ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΚΑΙ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ

Διπλωματική Εργασία

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΠΟΣΟΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

του

ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΑ

Επιβλέπων Καθηγητής: Αχιλλέας Ζαπράνης

Υποβλήθηκε ως απαιτούμενο για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος στη Λογιστική και Χρηματοοικονομική
(με κατεύθυνση Χρηματοοικονομική)

Δεκέμβριος 2015

Θεσσαλονίκη

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Αχιλλέα Ζαπράνη για την άψογη συνεργασία του, παρά το τεράστιο φόρτο εργασιών του, για να συνταχθεί αυτή η διπλωματική εργασία.

Επίσης, ιδιαίτερη μνεία στον καθηγητή μου κ. Ευστράτιο Λιβάνη, ο οποίος ανιδιοτελώς μου διέθεσε αρκετό από τον πολύτιμο χρόνο του και συνέβαλε τα μέγιστα για την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου για την συνεχή στήριξη καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή χωρίζεται σε δύο κύρια μέρη. Στο πρώτο μέρος, το οποίο αποτελεί το θεωρητικό κομμάτι, περιέχει κάποια γενικά στοιχεία για το πετρέλαιο και το πώς διαμορφώνονται οι τιμές του με την πάροδο των χρόνων, την απαραίτητη και βασική θεωρία εισαγωγής για τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα καθώς και μια εκτενή βιβλιογραφική ανασκόπηση παλαιότερων ερευνών με κύριο θέμα την πρόβλεψη των τιμών του πετρελαίου.

Στο δεύτερο μέρος, έχουμε το πρακτικό κομμάτι. Αρχικά επιλέγονται οι μεταβλητές με δεδομένα από το 1994 έως το 2014 και ύστερα από την κατάλληλη οικονομετρική διαδικασία επιλέγονται αυτές με τη μεγαλύτερη σημαντικότητα στην πρόβλεψη των αποδόσεων του αργού πετρελαίου τύπου WTI. Στη συνέχεια γίνεται η σύγκριση της προβλεπτικής ικανότητας ενός απλού γραμμικού μοντέλου και ενός τεχνητού νευρωνικού δικτύου. Τέλος εμπεριέχονται τα συμπεράσματα από την έρευνα και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Λέξεις Κλειδιά: *Αργό Πετρέλαιο Τύπου WTI, Πρόβλεψη Τιμών Πετρελαίου, Απλό Γραμμικό Μοντέλο, Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα*.

ABSTRACT

This Dissertation is divided into two main parts. In the first part, which is the theoretical part, containing some general information on oil and how prices are formed over the years, the necessary and basic input theory of artificial neural networks and an extensive literature review of previous research focusing on forecasting oil prices.

In the second part, there is a practical part. Originally selected variables with data from 1994 to 2014 and after appropriate econometric procedure selected those with the greatest significance in crude oil type WTI returns forecasting. Then the comparison of the forecasting capability of a simple linear model and an artificial neural network. Finally included the conclusions of the research and suggestions for further research.

Keywords: WTI Crude Oil, Oil Price Forecasting, Simple Linear Model, Artificial Neural Networks.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ……2

ΠΕΡΙΛΗΨΗ…….3

ABSTRACT……4

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ……5

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΙΝΑΚΩΝ…….7

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ……...8

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΙΚΟΝΩΝ…….8

ΕΙΣΑΓΩΓΗ…….9

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ…….12

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΞΑΓΩΓΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΠΑΡΑΓΩΓΩΝ ΚΡΑΤΩΝ (ΟΠΕΚ)……14

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΤΙΜΗ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ……..16

ΕΙΔΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ…….20

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ……21

ΙΣΟΤΙΜΙΑ ΕΥΡΩ ΚΑΙ ΔΟΛΑΡΙΟΥ ΚΑΙ Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ……..26

ΤΙΜΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΑΕΠ……28

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ……30

ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ……39

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ…….40

Ο ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΝΕΥΡΩΝΑΣ……43

ΤΥΠΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ……...46

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ…….48

ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ……..50

ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ…….55

ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ……....58

ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ…….67

ΝΕΥΡΩΝΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ…….68

ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΝΕΥΡΩΝΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ…….74

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ…….75

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ……78

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ……80

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ……..81

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Αποτελέσματα Phillip-Perron Test

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Περιγραφικά Στατιστικά Στοιχεία για Αρχικές Μεταβλητές

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. Περιγραφικά Στατιστικά Στοιχεία για Τροποποιημένες Μεταβλητές

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. Stepwise Πλήρους Δείγματος

ΠΙΝΑΚΑΣ 6. Παλινδρόμηση Πλήρους Δείγματος

ΠΙΝΑΚΑΣ 7. Δείκτες Αξιολόγησης Πλήρους Δείγματος

ΠΙΝΑΚΑΣ 8. Μέθοδος Stepwise 1-176

ΠΙΝΑΚΑΣ 9. Μέθοδος Stepwise 177-251

ΠΙΝΑΚΑΣ 10. Παλινδρόμηση 1-176

ΠΙΝΑΚΑΣ 11. Παλινδρόμηση 177-251

ΠΙΝΑΚΑΣ 12. Δείκτες Αξιολόγησης 1-176

ΠΙΝΑΚΑΣ 13. Δείκτες Αξιολόγησης 177-251

ΠΙΝΑΚΑΣ 14. Μέθοδος Stepwise 1-176

ΠΙΝΑΚΑΣ 15. Παλινδρόμηση 1-176

ΠΙΝΑΚΑΣ 16. Δείκτες Αξιολόγησης Εκτός Δείγματος

ΠΙΝΑΚΑΣ 17. Δείκτες Αξιολόγησης Πλήρους Δείγματος Νευρωνικού Δικτύου

ΠΙΝΑΚΑΣ 18. Δείκτες Αξιολόγησης 1-176 Νευρωνικού Δικτύου

ΠΙΝΑΚΑΣ 19. Δείκτες Αξιολόγησης 177-251 Νευρωνικού Δικτύου

ΠΙΝΑΚΑΣ 20. Δείκτες Αξιολόγησης Εκτός Δείγματος Νευρωνικού Δικτύου

ΠΙΝΑΚΑΣ 21. Συγκεντρωτικοί Δείκτες Αξιολόγησης Πλήρου Δείγματος

ΠΙΝΑΚΑΣ 22. Συγκεντρωτικοί Δείκτες Αξιολόγησης 1-176

ΠΙΝΑΚΑΣ 23. Συγκεντρωτικοί Δείκτες Αξιολόγησης 177-251

ΠΙΝΑΚΑΣ 24. Συγκεντρωτικοί Δείκτες Αξιολόγησης Εκτός Δείγματος

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1. Διάγραμμα Πλήρους Δείγματος Γραμμικό Μοντέλο

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2. Διάγραμμα 1-176 Παρατηρήσεις Γραμμικό Μοντέλο

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. Διάγραμμα 177-251 Παρατηρήσεις Γραμμικό Μοντέλο

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. Διάγραμμα Εκτός Δείγματος Γραμμικό Μοντέλο

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5. Διάγραμμα Εμπειρικού Σφάλματος και Πρόβλεψης Κινδύνου

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6. Διάγραμμα Πλήρους Δείγματος Νευρωνικού Δικτύου

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7. Διάγραμμα 1-176 Παρατηρήσεις Νευρωνικό Δίκτυο

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8. Διάγραμμα 177-251 Παρατηρήσεις Νευρωνικό Δίκτυο

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 9. Διάγραμμα Εκτός Δείγματος Νευρωνικό Δίκτυο

*Τα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ Α και Β αποτελούνται μόνο από διαγράμματα. Τα παραπάνω βρίσκονται μέσα στην εργασία.

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 1. Οι Χώρες του ΟΠΕΚ

ΕΙΚΟΝΑ 2. Η Ιστορία των Τιμών του Πετρελαίου

ΕΙΚΟΝΑ 3. Συνδυαστικό Διάγραμμα Περιόδου 2000-2008

ΕΙΚΟΝΑ 4. Γενικά Χαρακτηριστικά Τεχνητού Νευρώνα

ΕΙΚΟΝΑ 5. Ο Βιολογικός Νευρώνας

ΕΙΚΟΝΑ 6. Τύποι Εφαρμογών Νευρωνικών Συστημάτων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το πετρέλαιο όπως γνωρίζουμε αποτελεί εδώ και πολλές δεκαετίες το κυρίαρχο ενεργειακό αγαθό σε παγκόσμιο επίπεδο. Συνδέεται άμεσα με τους ρυθμούς παγκόσμιας ανάπτυξης αλλά και της ανάπτυξης του κάθε κράτους ξεχωριστά ενώ, η απρόσκοπτη προσφορά και διοχέτευσή του στην παγκόσμια αγορά είναι στο επίκεντρο της προσοχής αλλά και των ερευνών κρατών και οργανισμών. Χώρες με τεράστια δύναμη, έχουν επανειλημμένως αναδείξει την αδιάλειπτη πρόσβασή τους στο ενεργειακό αυτό αγαθό ως ζήτημα στρατηγικής ασφάλειας, γεγονός που καταδεικνύει την σημαντικότητά του για την οικονομική ανάπτυξη αλλά και την συνεπαγόμενη κοινωνική ηρεμία ενός κράτους. Είναι χαρακτηριστικό ότι ιδίως τα τελευταία χρόνια, η ενέργεια γενικότερα και το πετρέλαιο ειδικότερα, όπου η τρομακτική αύξηση της τιμής του αντανακλά και την σπουδαιότητά του, έχει αναδειχθεί σε πρωταίτιο σημαντικών αλλαγών σε κοινωνικό, στρατιωτικό, πολιτικό, οικονομικό αλλά και στρατηγικού σχεδιασμού επίπεδο, παγκοσμίως.

Είμαστε μάρτυρες αντιπαραθέσεων ακόμα και σε στρατιωτικό επίπεδο που γίνονται όχι μόνο για τον έλεγχο αυτών καθαυτών των πετρελαϊκών πηγών αλλά και λόγω ευρύτερων μακροχρόνιων σχεδιασμών για τον έλεγχο του τόπου και τρόπου διέλευσης και διακίνησης του πετρελαίου, ενώ είναι φανερές οι ατέρμονες προσπάθειες προώθησης ενεργειακών συμφερόντων εκ μέρους των μεγάλων ενεργειακών «παικτών». Όλα αυτά αποτελούν συνέπεια της δίψας για ενέργεια και το φόβο για τις συνέπειες τυχόν έλλειψής της.

Σε πολιτικό επίπεδο παρατηρούμε καθημερινά τον τρόπο με τον οποίο ο ενεργειακός παράγοντας μετατρέπει πρώην αντιπάλους σε νυν στρατηγικούς εταίρους και την έκδηλη αγωνία κρατών να προσεταιριστούν τους μεγάλους ενεργειακούς παράγοντες. Επίσης παρατηρούμε τον τρόπο με τον οποίο η κατοχή ενεργειακού πλούτου μετατρέπεται σε ισχυρότατο πολιτικό όπλο με συνέπεια τη διάσπαση παλαιών και τη δημιουργία νέων συμμαχιών. Χώρες βυθισμένες μέχρι πρότινος στην ανυποληψία έχουν καταφέρει να κερδίσουν ένα νέο αναβαθμισμένο ρόλο στο παγκόσμιο γίγνεσθαι, αναπτυσσόμενες ταχύτατα και έχοντας ως συγκριτικό πλεονέκτημα την κατοχή ενεργειακών πηγών αλλά και την ικανότητα να τις εκμεταλλευτούν σε πολιτικό επίπεδο. Ο κόσμος μας έχει μετατραπεί σε μια όλο και λιγότερο κεκαλυμμένη ενεργειακή σκακιέρα όπου ο κάθε παράγοντας τείνει να

λαμβάνει τις όποιες πολιτικές του αποφάσεις με κύριο γνώμονα τα ενεργειακά του συμφέροντα και την εύκολη πρόσβαση στο πετρέλαιο και το φυσικό αέριο.

Σε οικονομικά πλαίσια επίσης είναι ξεκάθαρος ο ρόλος του ενεργειακού παράγοντα. Τα «πετροδολάρια» έχουν δημιουργήσει ισχυρότατα οικονομικά κέντρα με πολύ μεγάλη δύναμη. Κράτη εξαρτώμενα οικονομικά στο παρελθόν, εξόφλησαν τα χρέη τους εκμεταλλευόμενα τις υψηλές τιμές πετρελαίου και απέκτησαν ισχύ σε όλα τα επίπεδα. Άλλα κράτη πάλι είδαν δις δολάρια να συρρέουν στα κρατικά τους θησαυροφυλάκια και δημιούργησαν τα μεγάλα κρατικά επενδυτικά κεφάλαια (Sovereign Wealth Funds) τα οποία αντιμετωπίζονται πλέον με όλο και μεγαλύτερη καχυποψία από τη Δύση.

Έτσι βλέπουμε να διαδραματίζονται γεγονότα όπως έγινε το 2006 στην πρόταση εξαγοράς της εταιρείας P&O, η οποία διαχειρίζεται μεταξύ άλλων τα λιμάνια της Νέας Υόρκης, της Φιλαδέλφειας, του Μαϊάμι και της Νέας Ορλεάνης, από την εταιρεία Dubai Ports World. Η εξαγορά δεν έγινε ποτέ καθώς εμποδίστηκε από τις αμερικανικές αρχές για λόγους εθνικής ασφάλειας. Η Α. Μέρκελ καγκελάριος της Γερμανίας δήλωσε το 2007: «*Αυτό που μας απασχολεί είναι οι επενδύσεις σε τομείς που άπτονται της εθνικής ασφάλειας και εάν σε αυτές τις περιπτώσεις απαιτείται, θα λάβουμε πρόσθετα μέτρα*». Την ίδια στιγμή βεβαίως είναι αυτά τα ίδια Funds που χρηματοδοτούν ουσιαστικά, αγοράζοντας αρκετά υψηλά ποσοστά μετοχών από τράπεζες κολοσσούς της Δύσης, την προσπάθεια των τελευταίων για την άντληση της απαραίτητης ρευστότητας μετά την κρίση στην αγορά ενυπόθηκων δανείων χαμηλής πιστοληπτικής διαβάθμισης. Αυτό έγινε και στην περίπτωση της Citibank που τον Δεκέμβριο του 2007 δανείστηκε 5,7 δις $ από το Abu Dhabi's sovereign wealth fund (SWF) the Abu Dhabi Investment Authority (ADIA), μετατρέψιμο σε μετοχές.

Οι τιμές λοιπόν του πετρελαίου είναι αυτές που καθορίζουν όλα τα παραπάνω και αναδεικνύουν ηγέτες αλλά και ηττημένους στην παγκόσμια σκακιέρα. Η πρόβλεψη συνεπώς αυτών των τιμών είναι εξαιρετικά σημαντική και αποτελεί σκοπό της εργασίας αυτής η οποία έχει βασιστεί στην εργασία των Alexandridis, Zapranis και Livanis (2008).

Όσον αφορά τη δομή της εργασίας, όπως αναφέρεται και στην περίληψη αποτελείται από 2 μέρη. Το θεωρητικό μέρος και την εμπειρική ανάλυση. Το θεωρητικό κομμάτι, περιέχει κάποια γενικά στοιχεία για το πετρέλαιο και το πώς διαμορφώνονται οι τιμές του με την πάροδο των χρόνων, την απαραίτητη και βασική θεωρία εισαγωγής για τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα καθώς και μια εκτενή

βιβλιογραφική ανασκόπηση παλαιότερων ερευνών με κύριο θέμα την πρόβλεψη των τιμών του πετρελαίου. Στο δεύτερο μέρος αρχικά επιλέγονται οι μεταβλητές με δεδομένα από το 1994 έως το 2014 και ύστερα από την κατάλληλη οικονομετρική διαδικασία επιλέγονται αυτές με τη μεγαλύτερη σημαντικότητα στην πρόβλεψη των αποδόσεων του αργού πετρελαίου τύπου WTI. Στη συνέχεια γίνεται η σύγκριση της προβλεπτικής ικανότητας ενός απλού γραμμικού μοντέλου και ενός τεχνητού νευρωνικού δικτύου. Τέλος εμπεριέχονται τα συμπεράσματα από την έρευνα και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Η Ιστορία Του Πετρελαίου

Ο σημαντικός ρόλος του πετρελαίου στο παγκόσμιο στερέωμα ξεκινάει τον Ιανουάριο του 1901 και σημαίνει το τέλος της εποχής του κάρβουνου. Το 1901 λοιπόν στην περιοχή Spindletop του Τέξας ανακαλύφθηκαν τεράστια κοιτάσματα πετρελαίου. Από τη στιγμή εκείνη η ζήτηση σε ενέργεια καλυπτόταν και με το παραπάνω από την προσφορά και η μετάβαση σε μια νέα εποχή ήταν αναπόφευκτη.

Ο μαύρος χρυσός, όπως αποκαλείται το πετρέλαιο, βέβαια δεν ήταν άγνωστος στους ανθρώπους μέχρι εκείνη τη μέρα. Οι αρχαίοι το είχαν ανακαλύψει τυχαία από φυσικές πηγές και το χρησιμοποιούσαν επιφυλακτικά, για τα όπλα τους (φλεγόμενα βέλη, υγρό πυρ), σαν κόλλα ή ακόμα και για εντριβές. Οι Πέρσες ήταν οι πρώτοι που χρησιμοποίησαν το πετρέλαιο για παραγωγή ενέργειας αφού έμαθαν να αποστάζουν πετρέλαιο για καύσιμο σε λάμπες. Ακόμη και στα μέσα του 19^{ου} αιώνα που ανακαλύφθηκαν κοιτάσματα πετρελαίου στην Κασπία Θάλασσα και στην Πενσυλβανία η παραγωγή ήταν πολύ μικρή καθώς δεν υπήρχε πλήρης γνώση τόσο για τις δυνατότητες του πετρελαίου, όσο και για τον τρόπο εξόρυξης του.

Έτσι, παρότι το πετρέλαιο ήταν γνωστό εδώ και χιλιάδες χρόνια και παράγονταν εμπορικά από τη δεκαετία του 1850, οι παγκόσμιες εργασίες πετρελαίου το 1900 ήταν σχετικά μικρές και επικεντρωμένες κυρίως στη διύλιση του πετρελαίου προς κηροζίνη, που ήταν καύσιμο για τις λάμπες. Όλα αυτά οφείλονταν στις απόψεις επιφανών γεωλόγων της εποχής που υποστήριζαν πως το πετρέλαιο δεν μπορεί να παραχθεί σε αρκετά μεγάλους όγκους. Μερικοί επιστήμονες κόντρα στις επικρατούσες απόψεις πίστευαν πως το πετρέλαιο είναι καλύτερο ως καύσιμο μηχανών από το κάρβουνο γιατί έκανε πιο πλήρη καύση και παρήγαγε περισσότερη ενέργεια. Η τεραστίων διαστάσεων ποσότητα πετρελαίου που ανακαλύφθηκε στο Τέξας ήρθε για να δικαιώσει τους «αιρετικούς» επιστήμονες και να ξεκινήσει μια λαμπρή σελίδα στην ιστορία του ανθρώπινου είδους. Καθοριστικά βήματα για τη θετική αυτή εξέλιξη ήταν η χρήση του περιστροφικού γεωτρύπανου και η ανάπτυξη

της νέας επιστήμης της γεωλογίας του πετρελαίου.

Με την πτώση των τιμών του πετρελαίου, οι χρήστες κάρβουνου άρχισαν να στρέφονται μαζικά προς το πιο αποδοτικό πετρέλαιο. Οι σιδηρόδρομοι μετέτρεψαν τις μηχανές τους που κινούνταν με κάρβουνο, ώστε να καίνε φτηνό πετρέλαιο από το Τέξας. Ναυτιλιακές εταιρείες μετέτρεψαν τα φορτηγά πλοία, ώστε να πλέουν με πετρέλαιο, κάνοντάς τα ταχύτερα και εξοικονομώντας αποθηκευτικό χώρο.

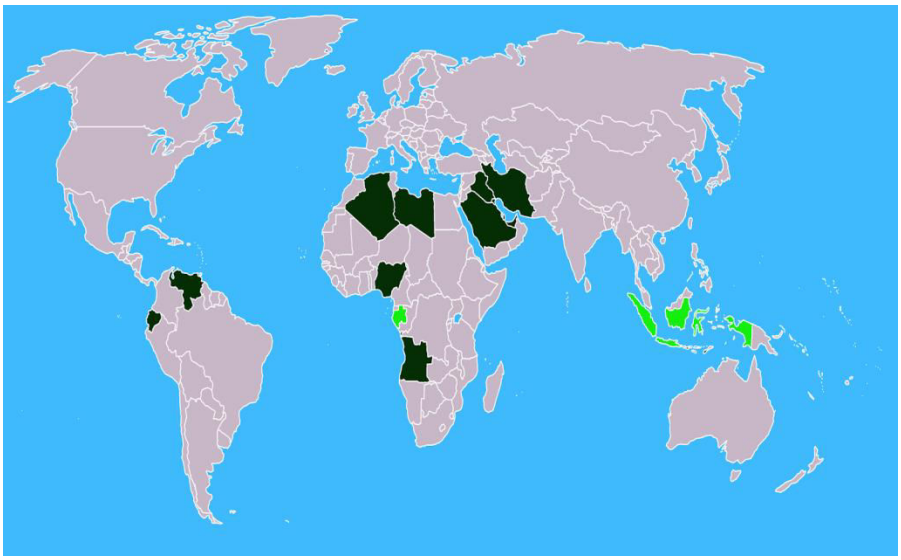
Το 1903 η κυριαρχία του πετρελαίου σφραγίστηκε με την βενζινοκίνητη μηχανή εσωτερικής καύσης του Henry Ford. Το 1913 περισσότερα από ένα εκατομμύριο αυτοκίνητα και φορτηγά σε Αμερική και Ευρώπη κινούνταν με βενζίνη ή ντίζελ.

Ένα ακόμα κομβικό σημείο υπήρξε το 1911 όταν το πετρέλαιο εισήχθη και στην γεωπολιτική με πρωτεργάτη τον Ουίστον Τσώρτσιλ. Ο Τσώρτσιλ ως λόρδος του Βρετανικού Ναυτικού αντικατέστησε το κάρβουνο με το πετρέλαιο στα πολεμικά πλοία της Βρετανίας παρότι η Βρετανία όχι απλά δεν είχε δικά της κοιτάσματα πετρελαίου, αλλά ήταν και υπερδύναμη στην παραγωγή κάρβουνου.

Η κυριαρχία του πετρελαίου στη μεταπολεμική παγκόσμια ενεργειακή τάξη και οικονομία ήταν πλέον αναμφισβήτητη. Αποφασιστικό κατά τον πόλεμο, το πετρέλαιο ήταν τώρα ο μοχλός για την μεταπολεμική ευημερία, το αληθινό μέτρο της γεωπολιτικής δύναμης. Κινούσε πλοία και αεροσκάφη, τους σιδηροδρόμους και τα αυτοκίνητα στα οποία όλο και περισσότερο βασιζόταν η στρατιωτική και εμπορική κυριαρχία.

Η τεράστια λοιπόν απήχηση οδήγησε στην δημιουργία ερευνητικών εταιρειών οι οποίες με τη σειρά τους οδήγησαν σε χιλιάδες νέα προϊόντα με βάση το πετρέλαιο, από πλαστικά μέχρι συνθετικό καουτσούκ, εκτοξεύοντας απότομα την παγκόσμια ημερήσια κατανάλωση μεταξύ 1945 και 1960 από έξι σε είκοσι ένα εκατομμύρια βαρέλια και εκατόν δεκαπέντε εκατομμύρια βαρέλια στις μέρες μας.

Οργανισμός Εξαγωγών Πετρελαιοπαραγωγών Κρατών (ΟΠΕΚ)



Εικόνα 1. Οι Χώρες του ΟΠΕΚ. Πηγή: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Opec_Organization_of_the_Petroleum_Exporting_Countries_countries.PNG.

Ο Οργανισμός Εξαγωγών Πετρελαιοπαραγωγών Χωρών (ΟΠΕΚ) είναι ένας διεθνής οικονομικός οργανισμός, με κυρίαρχο και αποφασιστικό ρόλο στην προσφορά του πετρελαίου. Συγκροτήθηκε το 1960 από τις ακόλουθες χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή πετρελαίου: Σαουδική Αραβία, Ιράκ, Κουβέιτ, Βενεζουέλα και Ιράν. Στον οργανισμό προστίθενται από το 1985 και οι παρακάτω χώρες - μέλη: Αλγερία, Γκαμπόν, Ισημερινός, Ινδονησία, Κατάρ, Λιβύη.

Πρωταρχικοί σκοποί του ΟΠΕΚ ήταν η καθιέρωση ενιαίας πολιτικής μεταξύ των κρατών μελών και η υιοθέτηση μέτρων προστασίας των συμφερόντων τους και των εσόδων τους με σταθεροποιητικές τιμές στην αγορά πετρελαίου. Η επιρροή του στον καθορισμό της τιμής του πετρελαίου στη δεκαετία του 1960 ήταν περιορισμένη για τους παρακάτω λόγους: Πρώτον, το μερίδιο του ΟΠΕΚ ήταν μόλις το 28% της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής πετρελαίου το 1960, ενώ το 1970 είχε αυξηθεί στο 41%. Δεύτερον, τα κοιτάσματα πετρελαίου στις χώρες του ΟΠΕΚ (εκτός του Ιράν) ανήκαν στις πολυεθνικές εταιρείες διύλισης και εμπορίας πετρελαίου στα πλαίσια συμφωνιών για την παροχή τεχνογνωσίας που δεν διέθεταν οι χώρες αυτές για την εξόρυξη του πετρελαίου. Τρίτον, η μεγάλη αύξηση στην παγκόσμια παραγωγή

πετρελαίου στη δεκαετία του 1960 περιόριζε ουσιαστικά τις προσπάθειες αύξηση της τιμής του. Τέταρτον, οι χώρες του ΟΠΕΚ είχαν άμεση ανάγκη των εσόδων από την πώληση του πετρελαίου για να χρηματοδοτήσουν την οικονομική τους ανάπτυξη.

