόθεση για το παραπάνω συμπέρασμα τίθεται οι χρονοσειρές να είναι σχετικές (όχι κατ' ανάγκην συσχετισμένες) με το προς μελέτη περιβάλλον.

## 6.2 Γενικά Συμπεράσματα

Τα γενικά συμπεράσματα που εξήχθησαν από την συγκεκριμένη έρευνα συνοψίζονται στα εξής:

- Επιβεβαιώνεται πως τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία πρόβλεψης και να παράγουν αξιόπιστα αποτελέσματα για το μέλλον.
- Η χρήση τους από λήπτες αποφάσεων σχετικά με τις παρούσες και μελλοντικές κινήσεις τους μπορεί να τους αποφέρει ευεργετικά αποτελέσματα.
- Από την παρούσα έρευνα αλλά και από τις προγενέστερες μπορούμε να συμπεράνουμε πως στη ναυλαγορά υπάρχει πρόσφορο έδαφος για την εφαρμογή των δικτύων αφού όλα τα στοιχεία οδηγούν προς αυτή την κατεύθυνση.
- Μπορούμε να υποθέσουμε πως η εφαρμογή των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων και σε άλλα μέρη της ναυλαγοράς εκτός των ξηρών φορτίων θα έχει παρόμοια αποτελέσματα αφού το περιβάλλον και οι μεταβλητές που το επηρεάζουν είναι ουσιαστικά ίδιες.

### 6.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

- Με χρήση πλήρως επικαιροποιημένων χρονοσειρών θα μπορούσε να διερευνηθεί η μελλοντική πορεία κάποιας μεταβλητής, χρησιμοποιώντας έτσι τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα ως εργαλεία πρόβλεψης σε πρακτικές εφαρμογές.
- Ενδιαφέρον θα ήταν μια προσπάθεια κατά την οποία το πλήθος των χρονοσειρών θα εμπλουτιζόταν ακόμα παραπάνω με σκοπό μια καλύτερη προσέγγιση της πολυπλοκότητας της αγοράς. Η συγκεκριμένη πρόταση θα πρέπει να συνοδεύεται από διεξοδική ανάλυση των δεδομένων και χρήση γενετικών αλγορίθμων έτσι ώστε να γίνει η πρόβλεψη τους από τα δίκτυα.
- Η περαιτέρω ανάλυση της αγοράς του εμπορίου τσιμέντου μέσω θαλάσσης με ποσοτικές πληροφορίες καθώς και μια πρόβλεψη για το μέλλον της. Μια τέτοια έρευνα θα μπορούσε να γίνει σε στενή συνεργασία με κάποια ναυτιλιακή εταιρία η οποία θα διαθέτει cement carriers. Η απευθείας επαφή με τους παραγωγούς θα προσέφερε επίσης χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την δομή και τις σχέσεις της αγοράς.

## Βιβλιογραφία

1. Γκιζιάκης Παπαδόπουλος, Εισαγωγή στις Ναυλώσεις, 2002.
2. Storford M. (2009), Maritime Economics 3rd edition, Routledge, London.
3. IHS Global Insight, World Trade Service.
4. Neural networks: A Requirement for Intelligent Systems, <http://www.learnartificialneuralnetworks.com/>
5. Hampton, M. J. (1991) Long and Short Shipping Cycles. The Rhythms and Psychology of Shipping Markets.
6. Clarkson Research Studies, VLCC Quality Survey, 1991.
7. Ψαράυτης Χαρίλαος, Σημειώσεις μαθήματος Οικονομική Θαλασσιών Μεταφορών I της Σχολής Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.
8. <http://www.businessdictionary.com/>.
9. New Left Review, March-April 2008.
10. Σταμάτης Τσίμας, Σωτήρης Τσιβιλής, Επιστήμη Και Τεχνολογία Τσιμέντου, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Ε.Μ.Π. 2011.
11. Gelinas Nicole, After the Fall: Saving Capitalism from Wall Street and Washington. New York: Encounter, 2009.
12. Colin Barr, The \$4 trillion housing headache, <http://money.cnn.com/>, 2009.
13. Michael Simkovic, "Secret Liens and the Financial Crisis of 2008", 2009.
14. Zandi, Mark, Financial Shock, 2009.
15. Joseph Stiglitz, Freefall: America, Free Markets, and the Sinking of the World Economy, 2010.
16. Paul Krugman, Contagion, Revisited, 2008.
17. Financial Crisis Seen Cutting Shipping Oversupply, Alkman Granitsas, Dow Jones Newswires.
18. Neurosolutions Interactive Book, NeuroDimension.
19. Neurosolutions Help.



20. Voudris Athanasios V, Analysis and forecast of the capesize bulk carriers shipping market using Artificial Neural Networks, Massachusetts Institute of Technology. Dept. of Mechanical Engineering, 2006.

21. Κονταξάκης Γεώργιος, Μοντελοποίηση της ναυλαγοράς ξηρού φορτίου με χρήση τεχνητών νευρωνικών δικτύων λαμβάνοντας υπ' όψιν επιπλέον μακροοικονομικούς παράγοντες, 2010.

22. W.C. Jhee, M.J. Shaw: Time Series Prediction Using Minimally Structured Neural Networks: An Empirical Test.