Το 1967, ο βασιλιάς της Λιβύης που είναι νέο μέλος του ΟΠΕΚ από το 1961 μαζί με το Σάχη της Περσίας δεν τηρούν το εμπάργκο πετρελαίου που έχει κηρύξει ο ΟΠΕΚ. Τελικά, η απόφαση για επιβολή εμπάργκο μένει ανενεργή μέχρι και το 1973 οπότε τα μέλη του Οργανισμού Εξαγωγών Πετρελαιοεξαγωγών Κρατών κήρυξαν εμπάργκο στις χώρες που στήριξαν το Ισραήλ στον πόλεμο του Yom Kippur. Με συνέπεια την τιμή του πετρελαίου στα 12 $/ βαρέλι.

Παράλληλα ο ΟΠΕΚ απέκτησε το 11ο μέλος του, τη Νιγηρία, το 1971 ενώ πραγματοποιήθηκε και η πρώτη Σύνοδος Κορυφής του ΟΠΕΚ στην Αλγερία το 1975. Η επανάσταση στο Ιράν προκάλεσε το δεύτερο πετρελαϊκό σοκ στην παγκόσμια οικονομία οδηγώντας σε ύφεση την οικονομική δραστηριότητα σε όλο τον κόσμο αφού η τιμή του πετρελαίου εκτοξεύτηκε στα 35-40 $/ βαρέλι.

Ακολούθησε μια δραματική πτώση, η οποία κατέληξε σε μια κατάρρευση το 1986 - η τρίτη κρίση στην τιμολόγηση του πετρελαίου. Ο ΟΠΕΚ επηρεασμένος από την παγκόσμια ύφεση και την μείωση της ζήτησης εγκαταλείπει την πολιτική των αυξημένων τιμών και μειώνει τις τιμές στα 10 δολάρια το βαρέλι, για να ανατρέψει το κλίμα και να αυξήσει την ζήτηση, εισάγοντας για πρώτη φορά και το σύστημα ποσοστώσεων στην παραγωγή. Οι τιμές επανέρχονται σε μια φυσιολογική κατάσταση, χωρίς να πλησιάζουν τα υψηλά επίπεδα τιμών της αρχής της δεκαετίας του '80 προκειμένου να πετύχουν σταθερότητα της αγοράς με λογικές τιμές στο μέλλον. Συνεπώς, οι δύο πρώτες πετρελαϊκές κρίσεις είχαν μεγαλύτερες αρνητικές συνέπειες στην οικονομία σε σχέση με την τρίτη.

Μια τέταρτη κρίση τιμολόγησης αποτράπηκε στην αρχή της δεκαετίας όταν συγκρατήθηκε μια ξαφνική απότομη άνοδος στις τιμές στις αγορές από τις αυξήσεις παραγωγής από τα μέλη ΟΠΕΚ. Έπειτα οι τιμές μέχρι το 1998 σταθεροποιήθηκαν, οπότε υπήρξε μια πτώση, λόγω της κρίσης στην Ασία. Οι κινήσεις του ΟΠΕΚ παρ' όλα αυτά ήταν άμεσες και σε συνεργασία και με άλλες παραγωγούς χώρες εκτός ΟΠΕΚ, έφεραν την ισορροπία.

Η δεκαετία του 1990 μπορεί να χαρακτηρισθεί ως δεκαετία αποδυνάμωσης του ΟΠΕΚ, αφού η τιμή του πετρελαίου κυμάνθηκε κατά κανόνα σε χαμηλότερα επίπεδα από ότι στις προηγούμενες δεκαετίες, ενώ μετά το 1999 σημειώθηκε κατακόρυφη αύξηση της τιμής του πετρελαίου ξαναφέρνοντας στο προσκήνιο το

θέμα της δυνατότητας και της αποτελεσματικότητας του ΟΠΕΚ σχετικά με την ικανότητά του να επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την τιμή του πετρελαίου. Συμπερασματικά, παρατηρούμε ότι ο ΟΠΕΚ είναι ένας διεθνής οργανισμός, οι αποφάσεις του οποίου όσον αφορά την τιμολόγηση του πετρελαίου, επηρεάζουν την παγκόσμια οικονομία, δεδομένου ότι οι χώρες που τον απαρτίζουν κατέχουν το 55% των παγκόσμιων πετρελαϊκών πόρων.

Παράγοντες Που Επηρεάζουν Την Τιμή Του Πετρελαίου

Οι δυνάμεις της προσφοράς και της ζήτησης καθορίζουν την τιμή του πετρελαίου όπως και κάθε άλλου προϊόντος. Όταν έχουμε διαταραχές στη ζήτηση, όπως για παράδειγμα μετά από πολιτικές ή χρηματοπιστωτικές κρίσεις, οικονομικές επιβραδύνσεις και υφέσεις, η τιμή του πετρελαίου ιστορικά υποχωρεί 20% έως 45%.

Εκτίναξη της ζήτησης πετρελαίου που παράγεται από τον ΟΠΕΚ βλέπει για το 2015 ο Οργανισμός, ο οποίος εκτιμά παράλληλα πως η «βουτιά» των τιμών από τον Ιούνιο θα επιβραδύνει την παραγωγή στις ΗΠΑ και σε άλλες χώρες ταχύτερα απ' όσο προβλέπονταν προηγουμένως. Στην μηνιαία έκθεσή του, ο ΟΠΕΚ προβλέπει ότι η ζήτηση πετρελαίου από τον Οργανισμό θα ανέλθει κατά μέσο όρο στα 29,21 εκατ. βαρέλια ημερησίως φέτος, ποσότητα αυξημένη κατά 430.000 βαρέλια έναντι της προηγούμενης πρόβλεψης. Συνολικά, προβλέπει πως η παγκόσμια ζήτηση πετρελαίου θα αυξηθεί κατά 20.000 βαρέλια ημερησίως στα 117 εκατ. βαρέλια. Παράλληλα, μείωσε την πρόβλεψή του για τον ρυθμό ανάπτυξης της προμήθειας από χώρες εκτός ΟΠΕΚ κατά 420.000 βαρέλια ημερησίως, στα 850.000 βαρέλια ημερησίως, εν μέρει λόγο της επιβράδυνσης της παραγωγής σχιστολιθικού πετρελαίου από τις ΗΠΑ και των χαμηλότερων επενδύσεων από ενεργειακές επιχειρήσεις, λέγοντας πως οι χαμηλότερες τιμές θα τονώσουν και την κατανάλωση. «*Η χαμηλότερη προσφορά από τις χώρες εκτός ΟΠΕΚ οφείλεται κυρίως στις ανακοινωθείσες περικοπές δαπανών για το 2015 από τις διεθνείς πετρελαϊκές εταιρείες, καθώς λόγω της μείωσης του αριθμού των ενεργών γεωτρήσεων στις ΗΠΑ και τον Καναδά*», αναφέρεται συγκεκριμένα στις

προβλέψεις του Οργανισμού. Ο ΟΠΕΚ μείωσε παράλληλα την πρόβλεψή του για τη συνολική προσφορά πετρελαίου από τις ΗΠΑ κατά 170.000 βαρέλια ημερησίως το 2015, ενώ η πρόβλεψη για τη Ρωσία μειώθηκε κατά 70.000 βαρέλια, όπως επίσης και για τις χώρες της Μέσης Ανατολής εκτός ΟΠΕΚ.

Κανείς όμως δεν δύναται να προβλέψει εάν αυτό θα συμβεί και πόσο θα παραμείνει η τιμή σε αυτά τα χαμηλά επίπεδα. Και αυτό διότι η τιμή του πετρελαίου επηρεάζεται και από μια πληθώρα αστάθμητων γεωπολιτικών και άλλων παραγόντων που επιδρούν τόσο στις δυνάμεις της προσφοράς όσο και στη ζήτηση:

α. Οι καιρικές συνθήκες (ψύχος, πυρκαγιές, έντονες καταιγίδες, τυφώνες κ.ά.), ατυχήματα και η εποχικότητα (ανάγκη θέρμανσης το χειμώνα και κλιματισμού-ψύξης το καλοκαίρι). Το δυστύχημα στην εξέδρα άντλησης πετρελαίου «Deepwater Horizon» της BP στον Κόλπο του Μεξικού στις 20 Απρίλη 2010, που κόστισε 11 ανθρώπινες ζωές, και μια ανεξέλεγκτη διαρροή πετρελαίου, αποτελεί τη μεγαλύτερη οικολογική καταστροφή που προκλήθηκε από ατύχημα σε πετρελαιοπηγή μέχρι σήμερα. Σύμφωνα με τις αμερικανικές αρχές, στην περιοχή έχουν διαρρεύσει περί τα 770 εκατ. λίτρα (5 εκατ. βαρέλια) πετρελαίου, εκ των οποίων μόλις 130 εκατ. λίτρα έχουν συλλεχθεί προτού τοποθετηθεί, στα μέσα Ιουλίου, το κάλυμμα στη γεώτρηση. Από το ναυάγιο του δεξαμενόπλοιου Exxon Valdez στην Αλάσκα, το 1989, η ποσότητα που είχε μολύνει τότε την ακτογραμμή της περιοχής ανερχόταν σε 41 εκατ. λίτρα αργού πετρελαίου. αντιπρόεδρος της BP για την Αμερική και την Ασία τόνισε πως «Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι αυτό το γεγονός θα αλλάξει την υπεράκτια βιομηχανία για πάντα, σε ολόκληρο τον κόσμο», και πως η BP «θα εξετάσει τους συμβιβασμούς της νέας υπεράκτιας αναζήτησης».

β. Πολιτικές ή στρατιωτικές κρίσεις όπως οι ένοπλες συγκρούσεις στη Νιγηρία, τη Γεωργία και η κρίση που αφορά το πυρηνικό πρόγραμμα του Ιράν. Σε τέτοιες περιπτώσεις διαταραχών της προσφοράς η απότομη μείωση της προσφοράς οδηγεί σε αύξηση της τιμής του πετρελαίου.

Στην περίπτωση του Ιράν, Ο αναλυτής της UBS Julius Walker, ο οποίος είναι εξειδικευμένος σε θέματα της αγοράς εμπορευμάτων, σχετικά με τις προοπτικές μιας πετρελαϊκής κρίσης λόγω του Ιράν, θεωρεί ότι υπάρχουν πιθανά σενάρια, με επιπτώσεις που κυμαίνονται από σχετικά ήπιες έως εξαιρετικά δαπανηρές. Αν οι κυρώσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης τεθούν σε εφαρμογή 600.000 βαρέλια ανά ημέρα

αναμένεται να λείψουν από την αγορά. Στην περίπτωση αυτή, το αργό πετρέλαιο τύπου Brent αναμένεται να φτάσει έως τα περίπου 130 δολάρια/βαρέλι, ενδεχομένως και λιγότερο. Αν οι ιρανικές εξαγωγές αργού πετρελαίου διακοπούν εντελώς, ίσως ως αποτέλεσμα μιας ισραηλινής αεροπορικής επίθεσης, μιλάμε για απώλεια προσφοράς 2,5 εκατομμυρίων βαρελιών ανά ημέρα, με αποτέλεσμα η τιμή του αργού πετρελαίου να φτάσει έως τα 205 δολάρια/βαρέλι περίπου. Ενώ μια διακοπή της παραγωγής ιρανικού πετρελαίου (κάτι τέτοιο θα απαιτούσε κάποιας μορφής στρατιωτική ενέργεια ή μια μεγάλη εσωτερική αναταραχή), η παγκόσμια προσφορά θα μειωνόταν κατά 4 εκατομμύρια βαρέλια ημερησίως, ενώ πιθανότατα οι τιμές του μαύρου χρυσού θα εκτοξεύονταν έως τα 270 δολάρια ανά βαρέλι.

Οι αναταραχές στη Βόρεια Αφρική αρχικά με την εξέγερση της Τυνησίας, της Αιγύπτου και της Υεμένης (καθώς οι χώρες αυτές δεν είναι μεγάλοι παραγωγοί αργού), το πρόβλημα δεν γιγαντώθηκε, η αναταραχή στο Μπαχρέιν, στο Ομάν και πολύ περισσότερο στη Λιβύη φούντωσε τα σενάρια για «έκρηξη» της διεθνούς τιμής πετρελαίου, τη στιγμή που οι μεγάλες βιομηχανικές παραγωγικές μονάδες στην Ασία (Κίνα) ζητούν συνεχώς πρώτες ύλες, οι κάνουλες στη Μέση Ανατολή κλείνουν, λόγω των συγκρούσεων και της τοπικής πολιτικής ανασφάλειας. Αν, δε, στο ντόμινο των αναταράξεων στον αραβικό κόσμο προστεθεί και η μεγαλύτερη πετρελαιοπαραγωγός χώρα, η Σαουδική Αραβία, τότε τα σενάρια για παγκόσμια τιμή κοντά ή πάνω από τα 200 δολάρια το βαρέλι, πιθανώς, να μην ανήκουν στη σφαίρα της οικονομικής φαντασίας. Συγκεκριμένα, από τη στιγμή που η πολιτική κρίση ξεκίνησε στη Λιβύη, η τιμή του πετρελαίου είναι έως και 230% αυξημένη από το χαμηλότερο σημείο τον Δεκέμβριο του 2008. Πλέον, είναι μόνο 19% κάτω από το υψηλότερο σημείο όλων των εποχών, τον Ιούλιο του 2008, ακριβώς λίγο πριν από την παγκόσμια οικονομική κρίση. Πόσο σημαντική είναι η Λιβύη και τι θα γίνει, αν σταματήσει την παραγωγή η Σαουδική Αραβία;

γ. Σε περιόδους αυξημένης ζήτησης και έντονης ανάπτυξης ή μετά από φυσικές καταστροφές (π.χ. τυφώνας Κατρίνα) ή ατυχήματα όπως αυτό της BP, οι διαθέσιμες μονάδες διύλισης παίζουν σημαντικό ρόλο.

δ. Η φορολογία ή οι τυχόν φοροελαφρύνσεις που παρέχει το κράτος στους πολίτες επηρεάζει άμεσα την ζητούμενη ποσότητα οπότε και την τιμή και την οδηγεί σε έντονες αυξομειώσεις.

ε. Ένας ακόμη παράγοντας, που επηρεάζει την τρέχουσα τιμή του πετρελαίου αλλά και τη μεταβλητότητά της, σχετίζεται με την προσδοκία των καταναλωτών για

την επάρκεια των μελλοντικών αποθεμάτων. Σύμφωνα με μελέτες της BP τα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα για τα επόμενα χρόνια εκτιμούνται σε 2.600 δις. βαρέλια, αρκετά για 85 χρόνια. Αλλά: Πόσα από αυτά είναι άμεσα ή τουλάχιστον σε σύντομο χρονικό διάστημα εκμεταλλεύσιμα; Κατά συνέπεια, η συνειδητοποίηση της παγκόσμιας οικονομίας ότι το πετρέλαιο μπορεί να μην επαρκεί, οδήγησε σε συνεχείς ανατιμήσεις μέχρι το 2008.

στ. Η αλματώδης ανάπτυξη και η παγκοσμιοποίηση, οι οποίες αύξησαν τις απαιτήσεις για διεύρυνση της παραγωγικής δυναμικότητας των πετρελαιοπαραγωγών ενώ πίεσαν ανοδικά τη ζήτηση πετρελαίου. Το 50% της αύξησης στη ζήτηση για τα τελευταία έτη αποδίδεται αποκλειστικά στην οικονομία της Κίνας, ενώ οι αναπτυσσόμενες οικονομίες (Ινδία, Ρωσία, Λατ. Αμερική) διεκδικούν μεγαλύτερα μερίδια στην αγορά πετρελαίου και ενέργειας για να ικανοποιήσουν τις αυξανόμενες απαιτήσεις της βιομηχανικής τους παραγωγής.

ζ. Εκτός από την έντονη ζήτηση παγκοσμίως η τιμή επηρεάζεται και από την μικρή συγκριτικά δυνατότητα παραγωγής διυλισμένων προϊόντων. Το 1990 μετά την έντονη πτώση των τιμών σχεδόν αδρανοποιήθηκαν όλα τα έργα υποδομής στην παραγωγή και επεξεργασία του αργού πετρελαίου. Τα τελευταία 20 χρόνια δεν έχει πραγματοποιηθεί καμία μεγάλη κατασκευή νέου διυλιστηρίου.

η. Το 2009 έκανε την εμφάνιση του ένας νέος παράγοντας που επηρεάζει τις τιμές. Ο παράγοντας αυτός ήταν η κερδοσκοπία (χειραγώγηση) στις αγορές παραγώγων πετρελαίου από τους λεγόμενους "speculators" (κερδοσκόπους δηλαδή τους μη εμπορικούς επενδυτές). Παρ' όλα αυτά οι κερδοσκόποι δεν έχουν αποδειχθεί και επίσημα ένοχοι για το σκαρφάλωμα των τιμών. Έτσι, σύμφωνα με τα στοιχεία του CFTC (Αμερικανική Επιτροπή Εποπτείας Αγοράς Εμπορευμάτων) διαθέσιμα από την Bloomberg Financial L.P., φαίνεται από τις θέσεις των speculators ότι υπολόγιζαν πως η τιμή του αργού θα υποχωρήσει, από το Μάρτη του 2008 με προσδοκίες έπειτα από μικρό χρονικό διάστημα θα υπάρξουν ταχύτερες και εντονότερες ανατιμήσεις, καθώς και μεγαλύτερη αύξηση στην παγκόσμια ζήτηση. Η έξοδός τους όμως τώρα από τις αγορές αυτές, έχει ως αποτέλεσμα την πτώση των τιμών σε επίπεδα τόσο χαμηλά που δεν είναι διατηρήσιμα. Ενδέχεται λοιπόν μεσοπρόθεσμα, να υπάρξουν απότομες ανατιμήσεις, ιδιαίτερα στην αγορά πετρελαίου, όταν η προσφορά δεν θα είναι σε θέση να ικανοποιήσει επαρκώς τη ζήτηση.

Συμπερασματικά, υπάρχει μια πληθώρα παραγόντων που επηρεάζουν την τιμή του πετρελαίου. Η υποεπένδυση σε υποδομή παραγωγής σε ολόκληρο τον

κλάδο τις τελευταίες δεκαετίες, σε συνδυασμό με την αλματώδη ανάπτυξη (ιδίως της Κίνας και της Ασίας γενικότερα) και την παγκοσμιοποίηση, επηρέασε θετικά την τιμή με αποτέλεσμα την έκρηξη που παρατηρήσαμε μέχρι το καλοκαίρι του 2008, όμως όλα αυτά άλλαξαν απότομα λόγω της οικονομικής κρίσης που βιώνουμε μέχρι και σήμερα με τις τιμές να φτάνουν σε χαμηλότατα επίπεδα και να επαληθεύουν την αδυναμία πρόβλεψης τους.

Είδη Πετρελαίου

Το πετρέλαιο ανάλογα με τον τόπο προέλευσης και κάποια ποιοτικά χαρακτηριστικά που διαθέτει χωρίζεται σε αντίστοιχες κλάσεις. Οι πετρελαιοβιομηχανίες έχουν εφαρμόσει ένα σύστημα όπου το κατηγοριοποιούν σε κλάσεις και το τιμολογούν ανάλογα με την περιοχή προέλευσης, το ειδικό βάρος και την περιεκτικότητα του σε κάποια χημικά στοιχεία.

1) Πετρέλαιο Brent που προέρχεται από τη Βόρεια Θάλασσα
2) Πετρέλαιο Βόρειας Αμερικής (WTI), που εξάγεται από το Τέξας (ΗΠΑ).
3) Πετρέλαιο Ντουμπάι (Μέσης Ανατολής), που προέρχεται από την Ασία από τη μεριά του Ειρηνικού Ωκεανού.
4) Πετρέλαιο Tapis, από τη Μαλαισία.
5) Πετρέλαιο Minas, από την Ινδονησία.
6) Πετρέλαιο ΟΠΕΚ (OPEC basket).

Οι χώρες του ΟΠΕΚ αποτελούν το μεγαλύτερο συγκρότημα παραγωγής πετρελαίου αφού εξορύσσουν περίπου τα 40% της παγκόσμιας αγοράς. Επιπλέον ανάλογα με το ειδικό βάρος το ταξινομείται σε "light ή sweet","intermediate" και "heavy". Υπάρχουν και άλλες περιοχές ανά τον κόσμο που παράγουν πετρέλαιο αλλά στην παρούσα εργασία επιλέχτηκαν οι πιο γνωστές, οι οποίες χρησιμοποιούνται ευρέως για τον προσδιορισμό των τιμών και διαφόρων μετρήσεων. Από τα παραπάνω, τα κυριότερα ειδή πετρελαίου που χρησιμοποιούνται ως μέτρα αναφοράς

είναι το Brent, το WTI και το OPEC basket. Στην έρευνα που γίνεται σε επόμενο κεφάλαιο της εργασίας χρησιμοποιούμε τις τιμές του WTI.

Ιστορική Εξέλιξη Των Τιμών Του Πετρελαίου

Στην ενότητα αυτή γίνεται μια προσπάθεια να χωριστούν οι διαχρονικές τιμές του πετρελαίου σε περιόδους, ανάλογα με την τάση τους και τα μεγάλα γεγονότα που συνέβησαν στην παγκόσμια ιστορία και τις επηρέασαν. Έτσι έχουμε:

1) 1859-1899: Γενηθήτω Φως.

Αρχικά το πετρέλαιο χρησιμοποιήθηκε αποκλειστικά ως φωτιστικό και λιπαντικό μέσο αφού η παραγωγή του ήταν περιορισμένη. Η τιμή του κυμαινόταν κοντά στα 10 $/ βαρέλι, τιμή τεράστια για τα δεδομένα της εποχής αν και η ποσότητα που μπορεί να χρειαζόταν ένας καταναλωτής δεν ξεπερνούσε τα 30 γαλόνια ετησίως.

Την περίοδο 1862-1865 έχουμε την πρώτη αιφνίδια αλλαγή των τιμών του πετρελαίου και οφείλεται στον εμφύλιο πόλεμο των Ηνωμένων Πολιτειών. Οι τιμές έφτασαν ακόμα και τα 120 $/ βαρέλι και στην ουσία έχρησαν το πετρέλαιο απαγορευτικό.

Όλα όμως έληξαν με το τέλος του εμφυλίου και την έναρξη μιας περιόδου εξέλιξης της βιομηχανίας όπως συμβαίνει συχνά μετά από έναν καταστροφικό πόλεμο. Αυτή η περίοδος είναι τα έτη 1865-1899 όπου παρατηρούμε μια ισορροπία στις τιμές του πετρελαίου ανάμεσα στα 20 με 30 $/ βαρέλι.

2) 1900-1945: Ισχύς, Μεταφορές και Παγκόσμιοι Πόλεμοι

Το πετρέλαιο γίνεται ολοένα και πιο σημαντικό και χρησιμοποιείται τόσο στις μεταφορές όσο και στην παραγωγή ενέργειας. Επίσης κατά την περίοδο αυτή αν και συνέβησαν τεράστια γεγονότα που επηρέασαν το παγκόσμιο γίγνεσθαι, οι τιμές του

πετρελαίου φαίνονται σχετικά ανεπηρέαστες να κυμαίνονται στα 20 με 30 $/ βαρέλι και αυτό οφείλεται στο γεγονός αφενός της αύξησης της παραγωγής και αφετέρου στην αποστασιοποίηση των πετρελαιοπαραγωγών χωρών από τα γεγονότα.

3) 1946-1972: Η Μεταπολεμική Εποχή

Κατά την περίοδο αυτή η Αμερική συνεχίζει να είναι η πρώτη παραγωγός δύναμη αλλά χάνοντας συνεχώς έδαφος. Αν και οι τιμές μένουν σταθερές κοντά στα 20 $/ βαρέλι αξίζει να σταθούμε λίγο σε γεγονότα αυτής της περιόδου καθώς αν και δεν επηρέασαν τις τιμές έθεσαν θεμέλια για μελλοντικές αιφνίδιες αλλαγές των τιμών.

1947-1950: Έχουμε μια έντονη έξαρση της αυτοματοποιημένης βιομηχανίας, της αυτοκινητοβιομηχανίας αλλά και έντονη ανοικοδόμηση χαρακτηριστικά όπως ξανά αναφέραμε ενός καταστροφικού πολέμου.

1956-1957: Έχουμε την κρίση που έμεινε στη ιστορία ως η κρίση του Σουέζ. Ο Αιγύπτιος πρόεδρος Nasser εθνικοποίησε τη διώρυγα του Σουέζ σε μια προσπάθεια να ελέγξει και να επωφεληθεί από τις τεράστιες ποσότητες πετρελαίου που διέρχονταν από το σημείο. Βέβαια οι μεγάλες δυνάμεις με πρωτεργάτες Αγγλία και Γαλλία δε το επέτρεψαν και κατάφεραν να στρέψουν το Ισραήλ εναντίον της Αιγύπτου με αποτέλεσμα σφοδρές συγκρούσεις και βύθιση τεραστίων ποσοτήτων πετρελαίου. Αυτή η προσπάθεια του Nasser θα λέγαμε πως ήταν η πρώτη πολεμική σύρραξη που οφειλόταν καθαρά στον έλεγχο του πετρελαίου.

Τέλος μέχρι και το 1972 αν και οι τιμές παγκοσμίως παραμένουν σταθερές παρατηρείται μια τεράστια αύξηση παραγωγής από τη μεριά της Αμερικής που θα την οδηγήσει αναπόφευκτα στα άκρα των δυνατοτήτων της όσον αφορά την παραγωγή.

4) 1973-1996: Η Εποχή του ΟΠΕΚ

Η περίοδος αυτή αποτελείται από γεγονότα που θα προκαλέσουν τεράστιες αυξήσεις στις τιμές του πετρελαίου μέχρι να μειωθεί και πάλι και να φτάσει στα επίπεδα των 40 $/ βαρέλι το 1996.

1973-1974: Ο ΟΠΕΚ προχωράει σε εμπάργκο στις χώρες που στηρίζουν το Ισραήλ στην επίθεση που δέχεται από Συρία και Αίγυπτο. Το γεγονός αυτό διπλασιάζει τις τιμές που φτάνουν πλέον στα 80 $/ βαρέλι.

1978-1979 και 1980-1981: Οι τιμές αυτά τα 4 χρόνια θα αυξηθούν ακόμα περισσότερο και θα ξεπεράσουν και τα 100 $/ βαρέλι. Την πρώτη περίοδο έχουμε την επανάσταση στη χώρα του Ιράν με αποτέλεσμα την ακύρωση όλων των εξαγωγικών συμβολαίων και την δεύτερη περίοδο έχουμε την έναρξη του πολέμου μεταξύ Ιράν και Ιράκ που έφτασε τις τιμές στα άκρα.

1981-1996: Αν και ο πόλεμος Ιράν και Ιράκ συνεχίζεται, οι χώρες του κόλπου δείχνουν να ξεπερνούν την κρίση και σταδιακά αποκαθιστούν τις τιμές στα επίπεδα των 40 $/ βαρέλι.

5) 1997-2008: Η Νέα Βιομηχανική Εποχή

Την πρόσφατη αυτή περίοδο είμαστε όλοι μάρτυρες των εξωφρενικών τιμών που έφτασε το πετρέλαιο (μέχρι και 144 $/ βαρέλι) σ' αυτό συντέλεσαν πολλοί παράγοντες με τους κυριότερους να αναλύονται στην επόμενη παράγραφο.

Η παραγωγή πετρελαίου της Αμερικής όπως αναφέραμε πιο πριν έφτασε στην κορύφωση της το 1972 και με δεδομένα τα προβλήματα στις υπόλοιπες πετρελαιοπαραγωγούς χώρες μαζί και της Ρωσίας αρχίζει μια περίοδος όπου η ζήτηση αυξάνεται αλλά η παραγωγή παραμένει στάσιμη. Το 1998 η Ασία ξεπερνάει την σύντομη κρίση της και έχουμε μια έξαρση της ανάπτυξης και παράλληλα της ζήτησης πετρελαίου. Τα ίδια συμβαίνουν και στην Ευρώπη όπου η νέα εποχή έχει φέρει τεράστια ανάπτυξη που διψάει για ενέργεια άρα για πετρέλαιο. Δυστυχώς όμως η παραγωγή χωλαίνει και σαν να μη φτάνει αυτό έχουμε κρίση στη Βενεζουέλα (υπολογίσιμη παραγωγός) και εισβολή των Αμερικανών στο Ιράκ το 2003. Οι τιμές αναπόφευκτα αυξάνονται και φτάνουν τα 90 $/ βαρέλι. Η κατάσταση δεν δείχνει να βελτιώνεται, αντίθετα μάλιστα κορυφώνεται με την κρίση που ξεσπά στον Περσικό Κόλπο. Το αποτέλεσμα βέβαια γνωστό σε όλους, με την τιμή να φτάνει το καλοκαίρι του 2008 στα 144 $/βαρέλι. (*James D. Hamilton, 2011*)

6) 2008-Σήμερα: Οικονομική κρίση, Αραβική Άνοιξη και Fracking

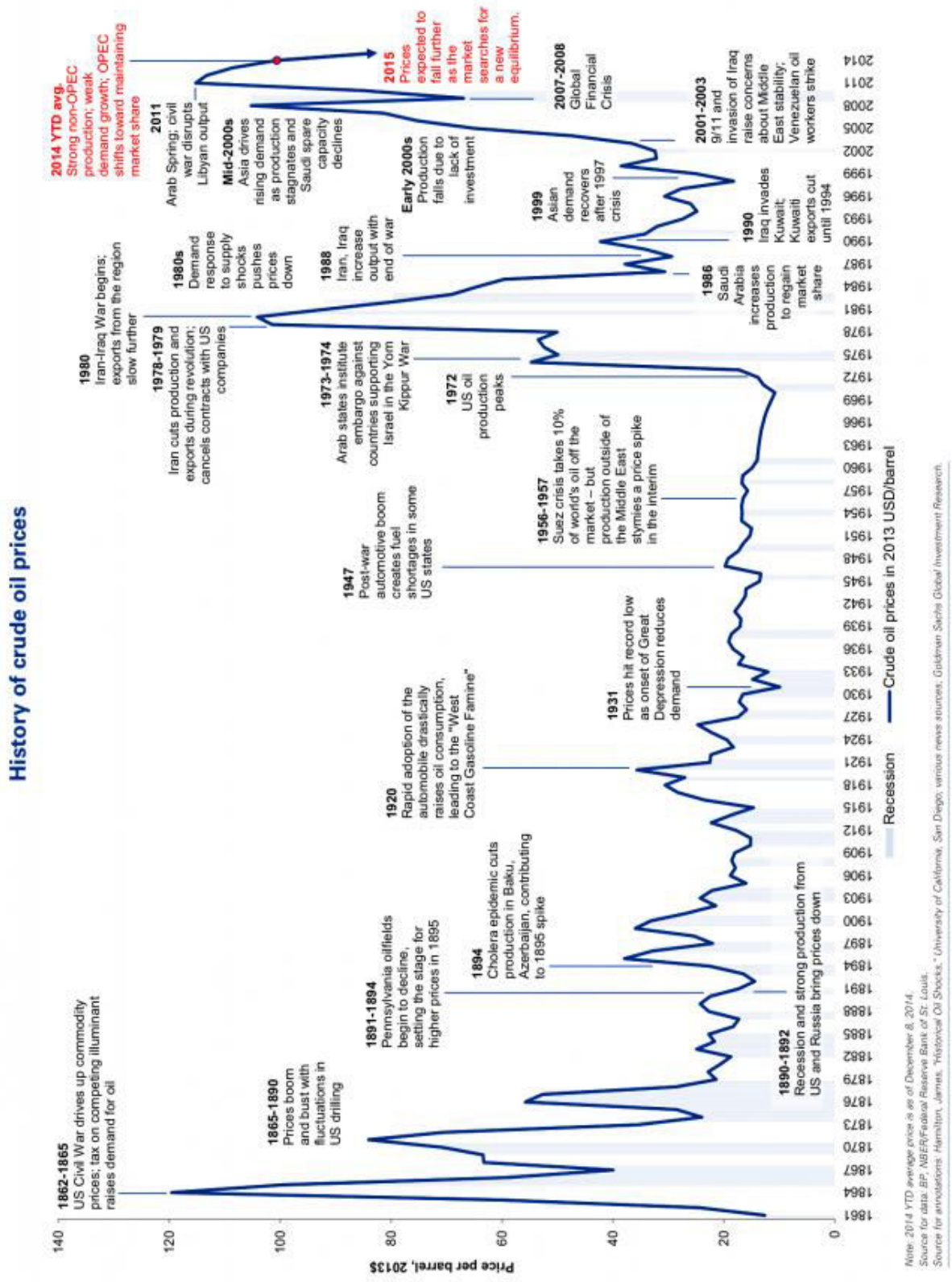
Με τις τιμές στο αποκορύφωμά τους για τα ιστορικά δεδομένα του πετρελαίου έρχεται η μεγαλύτερη κρίση που γνώρισε η παγκόσμια ιστορία μια τεράστια οικονομική κρίση, η οποία έγινε αισθητή σε όλα τα μήκη και πλάτη της υφηλίου μέχρι τα τέλη του 2008. Αυτή η τεράστια κρίση δεν ήταν δυνατόν να μην επηρεάσει

και τις τιμές του πετρελαίου οι οποίες μέχρι τα μέσα του 2009 είχαν πέσει στα 65 $/ βαρέλι.

Αυτό δυστυχώς δεν κράτησε για πολύ καθώς το 2010 ξεσπά ακόμα μια κρίση, στον ήδη ασταθή αραβικό κόσμο. Η γνωστή ως Αραβική Άνοιξη έφερε αναστάτωση και εξεγέρσεις σχεδόν σε όλες τις αραβικές χώρες με φυσικό επακόλουθο την εκτίναξη των τιμών στα ύψη για ακόμα μία φορά, φτάνοντας τα 110 $/ βαρέλι.

Η Αμερική βλέποντας την κατάσταση στη Μέση Ανατολή να μη σταθεροποιείται αλλά και την Ρωσία να αναδεικνύεται σε μεγάλο ενεργειακό αντίπαλο με τα τεράστια αποθέματα φυσικού αερίου, αποφασίζει να επενδύσει σε μια μέθοδο εξόρυξης γνωστή από παλιότερα αλλά πολύ χρονοβόρα και με μεγάλο κόστος. Η μέθοδος αυτή ονομάζεται fracking και αποδεικνύεται αρχικά αποτελεσματική για την Αμερική η οποία καταφέρνει να αυξήσει σημαντικά την παραγωγή της με αποτέλεσμα την σταθεροποίηση των τιμών στα 90 $/ βαρέλι μέχρι και το καλοκαίρι του 2014.

Τότε ο ΟΠΕΚ με μια ξαφνική απόφαση ανακοινώνει ραγδαία μείωση των τιμών του πετρελαίου με στόχο την αποδυνάμωση και την εγκατάλειψη της μεθόδου fracking από την Αμερική, που όπως αναφέρθηκε έχει τεράστιο κόστος. Η απόφαση αυτή του ΟΠΕΚ είναι που καθορίζει τις τιμές μέχρι και σήμερα και τις διαμορφώνει στην περιοχή των 50 $/ βαρέλι.



Εικόνα 2. Η Ιστορία των Τιμών του Πετρελαίου. Πηγή: http://www.businessinsider.com/annotated-history-crude-oil-prices-since-1861-2014-12.

Ισοτιμία Ευρώ Και Δολαρίου Και Η Σχέση Τους Με Το Πετρέλαιο

Το δολάριο είναι το κυρίαρχο νόμισμα στις παγκόσμιες συναλλαγές πετρελαίου. Τα μέλη του ΟΠΕΚ πληρώνονται σε δολάρια. Άρα μια πιθανή πτώση του δολαρίου έναντι των εθνικών τους νομισμάτων έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των εσόδων.

Μια απλή εξήγηση είναι ότι όταν μειώνεται το δολάριο οι τιμές των βασικών πρώτων υλών παγκοσμίως αυξάνονται αφού είναι εκφρασμένες σε δολάρια. Οι παραγωγοί λοιπόν ζητούν μεγαλύτερες τιμές για να αντισταθμίσουν τα χαμένα έσοδα από τη μείωση του δολαρίου. Με αποτέλεσμα, οι ίδιες ποσότητες πρώτων υλών να κοστίζουν περισσότερα δολάρια.. Μια απώλεια εσόδων από τους παραπάνω λόγους οδηγεί σε μείωση της παραγωγής και των επενδύσεων για επέκταση της παραγωγικής δυναμικότητας (εξόρυξη πετρελαίου, ανακάλυψη νέων κοιτασμάτων κλπ.) ενώ ένα πολύ «φτηνό» πετρέλαιο κάνει οικονομικά ασύμφορες (ως ένα βαθμό) τις «ακριβές» προσπάθειες εκμετάλλευσης και ανάπτυξης εναλλακτικών μορφών και τεχνολογιών ενέργειας, ιδιαίτερα στις χώρες που η ισοτιμία τους είναι «κλειδωμένη» με το δολάριο.

Είναι εύλογο λοιπόν οι πετρελαιοπαραγωγές χώρες να επιθυμούν τη διατήρηση της αγοραστικής τους δύναμης με την ανατίμηση του νομίσματος στο οποίο πληρώνονται. Εξάλλου, οι περισσότερες πετρελαιοπαραγωγές χώρες (ιδίως αυτές της Μέσης Ανατολής) έχουν μεγάλες εμπορικές σχέσεις με την Ευρωζώνη. Καθώς η παγκόσμια ανάπτυξη αυξάνει τη ζήτηση για πετρέλαιο και την τιμή του, οι χώρες του ΟΠΕΚ έχουν γίνει πλουσιότερες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, μια αύξηση της κατανάλωσης και των εισαγωγών κυρίως από την Ευρώπη και συνεπώς την ζήτηση για Ευρώ, οδηγώντας στην υποτίμηση του δολαρίου έναντι του Ευρώ μακροπρόθεσμα.

Υπό την παραπάνω συλλογιστική, οι χώρες αυτές έχουν ιδιαίτερο όφελος να είναι σε θέση να αγοράζουν περισσότερα ευρώ με τα δολάρια που εισπράττουν από την πώληση πετρελαίου, για να χρηματοδοτούν τις εισαγωγές προϊόντων από την Ευρωζώνη. Συνεπώς, στο βαθμό που μπορούν να ελέγξουν την τιμή του πετρελαίου (ως καρτέλ) θα επιδιώκουν την αύξησή της, σε περίπτωση διολίσθησης του δολαρίου έναντι του ευρώ .Από την πλευρά των χωρών εισαγωγής, όπου ανατιμάται το τοπικό νόμισμα έναντι του δολαρίου, το πετρέλαιο γίνεται φθηνότερο και αυξάνεται η

ζήτησή του. Σε δεύτερη φάση, αυτό οδηγεί σε αύξηση της τιμής του πετρελαίου. Αντίθετα βέβαια, στις ΗΠΑ, ένα ακριβότερο πετρέλαιο, λόγω της διολίσθησης του δολαρίου, μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της οικονομικής δραστηριότητας, αύξηση του κόστους παραγωγής και πίεση στις εξαγωγές, στις μεταφορές και στον τουρισμό. Παρατηρείται μάλιστα σε τέτοιες περιόδους, στροφή των Αμερικανών προς τον εγχώριο τουρισμό, ενώ μειώνεται η ζήτηση για υπερατλαντικά ταξίδια και διακοπές σε ακριβότερους προορισμούς.

Παρά την υποτίμηση του δολαρίου έναντι του ευρώ μια έντονη μείωση της ζήτησης πετρελαίου στις ΗΠΑ μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική διόρθωση της τιμής τόσο στις ΗΠΑ, όσο και παγκοσμίως. Αυτό διότι περίπου ¼ της παγκόσμιας παραγωγής καταναλώνεται στις ΗΠΑ. Άρα οι μεταβολές της ζήτησης των ΗΠΑ επηρεάζουν άμεσα την τιμή του πετρελαίου παγκοσμίως.

Τέλος, ακαδημαϊκές μελέτες (Kaufmann et al., 2008, Benassy-Quere et al., 2007 και Benassy-Quere & Mignon, 2005) εντοπίζουν έναν ακόμη παράγοντα που οδηγεί την αρνητική σχέση μεταξύ δολαρίου και της τιμής του πετρελαίου: την Κίνα. Η Κίνα έχει εξελιχθεί σε σημαντικό παράγοντα στις αγορές πετρελαίου και συναλλάγματος ενώ παράλληλα, οι ανάγκες πετρελαίου της κινεζικής οικονομίας είναι αισθητά υψηλότερες από αυτές στις αναπτυγμένες οικονομίες (περίπου διπλάσια από αυτή των ΗΠΑ και τριπλάσια από της Ευρώπης). Η Κίνα είναι μια ενεργοβόρα οικονομία που διαθέτει τα δεύτερα παγκοσμίως μεγαλύτερα συναλλαγματικά διαθέσιμα έπειτα από τη Ιαπωνία και μια ισοτιμία με το δολάριο που δεν κυμαίνεται ελεύθερα. Επομένως, η διολίσθηση του δολαρίου, αυξάνει την ανταγωνιστικότητα της Κίνας και τη ζήτηση των προϊόντων της από την Ευρώπη που διαθέτει ισχυρότερο νόμισμα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, την μεσοπρόθεσμα, μεγαλύτερη παραγωγή και ανάπτυξη και συνεπώς, την μεγαλύτερη ζήτηση πετρελαίου.

Από τα παραπάνω, δεν υπάρχει προφανής σχέση αιτιότητας μεταξύ των μεταβολών της ισοτιμίας ευρώ/δολαρίου και της τιμής του πετρελαίου. Έρευνες έχουν αποδείξει ότι η σχέση πορεύεται από το πετρέλαιο προς την ισοτιμία και όχι αντίστροφα. Υπάρχουν ωστόσο και έρευνες (Zhang et al. 2008, Cuaresma & Breitenfellner 2008) που έχουν δείξει το αντίθετο.

Στο διάγραμμα φαίνεται ότι, όσο διολισθαίνει το δολάριο προς το ευρώ, αυξάνεται η τιμή του πετρελαίου σε δολάρια και αντίστροφα. Επομένως, όσο το ευρώ ανατιμάται, το πετρέλαιο ακριβαίνει ενώ όταν το δολάριο ανατιμάται, η τιμή του πετρελαίου πέφτει.

Εικόνα 3. Συνδυαστικό Διάγραμμα Περιόδου 2000-2008. Πηγή: http://peakwatch.typepad.com/peak_watch/peak_oil/.

Τιμές Πετρελαίου Και Παγκόσμιο ΑΕΠ

Το ΑΕΠ, ως δείκτης που υποδεικνύει την κατάσταση μιας οικονομίας, καθώς αποτελεί το σύνολο των αγαθών και υπηρεσιών που παράγονται σε μια χώρα ανά έτος, επηρεάζεται άμεσα από τις μεταβολές στην τιμή του πετρελαίου. Έχει αποδειχτεί, ότι αύξηση της τιμής του πετρελαίου, επηρεάζει την οικονομία ποικιλόμορφα, παρατηρείται λοιπόν, άνοδος στο κόστος παραγωγής, μείωση των εταιρικών κερδών, άνοδος του πληθωρισμού, αύξηση των ανέργων κ.τ.λ. Δημιουργείται περιβάλλον που δεν ευνοεί την αύξηση της εγχώριας παραγωγής αγαθών και υπηρεσιών, αποτέλεσμα των συνθηκών που επικρατούν σε τέτοιο κλίμα είναι η μείωση του ΑΕΠ κάθε χώρας που πλήττεται από τις μεταβολές στην τιμή του πετρελαίου, άρα μείωση του παγκόσμιου ΑΕΠ. Το ντόμινο των επιπτώσεων που

δημιουργείται, πλήττει λίγο ή πολύ, όλες τις χώρες (ανάλογα με την εξάρτησή τους στο πετρέλαιο ή αν είναι παραγωγοί πετρελαίου), μοιραία αυξάνεται το παγκόσμιο ΑΕΠ.

Στην περίπτωση του παγκοσμίου ΑΕΠ, παρατηρείται ότι μία αύξηση του παγκοσμίου ΑΕΠ, οδηγεί σε αύξηση της ζήτησης για ενέργεια, άρα άνοδο των τιμών των πηγών ενέργειας. Καθώς λοιπόν αυξάνεται η προσφορά αγαθών και υπηρεσιών, ικανοποιώντας την αυξανόμενη ζήτηση για αυτά, αυξάνεται και η τιμή του πετρελαίου, μιας και αποτελεί την κύρια πηγή ενέργειας παγκοσμίως, ενέργεια απαραίτητη για την αύξηση της παραγόμενης ποσότητας.

Οι οικονομολόγοι Rotemberg και Woodford (1996), μέσα από την έρευνά τους, κατέληξαν στο γεγονός ότι μία αύξηση κατά 1% στην τιμή του πετρελαίου σχετίζεται με μία μείωση κατά 0,25% στην παραγωγή της Αμερικάνικης οικονομίας, μετά την πάροδο πέντε έως επτά τριμήνων. Το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο (IMF) σε μια μελέτη του το 2005 διατύπωσε την άποψη ότι μία άνοδος στην τιμή του πετρελαίου το 2001 κατά 5 δολάρια άνω της τιμής του πετρελαίου που προεξοφλούσαν τα Συμβόλαια Μελλοντικής Εκπλήρωσης (ΣΜΕ) κατά τα τέλη του 2000, θα οδηγούσε σε μία πτώση της παραγωγής των ΗΠΑ και της Ευρωζώνης κατά 0,4%, σε κάθε ένα από τα πρώτα δύο έτη. Ωστόσο οι Darrat et al. (1996) διαπίστωσαν, χρησιμοποιώντας στοιχεία από τις αρχές της δεκαετίας του ΄90, ότι η τιμή του πετρελαίου δεν φαίνεται να προκαλεί μείωση στην παραγωγή. Οι εν λόγω ερευνητές χρησιμοποιώντας ένα υπόδειγμα Var με 6 μεταβλητές, κατά την διάρκεια της περιόδου 1960-1993 δεν διαπίστωσαν ούτε ότι η βιομηχανική παραγωγή επηρεάζει την κατανάλωση πετρελαίου, αλλά ούτε η κατανάλωση πετρελαίου από τη μεριά της επηρεάζει το επίπεδο της παραγωγής.

Ο Ισπανός οικονομολόγος De Miguel (2005), διαπίστωσέ μετά από μελέτες ότι στις χώρες του ευρωπαϊκού νότου (Πορτογαλία, Ισπανία, Ιταλία και Ελλάδα), παρατηρείται η μεγαλύτερη στην Ευρωπαϊκή Ένωση αρνητική επίδραση στο ΑΕΠ λόγω των μεταβολών στην τιμή του πετρελαίου, με μέγιστη επίδραση να παρατηρείται στην Ελλάδα. Μελετώντας τις πετρελαϊκές κρίσεις στις δεκαετίες ΄70-΄80, διαπίστωσε ότι οι μεγαλύτερες μεταβολές παρατηρήθηκαν στην Ελλάδα και Πορτογαλία, με απώλειες της τάξεως του 7,9% και 8,1% του ΑΕΠ αντίστοιχα. Τέλος όρισε την ευημερία ως την απαιτούμενη αύξηση της κατανάλωσης, εκφρασμένης ως ποσοστό του ΑΕΠ, η οποία διατηρεί το βιοτικό επίπεδο των πολιτών στο επίπεδο πριν τη πετρελαϊκή κρίση.

Σύμφωνα με τους Guo και Kliesen (2005), εάν, κατά την διάρκεια ενός τριμήνου, η τιμή του πετρελαίου αυξηθεί κατά 10%, τότε στη διάρκεια των επόμενων 4 τριμήνων, ο ρυθμός αύξησης του πραγματικού ΑΕΠ των ΗΠΑ θα μειωθεί κατά 0,7 έως 2,5 ποσοστιαίες μονάδες.

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Με τον όρο πρόβλεψη αναφερόμαστε στη διαδικασία αξιοποίησης της διαθέσιμης γνώσης για την παραγωγή ισχυρισμών για γεγονότα, των οποίων τα πραγματικά αποτελέσματα συνήθως δεν έχουν ακόμα παρατηρηθεί. Η πρόκληση που προβάλει ο στοχαστικός χαρακτήρας του προβλήματος, αλλά και η ανάγκη του ανθρώπου για διορατικότητα στο βάθος του χρόνου, καθιστούν τον τομέα των προβλέψεων ιδιαίτερα ενδιαφέρον. *(Πετρόπουλος, Ασημακόπουλος, 2011)*

Σ' αυτό το κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη αναφορά στις σημαντικότερες επιστημονικές δημοσιεύσεις της τελευταίας 20ετίας, που έχουν ως αντικείμενό τους τα μοντέλα πρόβλεψης των τιμών του αργού πετρελαίου. Τα μοντέλα αυτά στη βιβλιογραφία χωρίζονται σε μοντέλα ενός παράγοντα (μονοπαραγοντικά (single-factor models)) και σε πολυπαραγοντικά μοντέλα (multi-factor models). Στα single-factor models οι προβλέψεις των μελλοντικών τιμών του αργού πετρελαίου βασίζονται στις χρονικές υστερήσεις των τιμών, ενώ στα multi-factor models αυτές προκύπτουν από συσχετιζόμενες μεταβλητές όπως ο πληθωρισμός, η οικονομική ανάπτυξη ή από διάφορους άλλους χρηματοοικονομικούς δείκτες. Η πρόβλεψη της τιμής του αργού πετρελαίου απασχολεί τους επιστήμονες του κλάδου της χρηματοοικονομικής πολλές δεκαετίες με αποτέλεσμα την δημοσίευση δεκάδων ερευνών επί του θέματος.

Το 1994 οι *Moosa και Al-Loughani* εξέτασαν την σχέση μεταξύ των τρεχουσών τιμών και των τιμών των συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης του αργού πετρελαίου χρησιμοποιώντας διάφορα οικονομετρικά τεστ και ένα μοντέλο GARCH-M(1,1) (γενικευμένο αυτοπαλινδρομούμενο με δεσμευμένη ετεροσκεδαστικότητα). Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι τιμές των συμβολαίων

μελλοντικής εκπλήρωσης δεν έχουν αμερόληπτες αλλά ούτε και αποτελεσματικές δυνατότητες όσον αφορά την πρόβλεψη των τρεχουσών τιμών.

Το 1999 ο Sadorsky εξέτασε τις μεταβολές στις τιμές του πετρελαίου σε σχέση με διάφορες μακροοικονομικές και χρηματοοικονομικές μεταβλητές, χρησιμοποιώντας GARCH (γενικευμένο αυτοπαλινδρομούμενο με δεσμευμένη ετεροσκεδαστικότητα) και διανυσματικά αυτοπαλίνδρομα μοντέλα σε μηνιαία ιστορικά δεδομένα. Το αποτέλεσμα αυτής της έρευνας ήταν πως ενώ οι μεταβολές στις τιμές του πετρελαίου έχουν σημαντική επιρροή στην οικονομία, η οικονομική δραστηριότητα έχει μικρό αντίκτυπο στις τιμές του πετρελαίου. Ο ίδιος συγγραφέας το 2006 σε μια άλλη σχετική έρευνα του σύγκρινε διάφορα μονοπαραγοντικά και πολυπαραγοντικά μοντέλα (GARCH, TGARCH, AR, Τυχαίος Περίπατος(random walk), Ιστορικός Μέσος (historical mean), Κινητός Μέσος (moving average), VAR, BIGARCH) για να προβλέψει την ημερήσια μεταβλητότητα των αποδόσεων των συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης του πετρελαίου. Οι αποδόσεις των συγκεκριμένων μοντέλων υπολογίστηκαν σύμφωνα με το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (MSE) και τη μέση απόλυτη απόκλιση (MAD) και τα μόνα μοντέλα που έδωσαν ικανοποιητικά αποτελέσματα ήταν το Random Walk (Τυχαίος Περίπατος) και το GARCH.

Το 2000 οι Panas και Ninni εξέτασαν τις χρηματιστηριακές αγορές της Μεσογείου για ύπαρξη χαοτικής δομής (chaotic structure) στα παράγωγα του πετρελαίου και τα αποτελέσματα ήταν θετικά. Σε παρόμοια έρευνα ο Adragni και οι συνεργάτες του το 2001 ανακάλυψαν χαοτική δομή στις τιμές των συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης του πετρελαίου.

Ο Kaboudan το 2001 εξέτασε μεταξύ τριών μεθόδων πρόβλεψης την αποτελεσματικότερη για τις τιμές του αργού πετρελαίου. Αυτές οι τρεις μέθοδοι ήταν: ο γενετικός προγραμματισμός, τα νευρωνικά δίκτυα και η μέθοδος του τυχαίου περιπάτου¨ (Random Walk). Τα αποτελέσματα της έρευνας ανέδειξαν νικητή τη μέθοδο του γενετικού προγραμματισμού.

Ο Morana το 2001 συνεχίζοντας μια παλιότερη έρευνα του Barone-Adesi και των συνεργατών του από το 1998 χρησιμοποίησε μία ημιπαραμετρική προσέγγιση για να προβλέψει της τιμές του Brent πετρελαίου. Η προσέγγιση αυτή βασιζόταν στην εκτίμηση της διακύμανσης των καταλοίπων την περίοδο T+1 από ένα μοντέλο GARCH και μια ιστορική προσομοίωση. Στην ίδια έρευνα ελέγχτηκε η αξιοπιστία της μηνιαίας προθεσμιακής τιμής του πετρελαίου ως δείκτη πρόβλεψης των

τρεχουσών τιμών αλλά τα αποτελέσματα ήταν αρνητικά.

Το 2002 οι Tang και Hammoudeh πρότειναν ότι οι μη-γραμμικές προσεγγίσεις μπορούν να βελτιώσουν τις προβλέψεις των τιμών του πετρελαίου. Ενώ ο Bernabe και οι συνεργάτες του το 2004 σχεδίασαν ένα στοχαστικό πολυπαραγοντικό μοντέλο για να περιγράψουν τους μηχανισμούς προσδιορισμού των τιμών του πετρελαίου, το οποίο ενσωματώνει διάφορες πληροφορίες.

Ο Yousefi και η ομάδα του το 2005 εισάγουν για πρώτη φορά τα κυματίδια (wavelets) στη διαδικασία πρόβλεψης των τιμών του πετρελαίου. Χρησιμοποιούν μέσες μηνιαίες τιμές για να προβλέψουν τις τιμές σε 1,2,3 και 4 μήνες στο μέλλον αφού έχουν ελέγξει την αποτελεσματικότητα της αγοράς.

Το 2005 ο Wang και οι συνεργάτες του προτείνουν ένα μη-γραμμικό μοντέλο το οποίο χρησιμοποιεί ένα σύμπλεγμα αλγορίθμων (TEI@I) για να προβλέψει τις τιμές του πετρελαίου. Αυτή η μέθοδος ενσωματώνει έξι θεματικές ενότητες και σύμφωνα με τα αποτελέσματα τους δείχνει να υπερτερεί των ARIMA (αυτοπαλινδρομούμενο μοντέλο κινητού μέσου όρου) μοντέλων.

Ο Ye το 2005 σχεδίασε ένα μοντέλο απλής παλινδρόμησης για να προβλέψει τις μηνιαίες τιμές του πετρελαίου χρησιμοποιώντας τα στοιχεία των πετρελαϊκών αποθεμάτων των χωρών του Ο.Ο.Σ.Α.. Επίσης μελέτησε τις επιδράσεις της μεταβολής των αποθεμάτων, της μεταβολής της παραγωγής και της ζήτησης στις τιμές του πετρελαίου.

Οι Rehrl και Friedrich το 2006 ανέπτυξαν το μοντέλο LOPEX (Long-term Oil Price and EXtraction) σύμφωνα με το οποίο προέβλεπαν την παραγωγή αλλά και την τιμή του πετρελαίου μέχρι το 2100, χρησιμοποιώντας διάφορα σενάρια. Παρ' όλα αυτά το μοντέλο τους δεν έγινε αποδεκτό από τον ευρύτερο επιστημονικό κλάδο.

Το 2006 οι Postali και Piccheti ερεύνησαν τη συμπεριφορά των τιμών του πετρελαίου. Πιο συγκεκριμένα, εκτέλεσαν διάφορα τεστ (unit root (μοναδιαίας ρίζας) tests, J-statistic) για να εκτιμήσουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των στοχαστικών διεργασιών που χρησιμοποιούν ετήσιες τιμές πετρελαίου. Κατέληξαν στο συμπέρασμα πως ακόμα και μία απλή Γεωμετρική Κίνηση Brown προσέγγιση μπορεί να έχει ενθαρρυντικά αποτελέσματα.

Ο Dees το 2007 μαζί με την επιστημονική του ομάδα ανέπτυξαν ένα οικονομετρικό μοντέλο που εξετάζει τη σχέση μεταξύ των τιμών, της προσφοράς και της ζήτησης του πετρελαίου και της οικονομικής δραστηριότητας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η συμπεριφορά των χωρών του Ο.Π.Ε.Κ. και οι μηχανισμοί

προσδιορισμού της τιμής του πετρελαίου μπορούν να εξηγηθούν από το μοντέλο τους.

Το 2007 οι Amin-Naseri και Gharacheh δημιούργησαν ένα μοντέλο τεχνητής νοημοσύνης για την πρόβλεψη μηνιαίων τιμών WTI πετρελαίου, χρησιμοποιώντας ανατροφοδοτούμενα νευρωνικά δίκτυα και γενετικούς αλγορίθμους. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα οι προβλεπτικές ικανότητες του μοντέλου είναι οι καλύτερες από κάθε άλλη προηγούμενη έρευνα. Ο Xie το 2007 χρησιμοποίησε μηχανές διανυσμάτων υποστήριξης (support vector machines) για την πρόβλεψη των τιμών του αργού πετρελαίου. Επίσης σύγκρινε τα τη μέθοδο του με τα νευρωνικά δίκτυα καθώς και με το μοντέλο ARIMA και κατέληξε ότι οι μηχανές διανυσμάτων υποστήριξης υπερτερούν.

Το 2007 οι Shambora και Rossiter κατασκεύασαν ένα νευρωνικό δίκτυο (Artificial Neural Network ANN) το οποίο συγκρίνοντας το με άλλα διαφορετικά μοντέλα κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι έχει ισχυρότερη προβλεπτική ικανότητα στις τιμές του πετρελαίου. Ο Gori και οι συνεργάτες του το 2007 μελέτησαν τη σχέση μεταξύ των τιμών του πετρελαίου και της κατανάλωσης με τρεις διαφορετικές συμπεριφορές των τιμών: παραβολικές, γραμμικές και χαοτικές.

Το 2008 οι Askari και Krichene μελέτησαν τη δυναμική των τιμών του πετρελαίου κατά την περίοδο 2002-2006. Το ίδιο έτος ο Fan με την ομάδα του χρησιμοποιώντας ένα γενετικό αλγόριθμο (GPMGA) προέβλεψαν τις τιμές του πετρελαίου με ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Οι Alexandridis, Zapranis και Livanis το 2008 μελέτησαν τους παράγοντες που επηρεάζουν τις τιμές του πετρελαίου κατά την περίοδο 1988 – 2008, συγκρίνοντας μία γραμμική και μία μη-γραμμική μέθοδο. Χρησιμοποίησαν τα κυματίδια (Wavelet Analysis) για το φιλτράρισμα των χρονοσειρών και με τη βοήθεια ενός wavelet νευρωνικού δικτύου προσπάθησαν να ενισχύσουν την προβλεπτική ικανότητα για τις τιμές του πετρελαίου με ικανοποιητικά αποτελέσματα τουλάχιστον μέχρι το 2006.

Το 2009 οι Ghaffari και Zare βασισμένοι σε soft computing μεθόδους ανέπτυξαν αλγορίθμους για την πρόβλεψη των ημερήσιων μεταβολών των τιμών του πετρελαίου. Με τη χρήση άλλων αλγορίθμων κατάφεραν να εκπαιδεύσουν αυτούς τους αλγορίθμους και κατέληξαν στην δημιουργία αλγορίθμων με τις ισχυρότερες μέχρι τότε προβλεπτικές ικανότητες.

Οι Murat και Tokat το 2009 ασχολήθηκαν στην έρευνα τους με τα crack

spreads των συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης (futures) του πετρελαίου. Αρχικά μελέτησαν τη σχέση αιτιότητας μεταξύ των τρεχουσών τιμών του πετρελαίου και των crack spreads των futures και στη συνέχεια αφού ανακάλυψαν μια σχέση αιτιότητας μέχρι και τον Απρίλιο του 2003 προσπάθησαν να ελέγξουν την προβλεπτική ικανότητα των crack spreads. Γι' αυτό το λόγο σύγκριναν ένα απλό μοντέλο Random Walk, τα crack spreads των συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης και τα ίδια τα συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης των τιμών του πετρελαίου. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα crack spreads των futures έχουν ισχυρότερη προβλεπτική ικανότητα από το μοντέλο του Random Walk και παρόμοια με τα futures της τιμής του πετρελαίου.

Το 2010 οι Legey και Silva συνειδητοποιώντας πως οι τιμές του πετρελαίου επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες με διαφορετικούς και αρκετά πολύπλοκους τρόπους χρησιμοποίησαν ένα μοντέλο HMM (Hidden Markov Model), το οποίο σύμφωνα με την έρευνα τους έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα. Το ίδιο έτος οι Mohammadi και Su χρησιμοποίησαν διάφορα μοντέλα ARIMA – GARCH για την πρόβλεψη της εβδομαδιαίας μεταβλητότητας των τιμών του πετρελαίου. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα τους το μοντέλο APARCH φάνηκε να έχει την ισχυρότερη προβλεπτική ικανότητα.

Οι Hou και Suardi το 2012 προτείνουν ένα μη-παραμετρικό GARCH μοντέλο αυτή τη φορά σε αντίθεση με τα παραμετρικά GARCH που χρησιμοποιούνται κατά κόρον στην παλαιότερη βιβλιογραφία και δοκιμάζουν την προβλεπτική του ικανότητα στη μεταβλητότητα των αποδόσεων των τιμών του πετρελαίου. Τα συμπεράσματα τους είναι ότι είναι αρκετά αποτελεσματικό και σαφώς καλύτερο από τα αντίστοιχα παραμετρικά μοντέλα. Την ίδια χρονιά οι He, Yu και Lai χρησιμοποιώντας ένα WDEM (Wavelet Decomposed Ensemble Model) πετυχαίνουν ικανοποιητικά αποτελέσματα τόσο στην ανάλυση όσο και στην πρόβλεψη των τιμών της αγοράς του πετρελαίου.

Το 2012 ο Azadeh και η ομάδα του προτείνουν έναν ευέλικτο αλγόριθμο βασισμένο σε τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (ANN) και σε μεθόδους ασαφούς παλινδρόμησης (FR). Αυτός ο ANN-FR αλγόριθμος σύμφωνα με τους συγγραφείς έχει εξαιρετικά αποτελέσματα στο πεδίο της πρόβλεψης των τιμών του πετρελαίου, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ίδιο αποτελεσματικά και σε άλλα μη-γραμμικά προβλήματα.

Τέλος ένα πολύ πρόσφατο άρθρο του Zhang και της ομάδας του το 2015 μας

παρουσιάζει έναν νέο υβριδικό αλγόριθμο ο οποίος συνδυάζει EEMD (Ensemble Empirical mode Decomposition) μεθόδους, IMF (Intrinsic Mode Functions), LSSVM-PSO μεθόδους και GARCH μοντέλα για την πρόβλεψη των τιμών του πετρελαίου με εξαιρετικά αποτελέσματα.

Πίνακας 1. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.

Συγγραφείς Έρευνας	***Έτος***	***Τίτλος Έρευνας***	***Επιστημονική Μέθοδος***
Jin-Liang Zhang et al.	2015	A novel hybrid method for crude oil price forecasting	Υβριδικός Αλγόριθμος
Aijun Hou & Sandy Suardi	2012	A nonparametric GARCH model of crude oil return volatility	Μη-Παραμετρικό μοντέλο GARCH
Kaijian He et al.	2012	Crude oil price analysis and forecasting using wavelet decomposed ensemble model	Wavelet Decomposed Ensemble Model (WDEM)
Ali Azadeh et al.	2012	A flexible neural network-fuzzy mathematical programming algorithm for improvement of oil price estimation and forecasting	Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (ANN) και Αλγορίθμους Ασαφούς Παλινδρόμησης (FR)
Rania Jammazi & Chaker Aloui	2012	Crude oil price forecasting: Experimental evidence from wavelet decomposition and neural network modeling	Υβριδικό Μοντέλο (HTW-MPNN) και Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (ANN)
Edmundo G. de Souza e Silva et al.	2010	Forecasting oil price trends using wavelets and hidden Markov models	Hidden Markov Model (HMM)
Hassan Mohammadi & Lixian Su	2010	International evidence on crude oil price dynamics: Applications of ARIMA-GARCH models	Μοντέλα ARIMA και GARCH
Ali Ghaffari & Samaneh Zare	2009	A novel algorithm for prediction of crude oil price variation based on soft computing	Soft Computing

Atilim Murat & Ekin Tokat	2009	Forecasting oil price movements with crack spread futures	Μη-γραμμική παλινδρόμηση και Random Walk
Antonis Alexandridis et al.	2008	Analyzing crude oil prices and returning using wavelet analysis and wavelet networks	Wavelet Analysis και Wavelet Neural Networks (WNN)
Xun Zhang et al.	2008	A new approach for crude oil price analysis based on Empirical Mode Decomposition	Ensemble Empirical Mode Decomposition (EEMD)
Hossein Askari & Noureddine Krichene	2008	Oil price dynamics (2002-2006)	Jump-diffusion μέθοδος και Levy μέθοδος
Ying Fan et al.	2008	A generalized pattern matching approach for multi-step prediction of crude oil price	Γενετικός αλγόριθμος και Pattern Matching
Stephane Dees et al.	2007	Modelling the world oil market: Assessment of a quarterly econometric model	Οικονομετρικό μοντέλο βασισμένο στην προσφορά και την ζήτηση
Reza Amin Naseri & Ahmadi Gharacheh	2007	A hybrid artificial intelligence approach to monthly forecasting oil price time series	Τεχνητή Νοημοσύνη
Lean Yu et al.	2007	Oil Price Forecasting with an EMD-Based Multiscale Neural Network Learning Paradigm	Νευρωνικό Δίκτυο EMD
Wen Xie et al.	2007	A New Method for Crude Oil Price Forecasting Based on Support Vector Machines	Μηχανές διανυσμάτων υποστήριξης (Support vector machines)
William E. Shambora & Rosemary Rossiter	2007	Are there exploitable inefficiencies in the futures market for oil?	Τεχνητα Νευρωνικά Δίκτυα (ANN), Κινητός Μέσος, Random Walk
Fabio Gori et al.	2007	Forecast of oil price and consumption in the short term under three scenarios: Parabolic, linear and chaotic behaviour	Καμπύλη του Gaussian, Chaos, Regression
Fernando A.S. Postali & Paulo Piccheti	2006	Geometric Brownian Motion and structural breaks in oil prices: A quantitative analysis	Geometric Brownian Motion

Perry Sadorsky	2006	Modeling and forecasting petroleum futures volatility	Μοντέλα GARCH, Random Walk, Ιστορικός Μέσος, Κινητός Μέσος, VAR
Tobias Rehrl & Rainer Friedrich	2006	Modelling long-term oil price and extraction with a Hubbert approach: The LOPEX model	Καμπύλες του Hubbert, Lopex Μοντέλο
Shahriar Yousefi et al.	2005	Wavelet-based prediction of oil prices	Κυματίδια (Wavelets)
Lean Yu et al.	2005	Crude Oil Price Forecasting with TEI@I Methodology	Μοντέλο ARIMA και Τεχνητά Νευρωνικά δίκτυα (ANN)
Michael Ye et al.	2005	A monthly crude oil spot price forecasting model using relative inventories	Regression
Araceli Bernabea et al.	2004	A multi-model approach for describing crude oil price dynamics	Gaussian mean-reversion μέθοδος, μη-γραμμικό mean-reversion μοντέλο
Linghui Tang & Shawkat Hammoudeh	2002	An empirical exploration of the world oil price under the target zone model	μη-γραμμικό μοντέλο και first generation target zone μοντέλο
Claudio Morana	2001	A semiparametric approach to short-term oil price forecasting	GARCH Μοντέλο και Ιστορική Προσομοίωση
M.A. Kaboudan	2001	Compumetric forecasting of crude oil prices	Γενετικός αλγόριθμος, Νευρωνικά Δίκτυα και Random Walk
Bahram Adragni et al.	2001	Chaos in oil prices? Evidence from futures markets	Μοντέλα ARCH, Chaos
Epaminondas Panas & Vassilia Ninni	2000	Are oil markets chaotic? A non-linear dynamic analysis	Μοντέλα ARCH-GARCH, Chaos
Perry Sadorsky	1999	Oil price shocks and stock market activity	GARCH, VAR (Vector AotoRegression)
Imad A. Moosa & Nabeel E. Al-Loughani	1994	Unbiasedness and time varying risk premia in the crude oil futures market	Regression και Μοντέλο GARCH-M

Καταλήγοντας λοιπόν από την βιβλιογραφική ανασκόπηση προκύπτει πως μέσα στο πέρασμα των χρόνων η πρόβλεψη των τιμών του πετρελαίου έχει απασχολήσει πολλούς επιστήμονες οι οποίοι έχουν χρησιμοποιήσει διάφορες μεθόδους. Τα πιο ικανοποιητικά αποτελέσματα φαίνεται πως προκύπτουν τα τελευταία 15 χρόνια, καθώς χρησιμοποιούνται εξελιγμένες μέθοδοι νευρωνικών συστημάτων και τεχνητής νοημοσύνης που ήταν άγνωστες σε παλαιότερους επιστήμονες.

ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

Εισαγωγή

Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα ή απλώς νευρωνικά δίκτυα ή νευρωνικά συστήματα, αντλούν τις καταβολές τους από τα βιολογικά νευρωνικά δίκτυα. Είναι συστήματα παράλληλης και κατανεμημένης επεξεργασίας που προσομοιώνουν τις βασικές αρχές λειτουργίας του βιολογικού εγκεφάλου. Στην βιβλιογραφία συναντώνται και ως αλγόριθμοι μάθησης μηχανής. Ο βιολογικός εγκέφαλος στη βασική του δομή είναι ένα δίκτυο νευρωνικών κυττάρων (νευρώνες) διασυνδεδεμένων μεταξύ τους μέσω συνδέσεων που έχουν την δυνατότητα αναπροσαρμογής της ισχύος του ηλεκτρικού παλμού που τις διατρέχει (συνάψεις). Το εξωτερικό ερέθισμα υπό τη μορφή ηλεκτρικών παλμών, διαβιβάζεται ως πληροφορία μέσω των συνάψεων στους νευρώνες, όπου γίνεται η επεξεργασία της και τελικά παράγεται μία απόκριση εξόδου του δικτύου. Η πληροφορία κωδικοποιείται ως «γνώση» πια μέσω της συνεχούς αναπροσαρμογής της ισχύος των συνάψεων μεταξύ των νευρώνων.

Επίσης τα νευρωνικά δίκτυα αντιμετωπίζονται ως την κατ' εξοχή έκφανση της μη παραμετρικής παλινδρόμησης, η οποία αποτελεί μια πολύ δυνατή προσέγγιση ειδικά για χρηματοοικονομικές εφαρμογές, καθώς χαρακτηρίζονται από την ιδιότητα προσέγγισης οποιασδήποτε άγνωστης μη γραμμικής συνάρτησης, και γενικά είναι λιγότερο ευαίσθητα από τις κλασσικές προσεγγίσεις στις υποθέσεις για τον όρο σφάλματος και ως εκ τούτου μπορούν να ανεχθούν θόρυβο, χαοτικά τμήματα και παχιές ουρές κατανομών πιθανότητας. Από την άλλη όμως, η γνώση της σχετικής θεωρίας της νευρωνικής μάθησης και των βασικών μοντέλων νευρωνικών δικτύων, που αναπτύσσουμε σ' αυτό το κεφάλαιο, είναι απαραίτητη για την αποτελεσματική εφαρμογή τους ειδικά σε σύνθετες εφαρμογές, όπως οι χρηματοοικονομικές. Σχετικές βιβλιογραφικές αναφορές είναι οι (*Zurada,1992 και Kröse, van der Smagt, 1996*). (*Ζαπράνης, 2005*)

Ιστορική Αναδρομή

Το πρώτο κύμα ενδιαφέροντος για τα νευρωνικά δίκτυα εμφανίστηκε μετά την παρουσίαση ενός απλοποιημένου μοντέλου τεχνητού νευρώνα από τους McCullock και Pitts το 1943 (McCullock & Pitts, 1943). Το μοντέλο αυτό είχε την δυνατότητα διενέργειας λογικών πράξεων, αλλά η τεχνολογία της εποχής δεν επέτρεπε την υλοποίησή του σε ηλεκτρονικό κύκλωμα. Αν και στην εποχή του δεν υπήρξε σημαντικό από τεχνολογικής άποψης, έθεσε τις βάσεις για τις μελλοντικές εξελίξεις.

Μερικά χρόνια αργότερα ο Donald Hebb (1949) υποστήριξε ότι η πληροφορία μπορεί να αποθηκευτεί μέσα στις συνδέσεις του δικτύου και πρότεινε για πρώτη φορά ένα κανόνα μάθησης (learning rule) για την μεταβολή των βαρών των συνδέσεων του δικτύου, στον οποίο σήμερα αναφερόμαστε ως κανόνα μάθησης Hebb (Hebbian learning rule).

Κατά την δεκαετία του ‘50 κατασκευάστηκαν και δοκιμάστηκαν οι πρώτοι «νεύρο-υπολογιστέςς» οι οποίοι μετέβαλαν τα βάρη των συνδέσεών τους με αυτόματο τρόπο (Minsky, 1954). Το 1959 ο Frank Rosenblatt εφηύρε το perceptron το οποίο, μεταβάλλοντας τα βάρη των συνδέσεών του, μπορούσε να εκπαιδευτεί να ταξινομεί σε κατηγορίες συγκεκριμένα παραδείγματα και έθεσε την βάση για τους αλγορίθμους μάθησης μηχανής που χρησιμοποιούμε σήμερα.

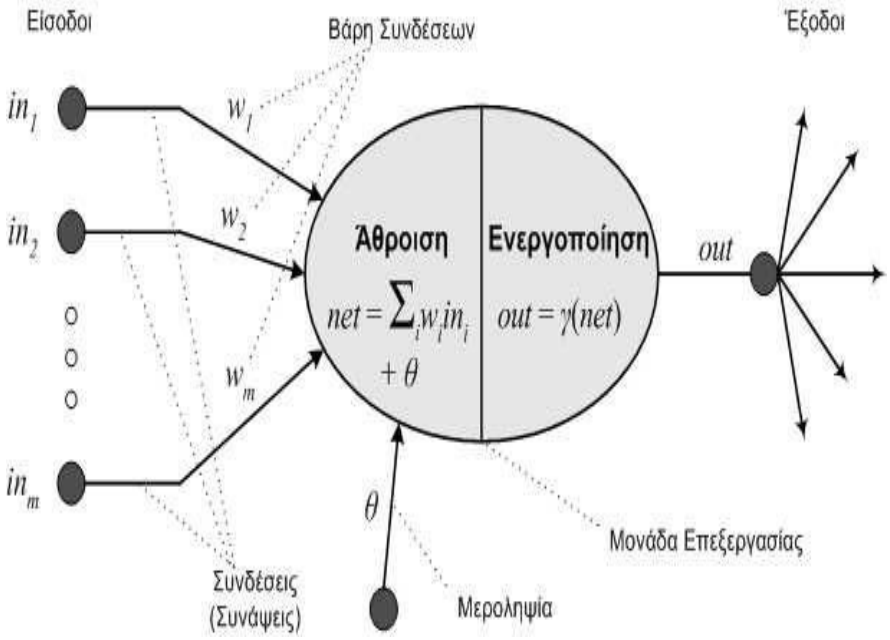
Στις αρχές τις δεκαετίας του ‘60 παρουσιάστηκε από τους Widrow και Hoff μία γενίκευση του κανόνα μάθησης του perceptron, η διαδικασία μάθησης «ελαχίστου μέσου τετραγώνου του σφάλματος», που είναι επίσης γνωστή ως κανόνας δέλτα. Ο κανόνας αυτός που ελαχιστοποιεί το άθροισμα των τετραγώνων των σφαλμάτων, εφαρμόστηκε επάνω σε μία συσκευή που παρουσιάστηκε την ίδια περίοδο και ονομαζόταν ADALINE (ADAptive LINEar combiner). Οι πρώιμες εφαρμογές των ADALINE και της επέκτασής τους MADALINE (Many ADALINEs) αφορούσαν σε ταξινόμηση, πρόβλεψη καιρού και αυτόματο έλεγχο. Οι εξελίξεις της περιόδου συνοψίζονται στην μονογραφία του Nils Nilson (1965) επάνω στις μηχανές με δυνατότητες μάθησης. Παρόλο όμως, που οι στρωματοποιημένες αρχιτεκτονικές δικτύων ήταν γνωστές, δεν υπήρχαν εκείνη την περίοδο αποτελεσματικές διαδικασίες μάθησης που θα επέτρεπαν στο πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης να ξεφύγει από την περίοδο της εφηβείας.

Όταν το 1969 δημοσιεύτηκε το βιβλίο των Minsky και Papert με τίτλο Perceptron (Minsky και Papert, 1969), όπου οι συγγραφείς κατεδείκνυαν τους σημαντικούς περιορισμούς των μοντέλων τύπου perceptron, η έρευνα γύρω από τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα σε μεγάλο βαθμό εγκαταλείφθηκε, καθώς το μέγεθος της χρηματοδότησης περιορίστηκε δραστικά και μαζί του και ο αριθμός των ερευνητών. Από το 1969 έως το 1984 οι ερευνητές διεθνούς κλάσης που συνέχιζαν να εργάζονται επάνω στο αντικείμενο μετριόταν στα δάκτυλα των δυο χεριών. Ο Sun-Ichi Amari στην Ιαπωνία μελετούσε την θεωρία μάθησης και την σχετική μαθηματική θεωρία (Amari, 1972, 1977). Επίσης στην Ιαπωνία ο Kunihiko Fukushima ανάπτυξε μία νέα κλάση αρχιτεκτονικής νευρωνικών δικτύων για την οπτική αναγνώριση σχηματισμών που ονόμασε neocognitrons (Fukushima, 1980). Οι κύριες συνεισφορές στην έρευνα γύρω από τα δίκτυα τύπου associative memory προήλθαν από τους Tuevo Kohonen (1977, 1982, 1984, 1988) από την Φινλανδία και James Anderson από τις ΗΠΑ (Anderson, 1977). Ο Kohonen ανέπτυξε επίσης τα δίκτυα μη επιτηρούμενης μάθησης γνωστά ως Kohonen maps (1982). Οι Stephen Grossberg και Gail Carpenter εισήγαγαν διάφορες αρχιτεκτονικές δικτύων και ανέπτυξαν την θεωρία των δικτύων τύπου adaptive resonance (Grossberg, 1974, 1982).

Στις αρχές της δεκαετίας του ‘80 άρχισε ουσιαστικά η περίοδος αναγέννησης των νευρωνικών δικτύων όταν ο John Hopfield με μια σειρά δημοσιεύσεων, έδωσε την θεωρητική θεμελίωση των δικτύων ανατροφοδότησης (recurrent networks), επεκτείνοντας σημαντικά το σύνολο των δυνητικών εφαρμογών των νευρωνικών δικτύων. Το ενδιαφέρον όμως για τα νευρωνικά δίκτυα επανέκαμψε ουσιαστικά και η σχετική έρευνα αναζωογονήθηκε, μετά την έκδοση των δύο τόμων του βιβλίου Parallel Distributed Processing από τους Rumelhart και McClelland (1986). Το βιβλίο των Rumelhart και McClelland με τον αλγόριθμο οπισθοδιάδοσης (backpropagation) και τις νέες έννοιες που εισήγαγε, άνοιξε μία νέα εποχή στην εξέλιξη των τεχνητών νευρωνικών δικτύων που συνεχίζεται έως τις ημέρες μας. Παρόλο, που σήμερα πλέον αναγνωρίζεται ότι ο Paul Werbos διατύπωσε το μαθηματικό πλαίσιο της οπισθοδιάδοσης ήδη από το 1974, η συνεισφορά του πέρασε απαρατήρητη για αρκετές δεκαετίες (Werbos, 1974). Το 1986 σηματοδότησε ένα σημείο καμπής στην ιστορία της εξέλιξης των νευρωνικών δικτύων και την αφετηρία της αλματώδους εξέλιξης που ακολούθησε. Αμέσως μετά το 1986 χρηματοδοτήθηκε μία πλειάδα ερευνητικών προγραμμάτων και αναπτύχθηκε μία μεγάλη ποικιλία εφαρμογών που εκτείνονται από την πρόβλεψη χρηματοοικονομικών χρονολογικών σειρών έως την

αναγνώριση παλμού ραντάρ και τις ιατρικές εφαρμογές. Στην συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων, οι εφαρμογές αυτές αναπτύχθηκαν με νευρωνικά δίκτυα οπισθοδιάδοσης. Στο θεωρητικό μέτωπο παρήχθη ένας σημαντικός όγκος βιβλιογραφίας που αφορά στην ικανότητα προσέγγισης των νευρωνικών δικτύων τύπου perceptron και στην στατιστική τους συνέπεια. Ο White (1988) και οι Hornik, Stinchombe και White (1989, 1990) έδειξαν ότι τα δίκτυα τύπου radial basis και τα στρωματοποιημένα δίκτυα τύπου perceptron έχουν την ικανότητα προσέγγισης οποιασδήποτε συνάρτησης (universal approximators). Ο White (1989) και οι Geman, Bienenstock και Doursat (1992) απέδειξαν ότι τα στρωματοποιημένα δίκτυα τύπου perceptron είναι στατιστικά συνεπείς εκτιμητές.

Αν και σήμερα τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα υποστηρίζονται από ένα ευρύ πλαίσιο μαθηματικής και στατιστικής ανάλυσης, οι καταβολές τους παραμένουν βιολογικές. Για να αντιληφθούμε καλύτερα την εξέλιξη του πεδίου της τεχνητής νοημοσύνης, στην επόμενη ενότητα εξετάζουμε την βασική δομή του βιολογικού νευρώνα.



Εικόνα 4. Γενικά Χαρακτηριστικά Τεχνητού Νευρώνα. Πηγή: Ζαπράνης, 2005

Ο Βιολογικός Νευρώνας

Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα έλκουν την καταγωγή τους από τα βιολογικά νευρωνικά δίκτυα. Το μεγαλύτερο μέρος των αρχικών θεωρητικών εξελίξεων επάνω στα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα εμπνεύστηκε και επηρεάστηκε από τα βιολογικά δίκτυα και μόνο σχετικά πρόσφατα τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα άρχισαν να προσεγγίζονται μέσα από διαφορετικά οπτικά πρίσματα, όπως για παράδειγμα αυτό της στατιστικής.

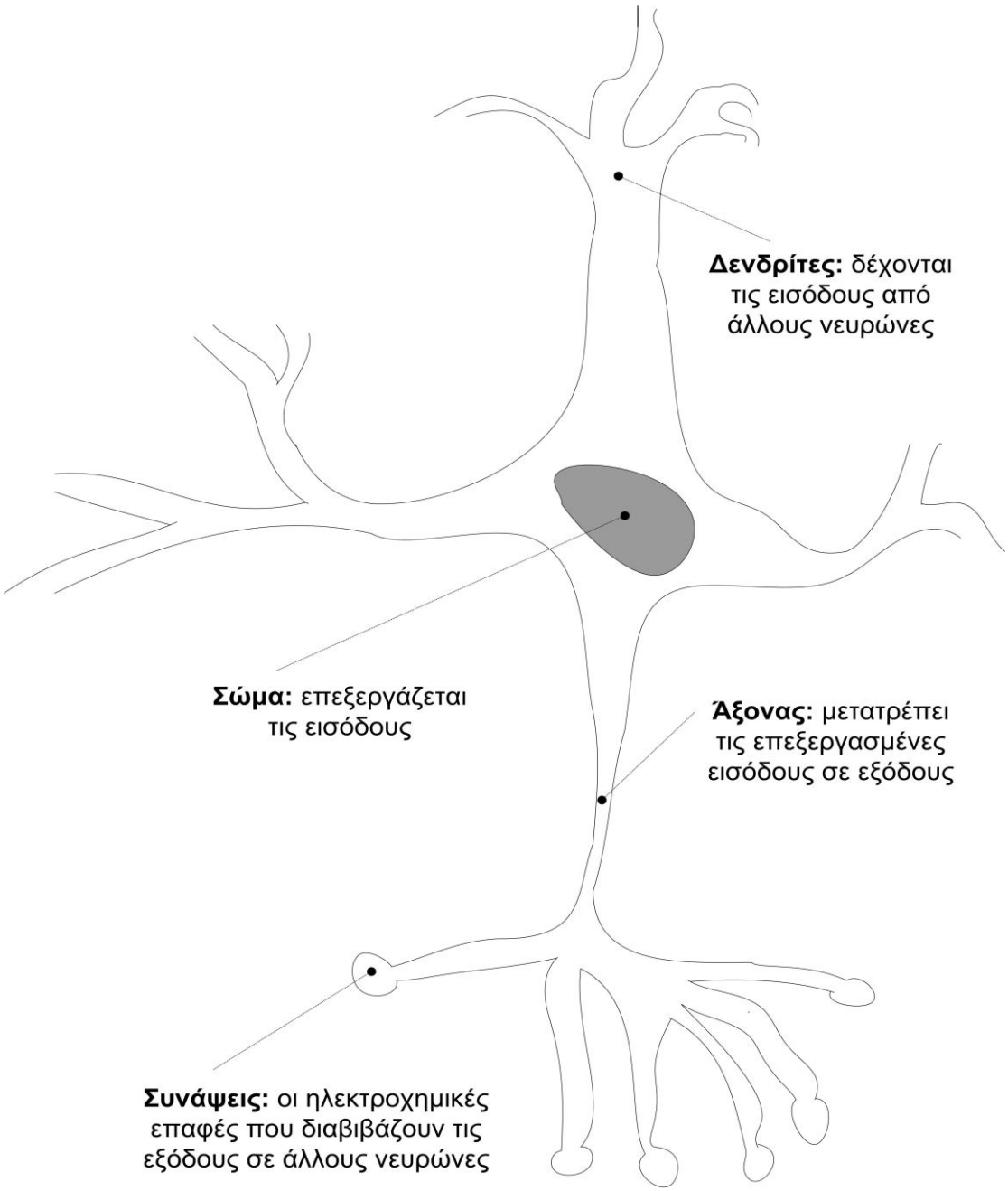
Η σύγχρονη κατανόηση του τρόπου λειτουργίας των βιολογικών νευρωνικών συστημάτων απέχει πολύ από το να μπορεί να θεωρηθεί πλήρης, αλλά αρκετά και σημαντικά στοιχεία έχουν ανακαλυφθεί κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος είναι ένα τεράστιο δίκτυο διασυνδεδεμένων νευρικών κυττάρων που ονομάζονται νευρώνες. Αποτελείται από περίπου 1011 νευρώνες που λειτουργούν ως υπολογιστικά στοιχεία και συνδέονται μεταξύ τους μέσω των συνάψεων.

Η βασική δομή ενός βιολογικού νευρώνα δίνεται σχηματικά στην παρακάτω εικόνα. Οι δενδρίτες αποτελούν τις εισόδους του νευρώνα και είναι οργανωμένοι σε δενδριτικά δένδρα. Κάθε νευρώνας είναι δυνατόν να διαθέτει περισσότερα του ενός δενδριτικά δένδρα. Οι δενδρίτες λαμβάνουν σήματα από τους άλλους νευρώνες μέσω των αξόνων, που έχουν μορφή μακριών ινών και παίζουν τον ρόλο γραμμών επικοινωνίας. Ο άξονας είναι μια μακριά κυλινδρική σύνδεση που μεταφέρει παλμούς από τον νευρώνα. Το καταληκτικό τμήμα του άξονα διαμοιράζεται σε πολλούς μικρότερους κλάδους συνδέσεων. Κάθε κλάδος καταλήγει σε μικρά εξογκώματα στο σχήμα βολβού που σχεδόν αγγίζουν τους δενδρίτες των γειτονικών νευρώνων. Το όργανο επαφής μεταξύ του δενδρίτη και του άξονα ονομάζεται σύναψη. Κάθε νευρώνας δέχεται περίπου 104 συναπτικές εισόδους από τους άξονες άλλων νευρώνων. Τα σήματα που φθάνουν στις συνάψεις και μεταβιβάζονται στους δενδρίτες είναι ηλεκτρικοί παλμοί, αλλά συνήθως επηρεάζονται από την απελευθέρωση χημικών διαβιβαστών από την σύναψη. Έτσι λοιπόν οι συνάψεις εκκρίνουν νευροδιαβιβαστές που επηρεάζουν τον νευρώνα που λαμβάνει το σήμα, ο οποίος είτε παράγει ένα παλμό στον άξονά του είτε δεν παράγει καμία απόκριση.

Ο νευρώνας έχει την δυνατότητα της απόκρισης στο σύνολο των εισόδων, που αθροίζονται μέσα σε ένα μικρό χρονικό διάστημα. Η απόκριση του νευρώνα θα

παραχθεί εάν το συνολικό ηλεκτρικό φορτίο της μεμβράνης του κυττάρου φθάσει σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο.

Συγκεκριμένα, το σώμα του κυττάρου θα δημιουργήσει ένα παλμό απόκρισης και θα τον μεταβιβάσει στον άξονα μόνο εάν ικανοποιούνται ορισμένες απαραίτητες προϋποθέσεις.



Εικόνα 5. Ο Βιολογικός Νευρώνας. Πηγή: Ζαπράνης, 2005.

Οι εισερχόμενοι παλμοί μπορεί όπως είδαμε είτε να διεγείρουν το σώμα είτε να καταστείλουν την απόκρισή του. Θα πρέπει λοιπόν το σύνολο της διέγερσης να υπερβαίνει το σύνολο της καταστολής κατά ένα συγκεκριμένο ποσό που ονομάζεται κατώφλι και είναι της τάξης των 40mV.

Επειδή μία σύναψη προκαλεί διεγερτικές ή κατασταλτικές αντιδράσεις στον νευρώνα που λαμβάνει τον παλμό, είναι πρακτικό να δίνουμε μοναδιαίες θετικές ή αρνητικές αντίστοιχα τιμές βαρών σε τέτοιες συνδέσεις. Ανακεφαλαιώνοντας ο νευρώνας διεγείρεται και παράγει ένα παλμό, όταν το σύνολο των βαρών των σημάτων που λαμβάνει μέσα σε ένα μικρό χρονικό διάστημα υπερβαίνει την τιμή κατωφλίου.

Οι εισερχόμενοι στον νευρώνα παλμοί μπορούν να δημιουργηθούν από έναν γειτονικό νευρώνα αλλά και από τον ίδιο τον νευρώνα. Συνήθως, απαιτείται ένας συγκεκριμένος αριθμός από εισερχόμενους παλμούς για να ενεργοποιήσει το κύτταρο στόχο. Οι παλμοί που δεν απέχουν πολύ χρονικά ή καταφθάνουν συγχρονισμένα έχουν περισσότερες πιθανότητες να ενεργοποιήσουν το κύτταρο. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, έχει παρατηρηθεί ότι τα βιολογικά δίκτυα εκτελούν προσωρινή ολοκλήρωση και άθροιση των εισερχόμενων σημάτων. Η επεξεργασία των σημάτων που εκτελείται από ένα φυσικό νευρωνικό δίκτυο είναι μία περίπλοκη διαδικασία και πολύ λιγότερο δομημένη από ότι η δυαδική υπολογιστική διαδικασία. Οι νευρωνικοί παλμοί δεν είναι χρονικά συγχρονισμένοι, σε αντίθεση με τους υπολογισμούς που εκτελούν οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές. Ένα χαρακτηριστικό του βιολογικού νευρώνα είναι ότι τα σήματα που παράγονται δεν διαφέρουν πολύ στο μέγεθος. Το σήμα είτε απουσιάζει από την νευρική ίνα είτε λαμβάνει μία μέγιστη τιμή. Με άλλα λόγια η πληροφορία μεταδίδεται μεταξύ των νευρικών κυττάρων με την μορφή δυαδικών σημάτων.

Αφού ο άξονας μεταφέρει έναν παλμό, μετά βρίσκεται σε μία κατάσταση πλήρους αποδιέγερσης, η οποία διαρκεί περίπου 1-2 χιλιοστά του δευτερολέπτου. Σ' αυτό το διάστημα ο νευρώνας δεν μπορεί να εκπέμψει άλλον παλμό, ανεξάρτητα με την διαφορά δυναμικού που έχει αναπτυχθεί. Αυτό σημαίνει ότι η μέγιστη συχνότητα των εκπεμπόμενων παλμών είναι της τάξης των 500-1.000 παλμών ανά δευτερόλεπτο. Ανάλογα όμως με το είδος του νευρώνα, η μέγιστη συχνότητα των

εκπεμπόμενων παλμών μπορεί να είναι σημαντικά χαμηλότερη, έως και 30-50 παλμοί ανά δευτερόλεπτο.

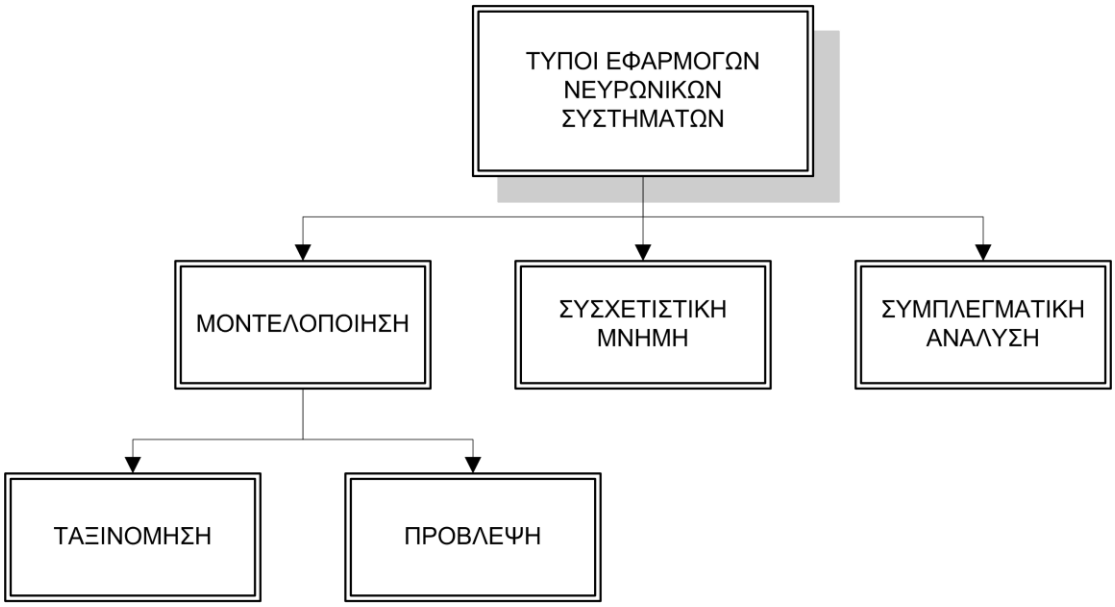
Από την οπτική γωνία της νευροβιολογίας η παραπάνω συζήτηση είναι εξαιρετικά υπεραπλουστευμένη, αλλά μας βοηθά να κατανοήσουμε τις βασικές αρχές του «βιολογικού υπολογισμού». Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα τα οποία και εξετάζουμε σε αυτό την εργασία είναι ασύγκριτα απλούστερα από το βιολογικό τους ανάλογο, εξακολουθούν όμως να εμπνέονται από τις ίδιες υπολογιστικές αρχές. (*Ζαπράνης,2005*)

Τύποι Εφαρμογών Νευρωνικών Συστημάτων

Οι διάφοροι τύποι νευρωνικών συστημάτων χρησιμοποιούνται με σημαντική επιτυχία σε τρεις κυρίως τύπους εφαρμογών: α) μοντελοποίηση για ταξινόμηση και πρόβλεψη, β) συσχετιστική μνήμη και γ) συμπλεγματική ανάλυση (*Hawley et al,1996*).

Η ταξινόμηση περιλαμβάνει την ανάθεση των διανυσμάτων ενός δείγματος σε προκαθορισμένες ομάδες ή κλάσεις, στη βάση της ανακάλυψης από το νευρωνικό δίκτυο κανονικοτήτων που υφίστανται στο δείγμα. Το νευρωνικό δίκτυο είναι γενικά σε θέση να ταξινομήσει σωστά τα διανύσματα του δείγματος, ακόμη και εάν το δείγμα είναι ατελές ή έχει «φθαρεί» από την προσθήκη θορύβου. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιου είδους εφαρμογών είναι η οπτική αναγνώριση χειρόγραφων χαρακτήρων και η αναγνώριση υποθαλάσσιων στόχων από ένα sonar.

Στη χρηματοοικονομική, ένα παράδειγμα εφαρμογής ταξινόμησης θα μπορούσε να είναι η ομαδοποίηση ομολόγων, στη βάση κανονικοτήτων στα χρηματοοικονομικά δεδομένα του εκδότη, σε κατηγορίες που αντιστοιχούν στη διαβάθμιση που δίνεται από μία εξειδικευμένη εταιρεία.



Εικόνα 6. Τύποι Εφαρμογών Νευρωνικών Συστημάτων. Πηγή: Ζαπράνης, 2005.

Άλλα παραδείγματα είναι η έγκριση χορήγησης πιστώσεων (η απόφαση του ποιος λαμβάνει και πόση πίστωση), επιλογή μετοχών (ταξινόμηση στη βάση της προβλεπόμενης απόδοσης), αυτοματοποιημένα συστήματα συναλλαγών κτλ.

Η πρόβλεψη αφορά στην ανάπτυξη μαθηματικών σχέσεων μεταξύ μερικών συνεχών μεταβλητών εισόδου και τυπικά μιας, αν και μπορεί να είναι και περισσότερες, μεταβλητής εξόδου. Οι κλασσικές προσεγγίσεις τις οποίες επεκτείνουν τα νευρωνικά συστήματα περιλαμβάνουν τεχνικές γραμμικής και πολυωνυμικής παλινδρόμησης, αυτό-παλινδρομικούς κινητούς μέσους όρους (ARMA και ARIMA) και Box-Jenkins. Οι εφαρμογές ταξινόμησης και πρόβλεψης είναι οι πλέον πολυπληθείς χρηματοοικονομικών εφαρμογών των νευρωνικών δικτύων.

Στις εφαρμογές συσχετιστικής μνήμης ο στόχος είναι η παραγωγή μιας εξόδου που αντιστοιχεί στην επιθυμητή κλάση, δεδομένου κάποιου διανύσματος εισόδου που παρουσιάζεται στο νευρωνικό δίκτυο και καθορίζει ποια είναι η έξοδος που θα παραχθεί. Για παράδειγμα, το διάνυσμα εισόδου μπορεί να είναι μία ψηφιοποιημένη εικόνα ενός δακτυλικού αποτυπώματος και η επιθυμητή έξοδος η ανακατασκευή ολόκληρου του αποτυπώματος.

Η συμπλεγματική ανάλυση χρησιμοποιείται για να ομαδοποιήσει ένα μεγάλο αριθμό ποικίλων εισόδων, κάθε μία από τις οποίες όμως έχει κάποια στοιχεία ομοιότητας με άλλες εισόδους. Είναι χρήσιμη για την συμπίεση ή το φιλτράρισμα

δεδομένων, δίχως την απώλεια σημαντικού τμήματος της πληροφορίας. Ένα παράδειγμα, θα μπορούσε να είναι η δημιουργία συμπλεγμάτων εταιρικών ομολόγων που αντιστοιχούν σε ομογενείς κλάσεις κινδύνου στη βάση δεδομένων από τις χρηματοοικονομικές καταστάσεις. Σ' αυτή την περίπτωση ο αριθμός και η σύνθεση των κλάσεων θα προσδιορισθεί από το νευρωνικό δίκτυο, και όχι από τον χρήστη. Η διαφορά από την ταξινόμηση είναι ότι η κατηγορίες δεν είναι προκαθορισμένες. (*Ζαπράνης, 2005*)

Εφαρμογές Νευρωνικών Συστημάτων Στη Χρηματοοικονομική Μηχανική

Τα νευρωνικά δίκτυα χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων σε ένα μεγάλο εύρος χρηματοοικονομικών εφαρμογών. Εδώ και πολλά χρόνια χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της πιστοληπτικής ικανότητας, εκτίμηση του κινδύνου ενυπόθηκων δανείων, διαχείριση έργου και στρατηγικές υποβολής προσφορών, χρηματοοικονομική και οικονομική πρόβλεψη, εκτίμηση του κινδύνου επενδύσεων σε προϊόντα σταθερού εισοδήματος που διαπραγματεύονται στο χρηματιστήριο, εντοπισμός κανονικοτήτων στις μεταβολές των τιμών των χρεογράφων, πρόβλεψη της αθέτησης της εκπλήρωσης της υποχρέωσης εξόφλησης δανείου και πρόβλεψη πτώχευσης. Άλλες δυνητικές εφαρμογές που χρίζουν περαιτέρω έρευνας είναι η επιλογή χαρτοφυλακίου και διασπορά επενδυτικού κινδύνου, η προσομοίωση της συμπεριφοράς της αγοράς, κατασκευή χρηματιστηριακών δεικτών, η αναγνώριση επεξηγηματικών οικονομικών παραγόντων και η αναγνώριση κανονικοτήτων και σχηματισμών στις βάσεις χρηματοοικονομικών και οικονομικών δεδομένων (*Medsker et al, 1996*). Στη συνέχεια δίνονται ενδεικτικά παραδείγματα εφαρμογών των νευρωνικών συστημάτων

από τις εταιρείες, τα χρηματοοικονομικά ιδρύματα και τους επαγγελματίες επενδυτές σε όλο το φάσμα των λειτουργιών της χρηματοοικονομικής μηχανικής.

Ενδεικτικές εφαρμογές των νευρωνικών συστημάτων στη χρηματοοικονομική διοίκηση επιχειρήσεων είναι η μοντελοποίηση της χρηματοοικονομικής δομής, όπου τα νευρωνικά συστήματα χρησιμοποιούνται για την δημιουργία μοντέλων των διάφορων τμημάτων του εταιρικού χρηματοοικονομικού περιβάλλοντος και οι εξαγορές και συγχωνεύσεις, όπου τα νευρωνικά συστήματα χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση μιας τιμής για τους στόχους εξαγορών και συγχωνεύσεων, στη βάση χρηματοοικονομικής πληροφόρησης για τον στόχο (*Sen et al, 1995*).

Ενδεικτικές εφαρμογές των νευρωνικών συστημάτων στη διαπραγμάτευση αξιόγραφων δίνονται από τους Trippi και Turban (1993), DeBoeck (1992, 1994), Lisboa και Taylor (1994), Refenes (1995), Zapranis & Refenes (1999). Μεταξύ των πολυάριθμων εφαρμογών, αξιοσημείωτες είναι αυτές σε ομόλογα από τους Dutta και Shashi (1999) και Moody & Utans (1992), σε μετοχές από τους White (1998), Schoenenburg (1990) και σε συναλλαγματικές ισοτιμίες από τους Weigend et al (1991).

Ενδεικτικές εφαρμογές των νευρωνικών συστημάτων στη διαχείριση επενδύσεων αποτελούν η διαχείριση χαρτοφυλακίου (που δεδομένης της μη δομημένης φύσης της διαδικασίας λήψης αποφάσεων των διαχειριστών χαρτοφυλακίου, της αβεβαιότητας του οικονομικού περιβάλλοντος και της ποικιλότροπης πληροφόρησης που εμπλέκεται στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, αποτελεί μία κατ' εξοχήν κατάλληλη περιοχή ανάπτυξης εφαρμογών νευρωνικών συστημάτων), ο προσδιορισμός της τιμής εισαγωγής στη χρηματιστηριακή αγορά, η επιλογή μετοχών, και η θεμελιώδης ανάλυση (όπου δεδομένης της τεράστιας ποσότητας πληροφόρησης που εμπλέκεται στην ανάλυση για κάθε εταιρεία σε κάθε χρονική στιγμή, οι δυνατότητες παράλληλης επεξεργασίας των νευρωνικών δικτύων προσφέρουν ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα).

Ενδεικτικές εφαρμογές των νευρωνικών συστημάτων στη διαχείριση χρηματοοικονομικών κινδύνων αποτελούν: η αξιολόγηση κινδύνου απάτης και πιστωτικού κινδύνου (Reily, 1995; Beshinske, 1995), τα συστήματα αποφάσεων λογιστικής (Caden, 1995), η πρόβλεψη πτώχευσης βάσει δεδομένων λογιστικών καταστάσεων, και ο έλεγχος χρηματοοικονομικών καταστάσεων (Curet, Killin, 1995). (*Ζαπράνης, 2005*)

ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Μεθοδολογία Και Περιγραφή Δεδομένων

Σ' αυτό το κομμάτι της εργασίας περιγράφονται τα διαθέσιμα δεδομένα και παρουσιάζονται τα κύρια στατιστικά αποτελέσματα της εξαρτημένης μεταβλητής μας, δηλαδή των τιμών και των αποδόσεων του αργού πετρελαίου τύπου Αμερικής (WTI). Επίσης περιγράφονται οι απαραίτητες μετατροπές που έγιναν στις ανεξάρτητες μεταβλητές μας.

Το σύνολο των δεδομένων της εργασίας αποκτήθηκε από τον ηλεκτρονικό ιστότοπο του αμερικανικού υπουργείου ενέργειας (US Department of Energy: http://www.eia.gov/) εκτός από, τη συναλλαγματική ισοτιμία Ευρώ/Δολαρίου και τις τιμές του WTI τα οποία αποκτήθηκαν από την βάση δεδομένων Bloomberg. Η εξαρτημένη μας μεταβλητή όπως αναφέρθηκε είναι οι τιμές του πετρελαίου της Βόρειας Αμερικής που εξάγεται στο Τέξας. Πιο συγκεκριμένα η εξαρτημένη μας μεταβλητή μετά από μετατροπή αποτελείται από τις μηνιαίες λογαριθμικές αποδόσεις του WTI. Το χρονικό διάστημα που εξετάζεται για όλες τις μεταβλητές μας είναι από τον Ιανουάριο του 1994 έως και τον Δεκέμβριο του 2014, λαμβάνοντας υπόψη την τιμή κλεισίματος του κάθε μήνα.

Όπως αναφέρθηκε και στη βιβλιογραφική ανασκόπηση διάφορα μοντέλα προτείνονται για την πρόβλεψη των τιμών ή των αποδόσεων του πετρελαίου στη διεθνή βιβλιογραφία. Τα αρχικά μοντέλα χρησιμοποιούσαν ως ανεξάρτητες μεταβλητές την παραγωγή και την κατανάλωση του πετρελαίου. Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν μεταβλητές όπως πετρελαϊκά αποθέματα του ΟΠΕΚ και του ΟΟΣΑ, συναλλαγματικές ισοτιμίες, χρηματιστηριακοί δείκτες, μακροοικονομικοί παράγοντες. Πρόσφατα παρατηρήθηκε και η μεγάλη επιρροή που ασκούν διάφορα άλλα γεγονότα όπως για παράδειγμα η αυξανόμενη κινεζική ζήτηση για πετρέλαιο ή τα συμβόλαια futures που διαπραγματεύονται στα διεθνή χρηματιστήρια.

Στη συγκεκριμένη έρευνα εξετάζονται 16 ανεξάρτητες μεταβλητές. Πολλές από αυτές έχουν προταθεί από παλαιότερες έρευνες, αλλά όχι με τις τιμές τους να φτάνουν μέχρι τα τέλη του 2014. Για την πλήρη κατανόηση όλων των μεταβλητών,

παρουσιάζονται διαγραμματικά στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α στο τέλος της εργασίας. Ένας από τους σκοπούς της εργασίας λοιπόν είναι και η εξέταση της σημαντικότητας στην πρόβλεψη των τιμών του πετρελαίου, των διαφόρων μεταβλητών που προτείνονται στη βιβλιογραφία.

Μια σημαντική παρατήρηση που πρέπει να γίνει σ' αυτό το σημείο είναι ότι κάποιες μεταβλητές σαφώς και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν μαζί λόγω των περιορισμών του γραμμικού συνδυασμού, όπως η παγκόσμια παραγωγή (WPROD) ισούται με την παραγωγή του ΟΠΕΚ (OPPROD) συν τη ΜΗ-ΟΠΕΚ παραγωγή (NOPPROD).

Οι μεταβλητές, εξαρτημένη και ανεξάρτητες είναι:

- WTC: τιμές πετρελαίου WTI
- EUCUR: συναλλαγματική ισοτιμία Ευρώ/Δολάριο
- SPX: τιμές δείκτη S&P 500
- NGP: τιμές φυσικού αερίου
- PPI: δείκτης τιμών παραγωγού
- CPI: δείκτης τιμών καταναλωτή
- IPI: βιομηχανικός δείκτης τιμών
- NYSE: τιμές δείκτη χρηματιστηρίου Νέας Υόρκης
- UPROD: παραγωγή πετρελαίου στην Αμερική
- IMPORTS: εισαγωγές πετρελαίου στην Αμερική
- USTOCKS: αποθέματα πετρελαίου στην Αμερική
- UCONSUM: κατανάλωση πετρελαίου στην Αμερική
- OECONSUM: κατανάλωση πετρελαίου στις χώρες του ΟΟΣΑ
- OPPROD: παραγωγή πετρελαίου από τις χώρες του ΟΠΕΚ
- WPROD: παγκόσμια παραγωγή πετρελαίου
- NOPPROD: παραγωγή πετρελαίου από ΜΗ-ΟΠΕΚ χώρες
- OESTOCKS: αποθέματα πετρελαίου από τις χώρες του ΟΟΣΑ

Όλες οι μεταβλητές μας αρχικά ελέγχθηκαν για Μοναδιαία Ρίζα (Unit Root) χρησιμοποιώντας το Phillip-Perron test με τη βοήθεια του MATLAB (παράδειγμα κώδικα στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ). Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τα αποτελέσματα συγκεντρωμένα και η μη-στασιμότητα στο μέσο είναι ένα πρόβλημα για όλες σχεδόν τις μεταβλητές, όπως φαίνεται στην δεύτερη στήλη. Αυτές οι μεταβλητές τροποποιήθηκαν με τη μέθοδο των πρώτων διαφορών (first differences). Οι πρώτες διαφορές όπως φαίνεται στην τέταρτη στήλη έλυσαν το πρόβλημα της μη-στασιμότητας. Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β παρουσιάζονται οι νέες αλλαγμένες μεταβλητές τις οποίες και θα χρησιμοποιήσουμε στη συνέχεια. Για να ξεχωρίσουμε τις παλιές με τις τροποποιημένες χρησιμοποιούμε ένα γράμμα d μπροστά από το όνομα των παλιών μεταβλητών και ονομάζουμε τις πρώτες διαφορές τους (dNYSE, dIPI, κτλ.).

Πίνακας 2. Αποτελέσματα Phillip-Perron Test.

	ΜΟΝΑΔΙΑΙΑ ΡΙΖΑ	**P-VALUE**	**ΠΡΩΤΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ**	**P-VALUE**	**Dwstat**
EUCUR	ΝΑΙ	0,687	ΌΧΙ	0,001	1,997
SPX	ΝΑΙ	0,911	ΌΧΙ	0,001	1,996
NGP	ΝΑΙ	0,125	ΌΧΙ	0,001	2,000
PPI	ΝΑΙ	0,723	ΌΧΙ	0,001	2,080
CPI	ΝΑΙ	0,619	ΌΧΙ	0,001	1,796
IPI	ΝΑΙ	0,706	ΌΧΙ	0,001	2,072
NYSE	ΝΑΙ	0,622	ΌΧΙ	0,001	1,993
UPROD	ΝΑΙ	0,999	ΌΧΙ	0,001	2,028
IMPORTS	ΝΑΙ	0,059	ΌΧΙ	0,001	2,071
USTOCKS	ΝΑΙ	0,316	ΌΧΙ	0,001	2,092
UCONSUM	ΌΧΙ	0,003	ΌΧΙ	0,001	2,237
OECONSUM	ΌΧΙ	0,001	ΌΧΙ	0,001	2,173
OPPROD	ΝΑΙ	0,104	ΌΧΙ	0,001	2,003
WPROD	ΝΑΙ	0,056	ΌΧΙ	0,001	2,021
NOPPROD	ΌΧΙ	0,049	ΌΧΙ	0,001	2,041
OESTOCKS	ΝΑΙ	0,091	ΌΧΙ	0,001	2,023

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία (descriptive statistics) τόσο των αρχικών μεταβλητών (Πίνακας 3), όσο και των τροποποιημένων μεταβλητών (Πίνακας 4). Τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία υπολογίστηκαν με τη βοήθεια του Eviews (παράδειγμα υπολογισμού στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ).

Πίνακας 3. Περιγραφικά Στατιστικά Στοιχεία για Αρχικές Μεταβλητές.

	Mean	Median	St. Dev.	Max.	Min.	Skewness	Kurtosis
EUCUR	1,2238	1,2668	0,1670	1,5788	0,8453	-0,5017	2,6569
SPX	1154,0577	1177,1850	351,0370	2067,6000	444,2700	0,0005	3,0628
NGP	4,4069	3,8935	2,4041	13,9210	1,3540	1,3432	4,9689
PPI	174,9686	160,3500	44,3788	263,0000	114,5000	0,3677	1,7321
CPI	191,7075	189,0000	27,9374	237,7530	146,3000	0,0739	1,6754
IPI	157,7036	147,7500	30,6095	209,5000	118,7000	0,3506	1,5433
NYSE	6696,0680	6692,5400	2086,1528	11046,0000	2592,3000	-0,0800	2,5042
UPROD	6009,0158	5803,5000	885,3242	9320,0000	3980,0000	1,3469	5,4006
IMPORTS	8760,0357	8835,0000	1114,8788	10744,0000	5835,0000	-0,3484	2,1889
USTOCKS	1668,1547	1657,0000	109,8181	1862,0000	1460,0000	0,0302	1,8380
UCONSUM	19308,5595	19185,0000	982,4907	21666,0000	17142,0000	0,0786	2,3966
OECONSUM	47679,4206	47578,5000	2051,3711	52789,0000	42251,0000	0,1176	2,4216
OPPROD	29637,4484	30503,5000	2721,6724	33945,0000	24547,0000	-0,2777	1,6595
WPROD	70445,0992	72156,0000	4825,7874	79143,0000	60410,0000	-0,3391	1,9529
NOPPROD	40807,6508	41417,0000	2295,9283	46033,0000	35731,0000	-0,2379	2,4933
OESTOCKS	4047,9762	4058,5000	174,1456	4353,0000	3668,0000	-0,1465	1,8048

Πίνακας 4. Περιγραφικά Στατιστικά Στοιχεία για Τροποποιημένες Μεταβλητές.

	Mean	Median	St. Dev.	Max.	Min.	Skewness	Kurtosis
dEUCUR	0,0003	0,0023	0,0357	0,1280	-0,1366	-0,3177	4,6453
dSPX	6,2840	11,6100	48,9781	132,1600	-197,6100	-0,7654	4,2529
dNGP	0,0013	0,0300	0,8833	3,5870	-4,2340	-0,4177	8,6709
dPPI	0,5737	0,4000	3,6465	15,7000	-22,0000	-0,3934	10,0169
dCPI	0,3585	0,3460	0,5692	2,7000	-3,8420	-1,6177	16,6393
dIPI	0,3068	0,3000	2,0609	6,2000	-10,9000	-1,2925	10,0326
dNYSE	31,9323	66,0100	287,3755	773,3800	-1471,7000	-1,0479	6,0147
dUPROD	9,9721	4,0000	150,7443	757,0000	-1028,0000	-1,8092	20,5469
dIMPORTS	3,7171	18,0000	448,3867	1637,0000	-1877,0000	-0,1990	4,3715
dUSTOCKS	0,9442	4,0000	18,8838	43,0000	-78,0000	-0,6004	3,7931
dUCONSUM	1,9442	24,0000	521,1272	1859,0000	-1524,0000	0,0826	3,7547
dOECONSUM	6,0558	46,0000	1372,9533	3006,0000	-4859,0000	-0,2086	3,0478
dOPPROD	33,0637	37,0000	445,2833	1336,0000	-1803,0000	-0,4590	5,2988
dWPROD	71,7331	77,0000	561,0613	1939,0000	-1653,0000	-0,0955	3,6960
dNOPPROD	38,6693	24,0000	349,1249	1057,0000	-932,0000	0,0259	3,1741
dOESTOCKS	1,8725	6,0000	36,2806	118,0000	-158,0000	-0,4754	4,1281

Μέθοδος Αξιολόγησης Μοντέλων

Με τον όρο αξιολόγηση μοντέλου, εννοούμε την αξιολόγηση των δυνατοτήτων του στα πλαίσια της εφαρμογής για την οποία έχει εκτιμηθεί. Η αξιολόγηση του μοντέλου χρησιμοποιεί μετρήσεις της ακρίβειας της πρόβλεψης ή της ταξινόμησης που πραγματοποιεί το μοντέλο και το αξιολογεί στη βάση αυτών των μετρήσεων. Ο όρος ακρίβεια εκφράζει κάποια ποσοτικοποίηση της «εγγύτητας» μεταξύ των εξόδων του μοντέλου και των επιθυμητών τιμών «στόχων». Οι μετρήσεις ακρίβειας που χρησιμοποιούνται εδώ σχετίζονται με τη συνάρτηση σφάλματος που ελαχιστοποιείται κατά την εκτίμηση του μοντέλου. Το απλούστερο παράδειγμα τέτοιου είδους μέτρησης ακρίβειας, όταν η εκτίμηση του μοντέλου γίνεται ελαχιστοποιώντας τη συνάρτηση τετραγωνικού σφάλματος, είναι το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (MSE).

Οι πιο συνηθισμένες μετρήσεις της ακρίβειας της πρόβλεψης είναι τα MSE, RMSE, NMSE, MAE, MAPE.

Επιπλέον, χρήσιμη και άμεση πληροφόρηση μπορεί να προσφέρει η οπτική εξέταση ενός διαγράμματος διασποράς των προβλέψεων του μοντέλου και των στόχων. Ο στατιστικός έλεγχος υποθέσεων για τις τιμές του σταθερού όρου και της κλίσης της παλινδρόμησης των προβλέψεων του μοντέλου πάνω στους στόχους, μπορεί επίσης να προσφέρει χρήσιμη πληροφόρηση. Οι δείκτες POCID, IPOCID και POS αξιολογούν την ικανότητα πρόβλεψης μεταβολών. Αν και αυτού του είδους οι μετρήσεις μας δίνουν μία αρχική εικόνα των δυνατοτήτων του μοντέλου, από μόνες τους δεν επαρκούν για μια συνολική αξιολόγηση.

Μέσο τετραγωνικό σφάλμα (mean squared error - MSE):

$$\mathrm{MSE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(y_i - \hat{y}_i\right)^2$$

Τετραγωνική ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (root mean squared error - RMSE):

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(y_i - \hat{y}_i\right)^2} = \sqrt{\mathrm{MSE}}$$

Τυποποιημένο μέσο τετραγωνικό σφάλμα (normalized mean squared error – NMSE):

$$\mathrm{NMSE} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \overline{y})^2} \quad \text{όπου} \quad \overline{y} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i$$

Μέσο απόλυτο σφάλμα (mean absolute error – MAE):

$$\mathrm{MAE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|y_i - \hat{y}_i\right|$$

Μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα (mean absolute percentage error – MAPE):

$$\mathrm{MAPE} = \frac{100}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i}\right|$$

Πρόβλεψη της αλλαγής κατεύθυνσης (Prediction of Change in Direction – POCID):

$$\mathrm{POCID} = \frac{100}{n}\sum_{i=1}^{n} d_i$$

$$\text{όπου } d_i = \begin{cases} 1 & (y_i - y_{i-1})(\hat{y}_i - y_{i-1}) > 0 \\ 0 & (y_i - y_{i-1})(\hat{y}_i - y_{i-1}) \le 0 \end{cases}$$

Ανεξάρτητη πρόβλεψη της αλλαγής κατεύθυνσης (Independent Prediction of Change in Direction – IPOCID):

$$\mathrm{IPOCID} = \frac{100}{n}\sum_{i=1}^{n} d_i$$

$$\text{όπου } d_i = \begin{cases} 1 & (y_i - y_{i-1})(\hat{y}_i - \hat{y}_{i-1}) > 0 \\ 0 & (y_i - y_{i-1})(\hat{y}_i - \hat{y}_{i-1}) \le 0 \end{cases}$$

Πρόβλεψη πρόσημου (Prediction of Sign – POS):

$$\mathrm{POS} = \frac{100}{n}\sum_{i=1}^{n} d_i$$

$$\text{όπου } d_i = \begin{cases} 1 & y_i \cdot \hat{y}_i > 0 \\ 0 & y_i \cdot \hat{y}_i \le 0 \end{cases}$$

Για όλες τις εξισώσεις ισχύει:

$\hat{y}_i$: τιμές προβλέψεων

y_i : αρχικές τιμές ή τιμές στόχοι.

Γραμμικό Μοντέλο

Για να ληφθεί μια καλύτερη εικόνα της δυναμικής του αργού πετρελαίου, σ' αυτή την ενότητα γίνεται μια προσπάθεια δημιουργίας ενός γραμμικού μοντέλου για την πρόβλεψη των αποδόσεων των τιμών του. Σκοπός είναι η δημιουργία ενός απλού μοντέλου το οποίο χρησιμοποιώντας όσο το δυνατόν λιγότερες ανεξάρτητες μεταβλητές να πετυχαίνει την βέλτιστη προσέγγιση της εξαρτημένης μεταβλητής.

Για να το πετύχουμε αυτό χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος επιλογής μεταβλητών STEPWISE με τη βοήθεια του Eviews όπως και στην εργασία του Alexandridi (2008). Αρχικά το μοντέλο μας δεν είχε κανέναν παράγοντα. Οι συντελεστές και οι αντίστοιχες p-values για όλους τους παράγοντες υπολογίστηκαν σαν να ήταν η τελευταία μεταβλητή που εισάγεται στο μοντέλο. Στη συνέχεια η μεταβλητή με το μικρότερο p-value εισάγεται στο μοντέλο, αν βέβαια αυτό δεν ξεπερνά την τιμή που έχουμε βάλει ως όριο στη μέθοδο μας και αυτή είναι το 0,1 στη συγκεκριμένη περίπτωση. Τώρα το καινούριο μοντέλο επανεκτιμάται και υπολογίζονται νέα p-values. Αν κάποιο από τα νέα p-values μιας ήδη χρησιμοποιούμενης μεταβλητής είναι μεγαλύτερο του 0,1 τότε αυτή η μεταβλητή αφαιρείται από το μοντέλο.

Για να μπορέσει να εκτιμηθεί σωστότερα η προβλεπτική ικανότητα των γραμμικών μοντέλων δημιουργήσαμε 3 διαφορετικά μοντέλα χρησιμοποιώντας διαφορετικό αριθμό παρατηρήσεων από το δείγμα μας για πρόβλεψη εντός δείγματος και ένα μοντέλο για πρόβλεψη εκτός δείγματος. Τέλος και στις τέσσερεις περιπτώσεις η μέθοδος STEPWISE επαναλαμβάνεται από την αρχή.

Α) *Πλήρες Δείγμα (251 παρατηρήσεις): Εντός Δείγματος Πρόβλεψη*

Η μέθοδος STEPWISE στην πρώτη περίπτωση επέλεξε 5 από τις μεταβλητές μας:

Πίνακας 5. Stepwise Πλήρους Δείγματος.

Selection Summary
Added DIPI
Added DNGP
Added DNYSE
Added DOESTOCKS
Added DEUCUR

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης είναι:

Πίνακας 6. Παλινδρόμηση Πλήρους Δείγματος.

Dependent Variable: DWTC				
Method: Least Squares				
Sample (adjusted): 1994M02 2014M12				
Included observations: 251 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0,000474	0,005064	-0,093682	0,9254
DIPI	0,014699	0,002470	5,951204	0,0000
DNGP	0,020711	0,005811	3,563960	0,0004
DNYSE	0,000045	0,000019	2,357350	0,0192
DOESTOCKS	-0,000322	0,000140	-2,295756	0,0225
DEUCUR	0,350360	0,154373	2,269572	0,0241
R-squared	0,275619	Mean dependent var		0,004999
Adjusted R-squared	0,260836	S.D. dependent var		0,091646
S.E. of regression	0,078792	Akaike info criterion		-2,220398
Sum squared resid	1,521002	Schwarz criterion		-2,136124
Log likelihood	284,6599	Hannan-Quinn criter.		-2,186484
F-statistic	18,64399	Durbin-Watson stat		2,086627
Prob(F-statistic)	0.000000			

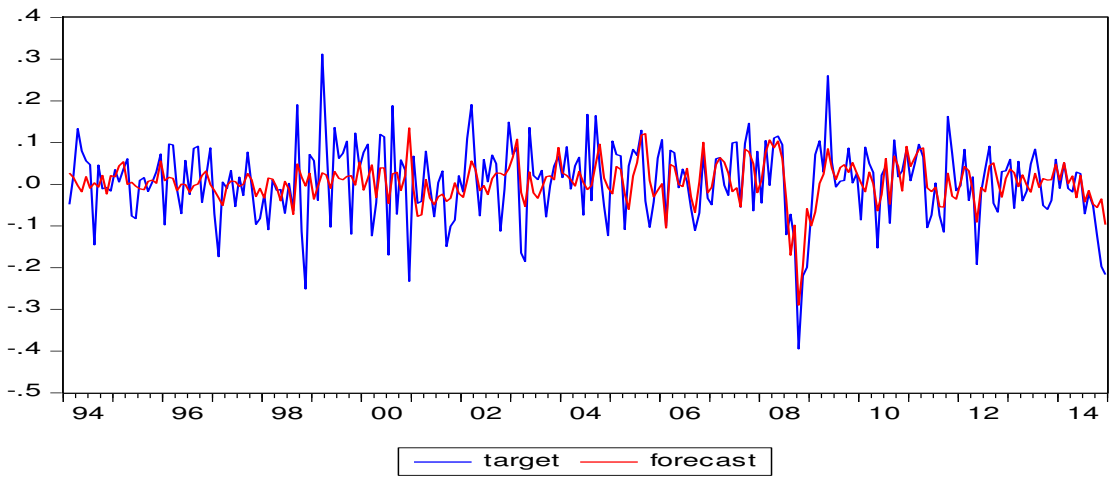
Οι δείκτες αξιολόγησης του μοντέλου μας είναι:

Πίνακας 7. Δείκτες Αξιολόγησης Πλήρους Δείγματος.

MAPE	150,4146
MAE	0,059907
RMSE	0,077845
NMSE	0,724380
MSE	0,006059
POCID	77,29%
IPOCID	62,15%
POS	61,35%

**Οι Δείκτες αναλύονται στην ενότητα Μέθοδος Αξιολόγησης Μοντέλων σελ.55*

Διάγραμμα 1. Διάγραμμα Πλήρους Δείγματος Γραμμικό Μοντέλο.



Β) *1-176 και 177-251: Εντός Δείγματος Προβλέψεις*

Στις πρώτες 176 παρατηρήσεις του δείγματος μας η μέθοδος STEPWISE μας έδωσε τις παρακάτω μεταβλητές:

Πίνακας 8. Stepwise 1-176.

Selection Summary
Added DNGP
Added DIPI
Added DOESTOCKS

Ενώ στις παρατηρήσεις 177-251 τις εξής:

Πίνακας 9. Stepwise 177-251.

Selection Summary
Added DNYSE
Added DCPI
Added DSPX

Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης για το πρώτο διάστημα είναι:

Πίνακας 10. Παλινδρόμηση 1-176.

Dependent Variable: DWTC				
Method: Least Squares				
Sample (adjusted): 1994M02 2008M09				
Included observations: 176 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0,005361	0,006439	0,832698	0,406200
DNGP	0,022502	0,006284	3,580559	0,000400
DIPI	0,011657	0,003517	3,314790	0,001100
DOESTOCKS	-0,000330	0,000164	-2,015593	0,045400
R-squared	0,147517	Mean dependent var		0,010744
Adjusted R-squared	0,132649	S.D. dependent var		0,088652
S.E. of regression	0,082563	Akaike info criterion		-2,128040
Sum squared resid	1,172470	Schwarz criterion		-2,055983
Log likelihood	191,2675	Hannan-Quinn criter.		-2,098814
F-statistic	9,921216	Durbin-Watson stat		2,221362
Prob(F-statistic)	0,000005			

Και για το δεύτερο:

Πίνακας 11. Παλινδρόμηση 177-251.

Dependent Variable: DWTC				
Method: Least Squares				
Sample: 2008M10 2014M12				
Included observations: 75				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0,018448	0,008557	-2,155838	0,034500
DNYSE	0,000363	0,000097	3,760233	0,000300
DCPI	0,054879	0,010230	5,364709	0,000000
DSPX	-0,001578	0,000655	-2,408459	0,018600
R-squared	0,580499	Mean dependent var		-0,008482
Adjusted R-squared	0,562774	S.D. dependent var		0,097602
S.E. of regression	0,064537	Akaike info criterion		-2,591292
Sum squared resid	0,295718	Schwarz criterion		-2,467693
Log likelihood	101,173500	Hannan-Quinn criter.		-2,541941
F-statistic	32,749590	Durbin-Watson stat		1,926781
Prob(F-statistic)	0,000000			

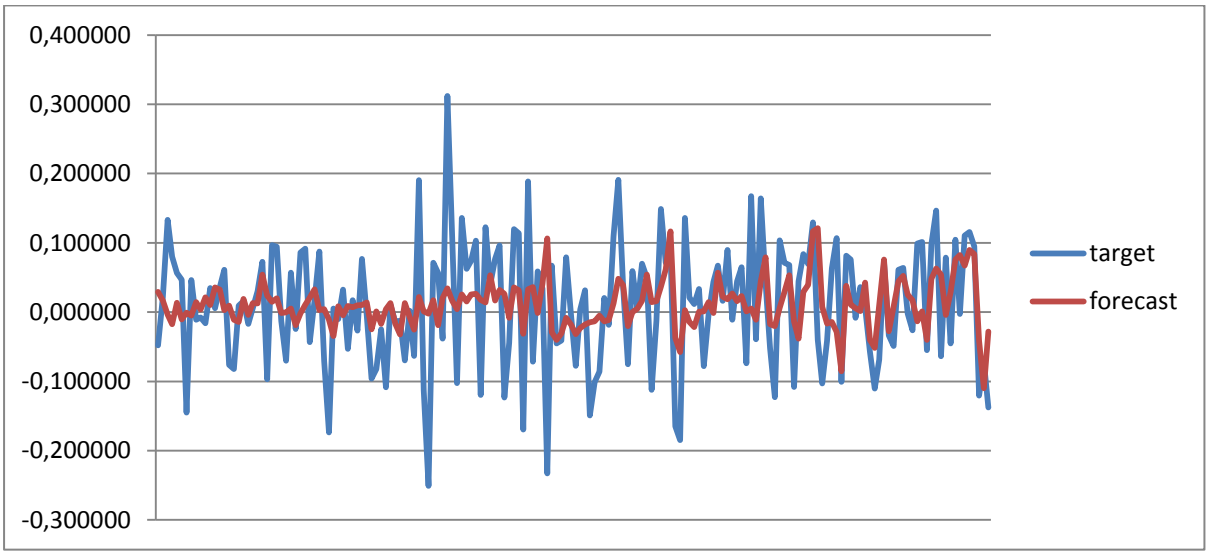
Τέλος οι δείκτες αξιολόγησης έχουν ως εξής:

1-176

Πίνακας 12. Δείκτες Αξιολόγησης 1-176.

MAPE	136,4669
MAE	0,062915
RMSE	0,081621
NMSE	0,852483
MSE	0,006662
POCID	77,27%
IPOCID	58,52%
POS	64,20%

Διάγραμμα 2. Διάγραμμα 1-176 Παρατηρήσεις Γραμμικό Μοντέλο.



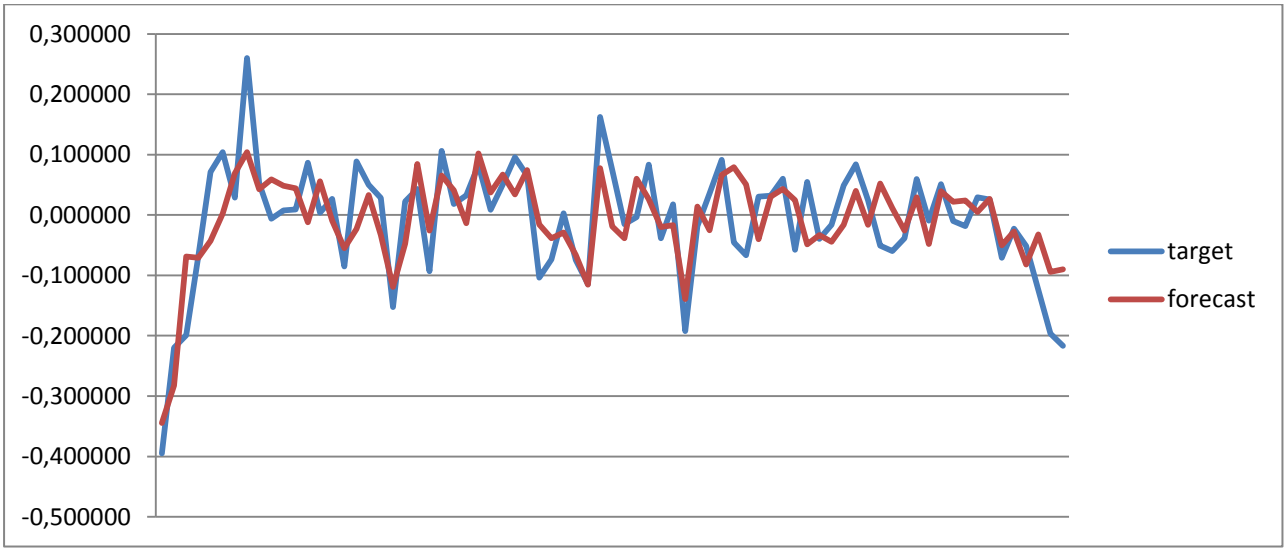
177-251

Πίνακας 13. Δείκτες Αξιολόγησης 177-251.

MAPE	178,0453
MAE	0,051074
RMSE	0,062793
NMSE	0,419501
MSE	0,003943
POCID	80,00%
IPOCID	62,67%
POS	66,67%

**Οι Δείκτες αναλύονται στην ενότητα Μέθοδος Αξιολόγησης Μοντέλων σελ.55*

Διάγραμμα 3. Διάγραμμα 177-251 Παρατηρήσεις Γραμμικό Μοντέλο.



Γ) *1-176 Παρατηρήσεις Δείγματος 177-251 Πρόβλεψη: Προβλέψεις Εκτός Δείγματος*

Αφού χρησιμοποιούμε τις πρώτες 176 παρατηρήσεις η STEPWISE δίνει τις ίδιες μεταβλητές με την Β-1 περίπτωση δηλαδή:

Πίνακας 14. Stepwise 1-176.

Selection Summary

Added DNGP
Added DIPI
Added DOESTOCKS

Το ίδιο ισχύει και για τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης:

Πίνακας 15. Παλινδρόμηση 1-176.

Dependent Variable: DWTC				
Method: Least Squares				
Sample (adjusted): 1994M02 2008M09				
Included observations: 176 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0,005361	0,006439	0,832698	0,406200
DNGP	0,022502	0,006284	3,580559	0,000400
DIPI	0,011657	0,003517	3,314790	0,001100
DOESTOCKS	-0,000330	0,000164	-2,015593	0,045400
R-squared	0,147517	Mean dependent var		0,010744
Adjusted R-squared	0,132649	S.D. dependent var		0,088652
S.E. of regression	0,082563	Akaike info criterion		-2,128040
Sum squared resid	1,172470	Schwarz criterion		-2,055983
Log likelihood	191,2675	Hannan-Quinn criter.		-2,098814
F-statistic	9,921216	Durbin-Watson stat		2,221362
Prob(F-statistic)	0,000005			

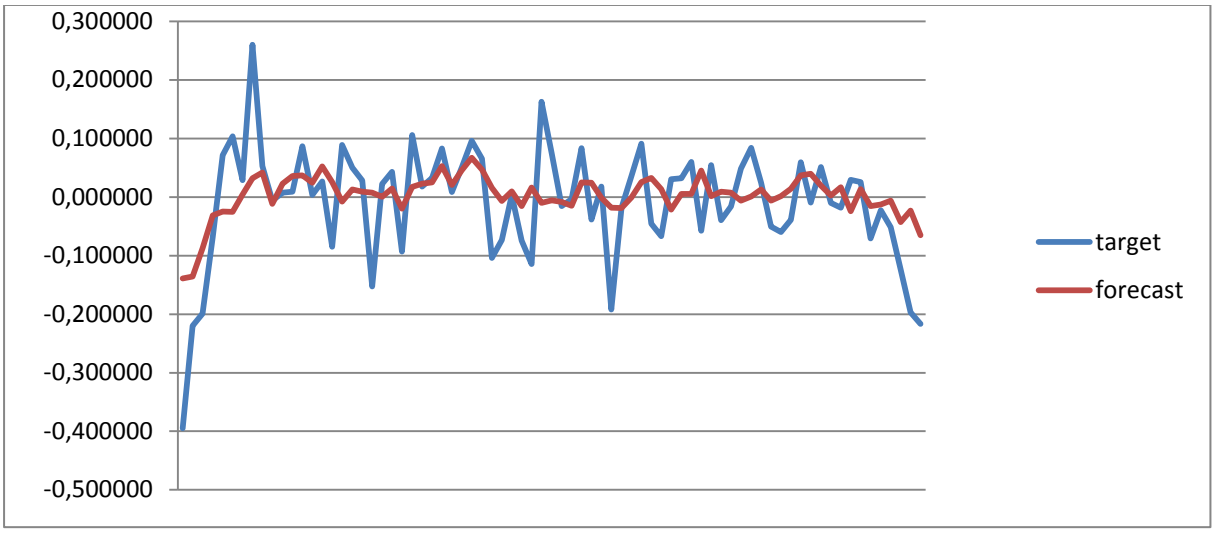
Οι δείκτες αξιολόγησης βέβαια είναι διαφορετικοί:

Πίνακας 16. Δείκτες Αξιολόγησης Εκτός Δείγματος.

MAPE	110,2251
MAE	0,059924
RMSE	0,080139
NMSE	0,683283
MSE	0,006422
POCID	77,33%
IPOCID	58,67%
POS	66,67%

**Οι Δείκτες αναλύονται στην ενότητα Μέθοδος Αξιολόγησης Μοντέλων σελ.55*

Διάγραμμα 4. Διάγραμμα Εκτός Δείγματος Γραμμικό Μοντέλο.



Σύνοψη Αποτελεσμάτων Γραμμικού Μοντέλου

Παρατηρώντας τις μεταβλητές που έχουν επιλεγεί από τη διαδικασία STEPWISE (Πίνακες 5,8,9,14) και συγκεκριμένα τα prob. τους στις παλινδρομήσεις (Πίνακες 6,10,11,15) βλέπουμε πως είναι μικρότερα του 0,05 για όλους τους συντελεστές πράγμα που αποδεικνύει την ισχυρή στατιστική σημαντικότητα των συντελεστών για όλα τα σενάρια μας.

Αρχικά στο πρώτο σενάριο (Full Sammple Πίνακες 5, 6, 7) βλέπουμε πως τα R^2=27.5% και adjusted R^2=26% είναι αρκετά μικρά πράγμα που αποδεικνύει όχι καλή εφαρμογή του μοντέλου μας στα δεδομένα. Ο δείκτης POCID από την άλλη μοιάζει αρκετά μεγάλος στο 77,29%, αλλά μετριάζεται από τους σημαντικά μικρότερους IPOCID και POS που δεν μας επιτρέπουν να κάνουμε ασφαλή πρόβλεψη της αλλαγής κατεύθυνσης και του πρόσημου των αποδόσεων μας.

Στο δεύτερο σενάριο μας (Πίνακες 10, 11, 12, 13), που εδώ πρέπει να αναφερθεί πως χωρίζεται έτσι το δείγμα μας ώστε να μοιράζεται η μεγάλη πτώση των τιμών του πετρελαίου το 2008 και στα δύο δείγματα, έχουμε ιδιαίτερα στο δεύτερο δείγμα σημαντικά βελτιωμένα αποτελέσματα με R^2=58% και adjusted R^2=56% και δείκτη POCID=80%. Πράγμα που μας επιτρέπει να αναφέρουμε πως υπάρχει κάποια προβλεπτική ικανότητα σε αυτό το κομμάτι.

Τέλος, στην πρόβλεψη εκτός δείγματος (Πίνακες 15, 16) αν και τα R^2 και adjusted R^2 είναι χαμηλά όπως και αναμενόταν λόγω της απλότητας του μοντέλου, βλέπουμε πως οι δείκτες πρόβλεψης αλλαγής κατεύθυνσης και πρόσημου είναι σε σχετικά καλά επίπεδα, όπως και οι δείκτες του απόλυτου και του τετραγωνικού σφάλματος.

Όλα τα παραπάνω φαίνονται ακόμα πιο ξεκάθαρα στα διαγράμματα που ακολουθούν τους πίνακες με τους δείκτες αξιολόγησης για κάθε σενάριο. Με μπλε γραμμή βλέπουμε τα πραγματικά μας δεδομένα, ενώ με κόκκινη την πρόβλεψη που έχει κάνει το μοντέλο μας.

Νευρωνικό Δίκτυο

Οι οικονομολόγοι συχνά αναφέρουν ότι μεταβολές στην παραγωγή του ΟΠΕΚ έχουν άμεση επίδραση στις τιμές του αργού πετρελαίου. Από την άλλη μεριά μια αύξηση στις τιμές οδηγεί σε μεταβολές στη ζήτηση. Παρ' όλα αυτά, αυτές οι μεταβλητές δεν επιλέχθηκαν από το γραμμικό μοντέλο στα παραπάνω σενάρια.

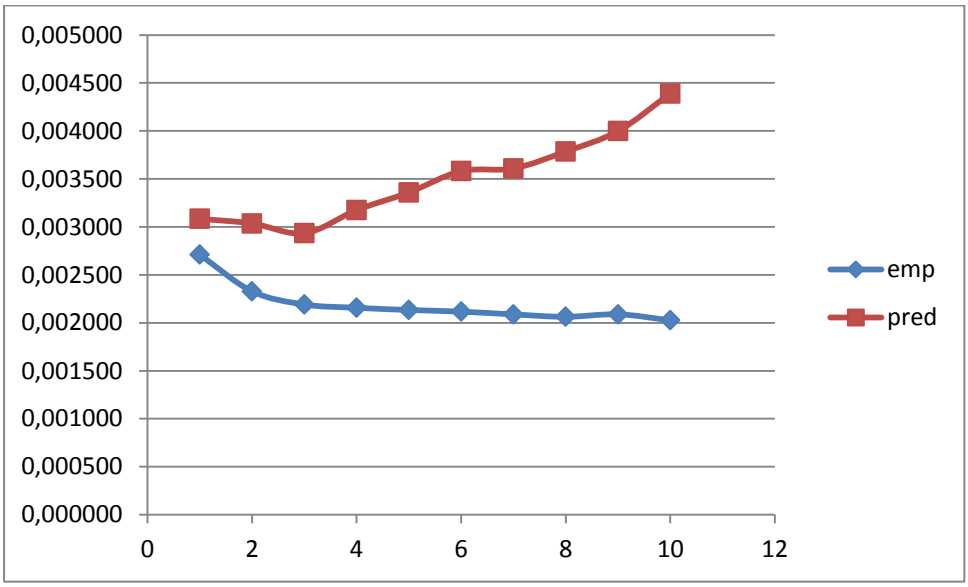
Τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν λοιπόν στην προηγούμενη ενότητα και η χαμηλή προβλεπτική ικανότητα του γραμμικού μοντέλου όπως παρουσιάζεται, οδηγούν στην χρήση μη γραμμικών μοντέλων.

Σ' αυτή την ενότητα χρησιμοποιείται ένα νευρωνικό δίκτυο το οποίο δημιουργήθηκε και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον υπεύθυνο καθηγητή της διπλωματικής κύριο Αχιλλέα Ζαπράνη. Εδώ παραθέτονται λοιπόν τα αποτελέσματα της προβλεπτικής ικανότητας του συγκεκριμένου νευρωνικού δικτύου πάνω στις αποδόσεις του αργού πετρελαίου τύπου (WTI) και γίνεται μια σύγκριση με αυτά του γραμμικού μοντέλου.

Για να πάρουμε όσο το δυνατόν αντικειμενικότερα αποτελέσματα από τη σύγκριση μας, θα χρησιμοποιηθούν οι ίδιες μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν και στο γραμμικό μοντέλο. Επίσης το δείγμα μας θα χωριστεί με τον ίδιο τρόπο σε δείγμα πρόβλεψης και δείγμα εκπαίδευσης.

Κατά την διαδικασία παραγωγής αποτελεσμάτων από το νευρωνικό δίκτυο υπάρχει πληθώρα πληροφοριών. Για την επιλογή των σωστών λοιπόν αποτελεσμάτων χρειάζεται πλήρης κατανόηση της δομής του, αλλά και καλές γνώσεις στατιστικής και οικονομετρίας, καθώς τα αποτελέσματα μπορούν εύκολα να παρερμηνευθούν. Ένα στοιχείο λοιπόν που πρέπει να αναφέρουμε σε αυτό το σημείο πριν την παράθεση των αποτελεσμάτων του νευρωνικού μας δικτύου είναι ο τρόπος με τον οποίο καταλήξαμε στα συγκεκριμένα αποτελέσματα. Αυτός δεν είναι άλλος από την μελέτη δύο πολύ σημαντικών στατιστικών μεγεθών. Αυτά είναι το εμπειρικό σφάλμα (empirical loss) και η αλγεβρική εκτίμηση του κινδύνου πρόβλεψης (prediction risk) ως συνάρτηση του αριθμού κρυφών μονάδων (hidden units) του νευρωνικού δικτύου μας.

Διάγραμμα 5. Διάγραμμα Εμπειρικού Σφάλματος και Πρόβλεψης Κινδύνου.



Στο παραπάνω διάγραμμα το οποίο αφορά την τελευταία μας περίπτωση αυτή δηλαδή της πρόβλεψης εκτός δείγματος φαίνεται ξεκάθαρα πως γίνεται η επιλογή του σωστού δικτύου. Βλέπουμε λοιπόν πως από την $3^{η}$ κρυφή μονάδα και μετά το εμπειρικό σφάλμα μεταβάλλεται οριακά ενώ ο κίνδυνος πρόβλεψης αυξάνεται σημαντικά. Αυτό λοιπόν το γεγονός μας καταδεικνύει πως τα σωστά αποτελέσματα για την συγκεκριμένη περίπτωση είναι αυτά του δικτύου με τις 3 κρυφές μονάδες. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται για όλες τις περιπτώσεις της εργασίας.

Α) *Πλήρες Δείγμα (251 παρατηρήσεις): Εντός Δείγματος Πρόβλεψη*

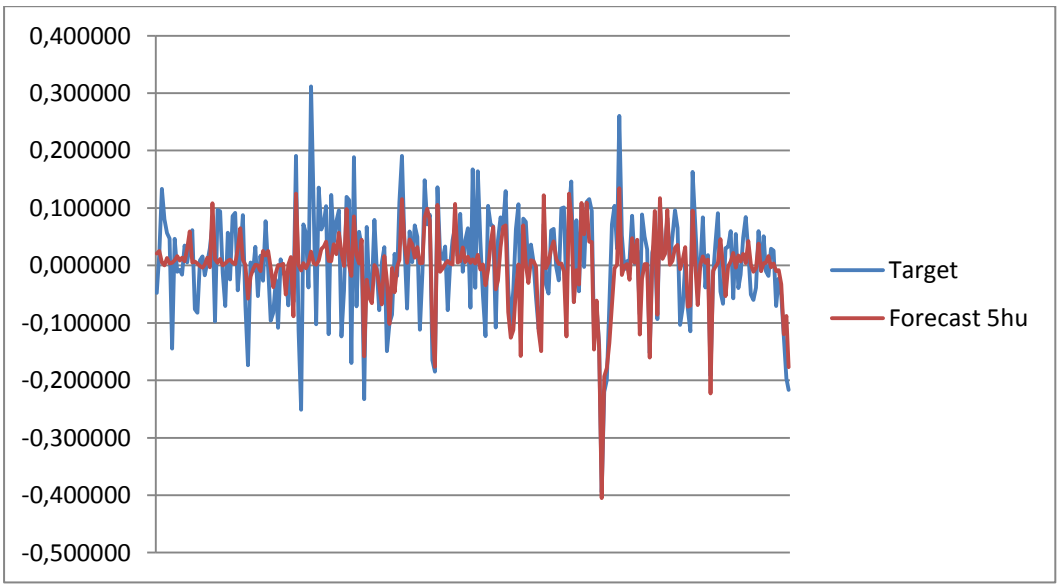
Οι δείκτες αξιολόγησης είναι:

Πίνακας 17. Δείκτες Αξιολόγησης Πλήρους Δείγματος Νευρωνικό Δίκτυο.

MAPE	118,2675
MAE	0,057966
RMSE	0,065558
NMSE	0,513755
MSE	0,004298
POCID	82,87%
IPOCID	65,34%
POS	69,72%
R-squared	0,487799
AdjustedR-squared	0,373585

**Οι Δείκτες αναλύονται στην ενότητα Μέθοδος Αξιολόγησης Μοντέλων σελ.55*

Διάγραμμα 6. Διάγραμμα Πλήρους Δείγματος Νευρωνικό Δίκτυο.



Β) *1-176 και 177-251: Εντός Δείγματος Προβλέψεις*

1 – 176

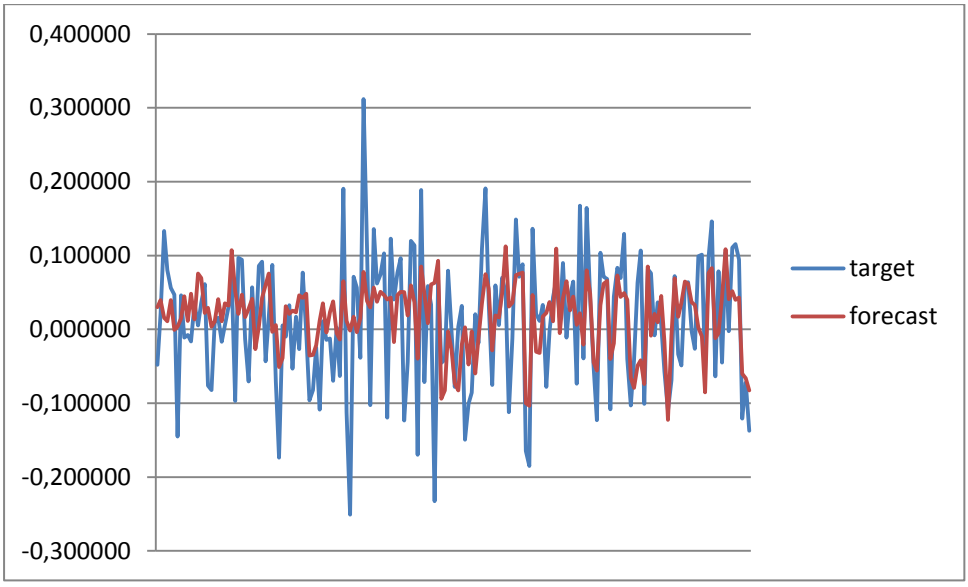
Οι δείκτες αξιολόγησης είναι:

Πίνακας 18. Δείκτες Αξιολόγησης 1-176 Νευρωνικό Δίκτυο.

MAPE	167,3932
MAE	0,084737
RMSE	0,075682
NMSE	0,732961
MSE	0,005728
POCID	77,84%
IPOCID	65,91%
POS	64,77%
R-squared	0,269651
Adjusted R-squared	0,148176

**Οι Δείκτες αναλύονται στην ενότητα Μέθοδος Αξιολόγησης Μοντέλων σελ.55*

Διάγραμμα 7. Διάγραμμα 1-176 Παρατηρήσεις Νευρωνικό Δίκτυο.



177-251

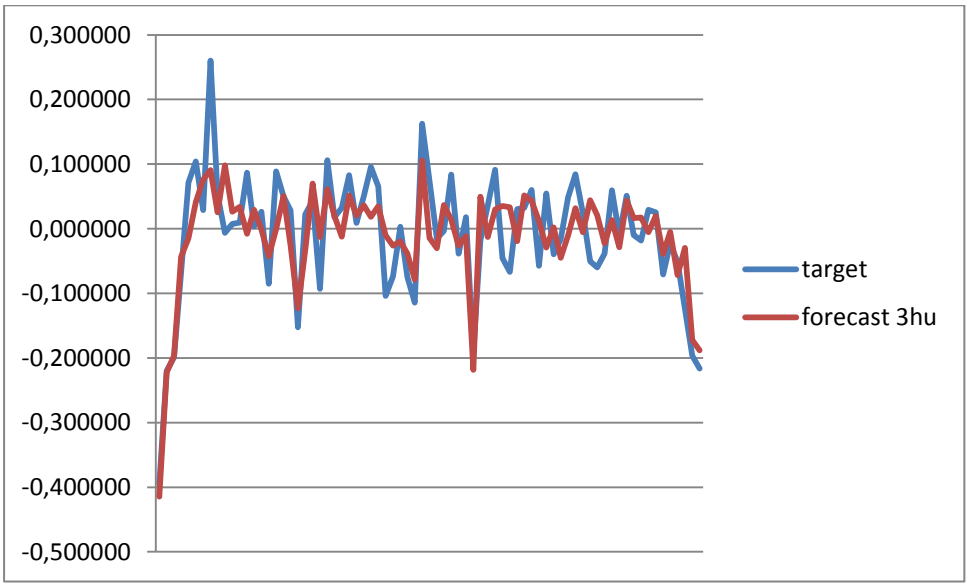
Οι δείκτες αξιολόγησης είναι:

Πίνακας 19. Δείκτες Αξιολόγησης 177-251 Νευρωνικό Δίκτυο.

MAPE	147,9726
MAE	0,054357
RMSE	0,054325
NMSE	0,313995
MSE	0,002951
POCID	82,67%
IPOCID	65,33%
POS	64,00%
R-squared	0,602342
Adjusted R-squared	0,497842

**Οι Δείκτες αναλύονται στην ενότητα Μέθοδος Αξιολόγησης Μοντέλων σελ.55*

Διάγραμμα 8. Διάγραμμα 177-251 Παρατηρήσεις Νευρωνικό Δίκτυο.



Γ) *1-176 Παρατηρήσεις Δείγματος 177-251 Πρόβλεψη: Προβλέψεις Εκτός Δείγματος*

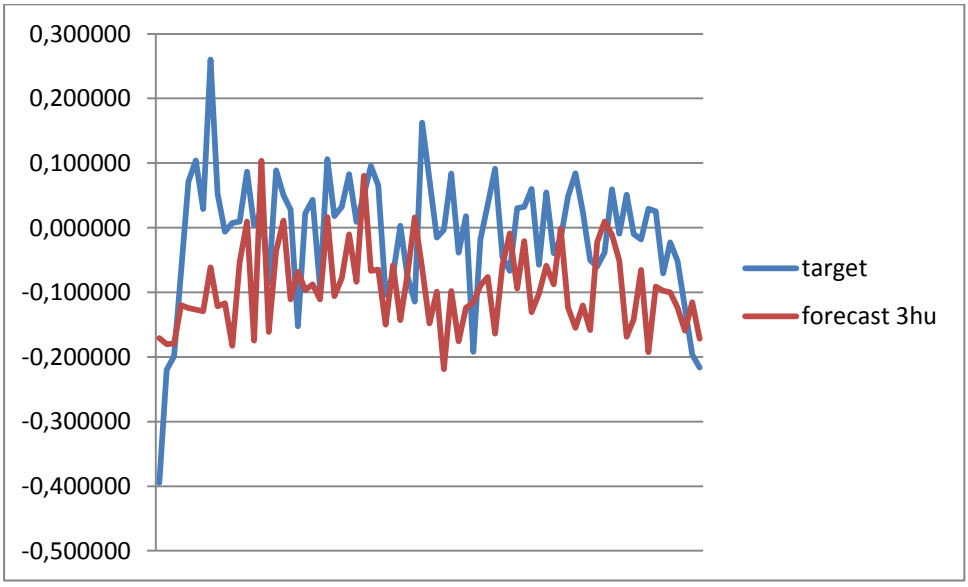
Οι δείκτες αξιολόγησης είναι:

Πίνακας 20. Δείκτες Αξιολόγησης Εκτός Δείγματος Νευρωνικό Δίκτυο.

MAPE	513,7711
MAE	0,135716
RMSE	0,131251
NMSE	1,832829
MSE	0,017227
POCID	61,33%
IPOCID	52%
POS	49,33%
R-squared	0,068543
Adjusted R-squared	0,047831

**Οι Δείκτες αναλύονται στην ενότητα Μέθοδος Αξιολόγησης Μοντέλων σελ.55*

Διάγραμμα 9. Διάγραμμα Εκτός Δείγματος Νευρωνικό Δίκτυο.



Σύνοψη Αποτελεσμάτων Νευρωνικού Δικτύου

Στα πρώτα δύο σενάρια μας τα οποία βέβαια έχουν να κάνουν με εντός δείγματος προβλέψεις τα αποτελέσματα του νευρωνικού δικτύου είναι εντυπωσιακά και δίνουν την εντύπωση ισχυρής προβλεπτικής ικανότητας. Ενδεικτικά αναφέρουμε πως στο Full Sample σενάριο έχουμε R^2=48,7% και adjusted R^2=37,3% και το POCID αγγίζει το 83% (Πίνακας 17), ενώ στο Β σενάριο στο δείγμα 177-251 είναι: R^2=60,2% και adjusted R^2=49,7% (Πίνακας 19).

Τώρα βέβαια στην εκτός δείγματος πρόβλεψη τα αποτελέσματα αν και αναμενόταν να είναι χαμηλότερα, έχουμε να αντιμετωπίσουμε εξαιρετικά χαμηλές τιμές που πραγματικά δεν μπορούν να δώσουν σε καμία περίπτωση έστω και την ελάχιστη εντύπωση κάποιας προβλεπτικής ικανότητας. Τα R^2=6,9% και adjusted R^2=4,8% δείχνουν μια πολύ κακή εφαρμογή του μοντέλου στα δεδομένα η οποία φαίνεται παραστατικότατα στο διάγραμμα που ακολουθεί τους δείκτες αξιολόγησης του τελευταίου σεναρίου. Επίσης οι δείκτες των σφαλμάτων είναι αρκετά μεγάλοι, ενώ οι δείκτες πρόβλεψης πρόσημου και αλλαγής κατεύθυνσης κυμαίνονται επίσης σε χαμηλά επίπεδα (Πίνακας 20).

Οι λόγοι αποτυχίας του τελευταίου σεναρίου γίνεται μια προσπάθεια να εντοπιστούν και να επισημανθούν στην επόμενη ενότητα της εργασίας στην οποία θα αναπτυχθούν τα συμπεράσματα της έρευνας και θα προταθούν πιθανές περαιτέρω έρευνες.

Σύγκριση Αποτελεσμάτων

Α) *Πλήρες Δείγμα (251 παρατηρήσεις): Εντός Δείγματος Πρόβλεψη*

Πίνακας 21. Συγκεντρωτικοί Δείκτες Αξιολόγησης Πλήρους Δείγματος.

Δείκτες Αξιολόγησης	Γραμμικό Μοντέλο	Νευρωνικό Δίκτυο
MAPE	150,4146	118,2675
MAE	0,059907	0,057966
RMSE	0,077845	0,065558
NMSE	0,724381	0,513755
MSE	0,006059	0,004298
POCID	77,29%	82,87%
IPOCID	62,15%	65,34%
POS	61,35%	69,72%
R-squared	27,56%	48,78%
Adjusted R-squared	26,08%	37,36%

**Οι Δείκτες αναλύονται στην ενότητα Μέθοδος Αξιολόγησης Μοντέλων σελ.55*

Β) *1-176 και 177-251: Εντός Δείγματος Προβλέψεις*

1-176

Πίνακας 22. Συγκεντρωτικοί Δείκτες Αξιολόγησης 1-176.

Δείκτες Αξιολόγησης	Γραμμικό Μοντέλο	Νευρωνικό Δίκτυο
MAPE	136,4669	167,3932
MAE	0,062915	0,084737
RMSE	0,081623	0,075682
NMSE	0,852483	0,732961
MSE	0,006662	0,005728
POCID	77,27%	77,84%
IPOCID	58,52%	65,91%
POS	64,20%	64,77%
R-squared	14,75%	26,97%
Adjusted R-squared	13,26%	14,82%

**Οι Δείκτες αναλύονται στην ενότητα Μέθοδος Αξιολόγησης Μοντέλων σελ.55*

177-251

Πίνακας 23. Συγκεντρωτικοί Δείκτες Αξιολόγησης 177-251.

Δείκτες Αξιολόγησης	Γραμμικό Μοντέλο	Νευρωνικό Δίκτυο
MAPE	178,0453	147,9726
MAE	0,051074	0,054357
RMSE	0,062793	0,054325
NMSE	0,419501	0,313995
MSE	0,003943	0,002951
POCID	80,00%	82,67%
IPOCID	62,67%	65,33%
POS	66,67%	64,00%
R-squared	58,05%	60,23%
Adjusted R-squared	56,28%	49,78%

**Οι Δείκτες αναλύονται στην ενότητα Μέθοδος Αξιολόγησης Μοντέλων σελ.55*

Γ) *1-176 Παρατηρήσεις Δείγματος 177-251 Πρόβλεψη: Προβλέψεις Εκτός Δείγματος*

Πίνακας 24. Συγκεντρωτικοί Δείκτες Αξιολόγησης Εκτός Δείγματος.

Δείκτες Αξιολόγησης	Γραμμικό Μοντέλο	Νευρωνικό Δίκτυο
MAPE	110,2251	513,7712
MAE	0,059924	0,135716
RMSE	0,080139	0,131251
NMSE	0,683283	1,832829
MSE	0,006422	0,017227
POCID	77,33%	61,33%
IPOCID	58,67%	52,00%
POS	66,67%	49,33%
R-squared	14,75%	6,85%
Adjusted R-squared	13,26%	4,78%

**Οι Δείκτες αναλύονται στην ενότητα Μέθοδος Αξιολόγησης Μοντέλων σελ.55*

Αρχικά στην πρώτη περίπτωση υπάρχει μια σημαντική υπεροχή του νευρωνικού δικτύου καθώς τα R^2=49% και adjusted R^2=37% (Πίνακας 21) είναι πολύ μεγαλύτερα και αποδεικνύουν μια σχετικά καλή εφαρμογή του μοντέλου στα δεδομένα σε αντίθεση με το γραμμικό που δεν μπορούμε να πούμε κάτι τέτοιο. Το ίδιο συμβαίνει και με τους δείκτες ικανότητας πρόβλεψης μεταβολών (POCID, IPOCID και POS) και με τους δείκτες ακρίβειας της πρόβλεψης (MSE, RMSE, NMSE, MAE και MAPE) όπου αυτοί του νευρωνικού είναι αρκετά πιο βελτιωμένοι από τους αντίστοιχους του γραμμικού μοντέλου.

Στη δεύτερη περίπτωση όπου έχουμε πάλι προβλέψεις εντός δείγματος αλλά αυτή τη φορά χωρίζουμε το δείγμα μας σε δύο μέρη ώστε να μοιράσουμε την απότομη ύφεση των τιμών του 2008-2009 και στα δύο μέρη τα αποτελέσματα διαφέρουν (Πίνακες 22, 23). Βλέπουμε πως το γραμμικό μοντέλο αν και συνεχίζει να παρουσιάζει μικρότερη προβλεπτική ικανότητα, έχει μειώσει αρκετά την ψαλίδα και δείχνει να έχει παρόμοια αποτελεσματικότητα με το νευρωνικό δίκτυο. Βέβαια αυτό δε σημαίνει ιδιαίτερα στην πρώτη περίπτωση (Πίνακας 22) ότι μπορούμε να πούμε πως έχουμε κάποια ισχυρή προβλεπτική ικανότητα στα μοντέλα μας καθώς οι δείκτες είναι χαμηλοί. Αντίθετα όμως στην δεύτερη υποπερίπτωση (Πίνακας 23) παρατηρούμε πως και τα δύο μοντέλα έχουν παρόμοιους δείκτες που αποδεικνύουν εξαιρετικά αποτελέσματα. Εδώ λοιπόν μπορούμε να πούμε πως και τα δύο μοντέλα μας με το νευρωνικό λίγο παραπάνω παρουσιάζουν ισχυρή προβλεπτική ικανότητα.

Στην τελευταία περίπτωση όπου γίνεται και η πρόβλεψη εκτός δείγματος τα αποτελέσματα είναι απογοητευτικά όσον αφορά την προβλεπτική ικανότητα των δύο μοντέλων μας καθώς οι δείκτες είναι πολύ μικροί και στα δύο μοντέλα (Πίνακας 24). Αυτό που κάνει όμως μεγαλύτερη εντύπωση στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι τα πολύ χειρότερα αποτελέσματα του νευρωνικού δικτύου σε σχέση με το γραμμικό μοντέλο πράγμα που συνέβη μόνο σε αυτή την περίπτωση και μπορεί να αποτελέσει το έναυσμα για περαιτέρω έρευνα των αιτιών αυτής της αστοχίας.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Συγκεντρώνοντας λοιπόν όλα τα αποτελέσματα επαληθεύεται η θεωρία που επικρατεί στις τάξεις των επιστημών του κλάδου της χρηματοοικονομικής πως η πρόβλεψη των χρηματοοικονομικών μεγεθών αυτής της μορφής είναι μια δύσκολη και πολυσύνθετη διαδικασία και σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να είναι απόλυτη και συνεχής.

Όπως εύκολα παρατηρούμε από τους συνοπτικούς πίνακες των τριών διαφορετικών σεναρίων που χρησιμοποιούμε το νευρωνικό δίκτυο δείχνει να έχει μεγαλύτερες προβλεπτικές ικανότητες στις εντός δείγματος προβλέψεις, ικανότητες που εξαφανίζονται στις εκτός δείγματος προβλέψεις λόγω πιθανότατα αιτιών που αναλύονται παρακάτω.

Τελειώνοντας λοιπόν καταλήγουμε σε δύο συμπεράσματα. Το πρώτο είναι πως η πρόβλεψη είναι μια πολύ δύσκολη και απαιτητική διαδικασία που χρειάζεται γνώσεις και εμπειρία σε διάφορους τομείς και δεν είναι ποτέ απόλυτη. Το δεύτερο συμπέρασμά μας έχει να κάνει με τις μεθόδους πρόβλεψης και όπως αποδεικνύει η εργασία πρέπει να υπάρχει χρήση πολλαπλών μεθόδων τόσο για καλύτερα αποτελέσματα όσο και για επαλήθευση.

Όσον αφορά τώρα τις προτάσεις για περαιτέρω έρευνα αναφέραμε πως οι τιμές του πετρελαίου είναι ένα από τα πιο αμφιλεγόμενα μεγέθη στον χρηματοοικονομικό κλάδο. Επηρεάζονται από χιλιάδες παράγοντες εδώ και πολλά χρόνια. Συνεπώς μπορούν να δημιουργηθούν μοντέλα για την πρόβλεψη της τιμής του πετρελαίου με πολλές και διαφορετικές μεταβλητές που δεν έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα. Επίσης το εύρος των χρησιμοποιούμενων ιστορικών τιμών των διαφόρων μεταβλητών παίζει πολύ σημαντικό ρόλο και μπορεί να διαφοροποιηθεί σημαντικά καθώς στις μέρες μας δίνεται η δυνατότητα να γνωρίζουμε και να μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε δεδομένα πολλών δεκαετιών πίσω. Ακόμα εδώ πρέπει να αναφερθεί πως στη θέση του απλού γραμμικού μοντέλου θα μπορούσε να είχε χρησιμοποιηθεί κάποιο μοντέλο GARCH με πιθανώς καλύτερα αποτελέσματα, αλλά αποφεύχθηκε χάριν απλότητας αλλά και διότι η εργασία του Alexandridi (2008) χρησιμοποιεί το ίδιο απλό γραμμικό μοντέλο.

Επίσης τα νευρωνικά δίκτυα είναι μία μέθοδος που εξελίσσεται ραγδαία και

βελτιώνεται. Η αδυναμία που εντοπίστηκε στην πρόβλεψη εκτός δείγματος ίσως να είχε αποφευχθεί αν αντιμετωπίζαμε τον θόρυβο στα δεδομένα μας. Για την αντιμετώπιση του θορύβου στα δεδομένα ίσως να ήταν αποδοτική η κατασκευή μιας κατάλληλης συνάρτησης που θα πραγματοποιούσε ένα φιλτράρισμα του θορύβου και θα αφαιρούσε με κάποια κριτήρια τα δεδομένα στο οποία εντόπιζε τον θόρυβο από το δείγμα. Τέλος μια διαδικασία αναλυτικότερης επεξεργασίας των αρχικών μας δεδομένων, όπως η ανάλυση κυματιδίων (wavelet analysis), ίσως μας έδινε ισχυρότερα αποτελέσματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

Βορλόου, Κ. (2008). Οικονομία και Αγορές, Αθήνα, EFG Economic Research.

Παναγιώτου, Στ. (2008). Οι Συνθήκες Προσφοράς και Ζήτησης Πετρελαίου, Investment Research & Analysis Journal.

Παπακωνσταντίνου, Π. (2008). Το Χρυσό Παραπέτασμα, Αθήνα, Εκδόσεις Λιβάνη.

Ζαπράνης, Α. (2005). Χρηματοοικονομική και Νευρωνικά Συστήματα, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Κλειδάριθμος.

Ξένη Βιβλιογραφία

Adragni, B., Chatrath, A., Dhanda, K.K. & Raffie, K. (2001). Chaos in oil prices? Evidence from futures markets. Energy Economics.

Alexandris, A., Zapranis, A. & Livanis, S. (2008). Analyzing Crude Oil Prices and Returns Using Wavelet Analysis and Wavelet Networks. HFAA 2008, July,Greece.

Amin-Naseri, M.R. & Gharacheh, E.A. (2007). A hybrid artificial intelligence approach to monthly forecasting oil price time series. Proceedings of EANN, August, Thessaloniki, Greece.

Askari, H. & Krichene, N. (2008). Oil price dynamics (2002–2006). Energy Economics.

Bernabe, A., Martina, E., Alvarez-Ramirez, J. & Ibarra-Valdez, C. (2004). A multi-model approach for describing crude oil price dynamics. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications.

Dees, S., Karadeloglou, P., Kaufmann, R.K. & Sanchez, M. (2007). Modeling the world oil market: Assessment of a quarterly econometric model. Energy Policy.

Fan, Y., Liang, Q. & Wei, Y.M. (2008). A generalized pattern matching approach for multi-step prediction of crude oil price. Energy Economics.

Gao, R. & Tsoukalas, L.H. (2001). Neural-wavelet methodology for load forecasting. Journal of Intelligent & Robotic Systems.

Gori, F., Ludovisi, D. & Cerritelli, P.F. (2007). Forecast of oil price and consumption in the short term under three scenarios: Parabolic, linear and chaotic behavior. Energy.

Hamilton, J. (2008). Understanding Crude oil Prices. Policy and Economics, UCEI.

Kaboudan, M.A. (2001). Compumetric forecasting of crude oil prices. Proceedings of the 2001 Congress on Evolutionary Computation.

Kozhan, R. (2009). Financial Econometrics with Eviews, Ventus Publishing Aps.

Kröse, B., van der Smagt, (1996). An Introduction to Neural Networks, 8th Edition, The University of Amsterdam.

Moosa, I.A. & Al-Loughani, N.E. (1994). Unbiasedness and time varying risk premia in the crude oil future markets. Energy Economics.

Morana, C. (2001). A semiparametric approach to short-term oil price forecasting. Energy Economics.

Panas E. and Ninni V. (2000). Are oil markets chaotic? A non-linear dynamic analysis. Energy Economics.

Postali, F.A.S. & Picchetti, P. (2006). Geometric Brownian motion and structure breaks in oil prices: A quantitative analysis. Energy Economics.

Rehrl, T. & Friedrich, R. (2006). Modeling long-term oil price and extraction with a Hubbert approach: The LOPEX model. Energy Policy.

Sadorsky, P. (1999). Oil price shocks and stock market activity. Energy Economics.

Sadorsky, P. (2006). Modeling and forecasting petroleum futures volatility. Energy Economics.

Tang, L. & Hammoudeh, S. (2002). An empirical exploration of the world oil price under the target zone model. Energy Economic.

Wang, S., Yu, L. & Lai, K.K. (2005). Crude Oil Price Forecasting with TEI@I Methodology. Journal of Systems Science and Complexity.

Ye, M., Zyren, J. & Shore, J. (2005). A monthly crude oil spot price forecasting model using relative inventories. International Journal of Forecasting.

Xie, W., Yu, L., Xu, S. & Wang, S. (2006). A New Method for Crude Oil Price Forecasting Based on Support Vector Machines. Lecture Notes in Computer Science.

Yu, L., Lai, K.K., Wang, S. & He, K. (2007). Oil Price Forecasting with an EMD-Based Multiscale Neural Network Learning Paradigm. Lecture Notes in Computer Science.

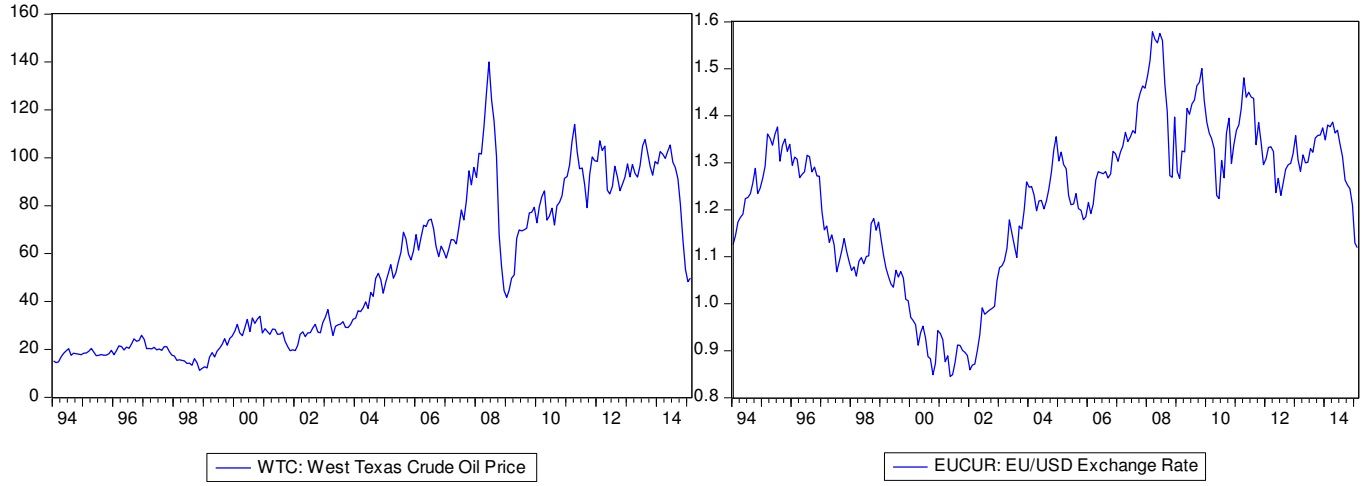
Zapranis, A. & Alexandridis, A. (2008b) “Forecasting Cash Money Withdrawals Using Wavelet Neural Networks”. Proceedings of AFE. July, Samos, Greece.

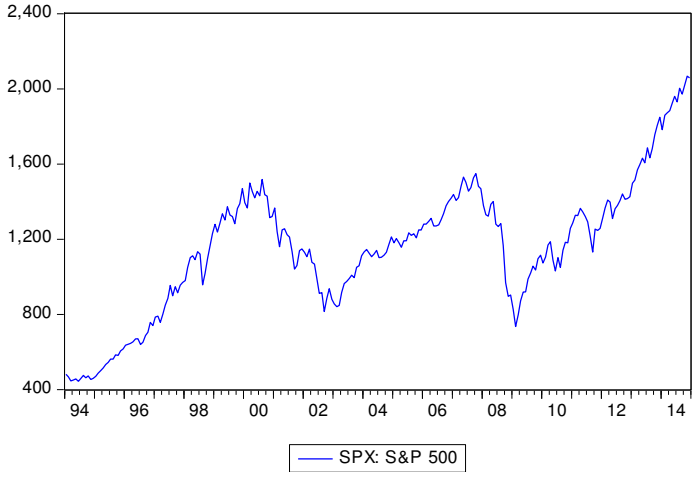
Zhang, X., Lai, K.K. & Wang, S.Y. (2008). A new approach for crude oil price analysis based on Empirical Mode Decomposition. Energy Economics.

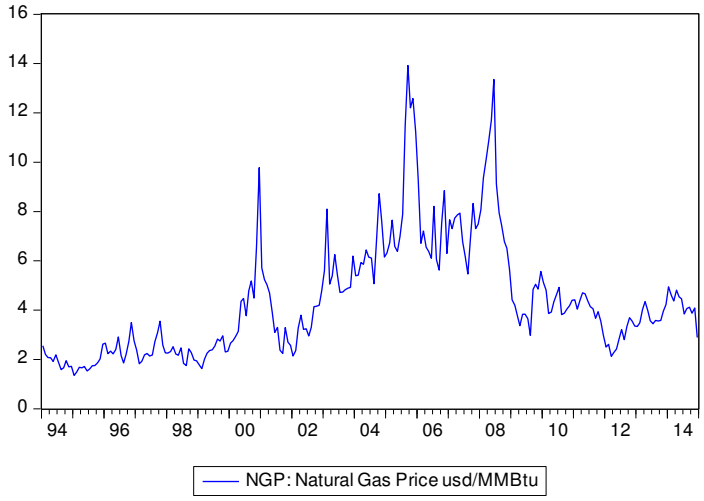
Zurada, J. M. (1992). Introduction to Artificial Neural Systems, New York, West Publishing Company.

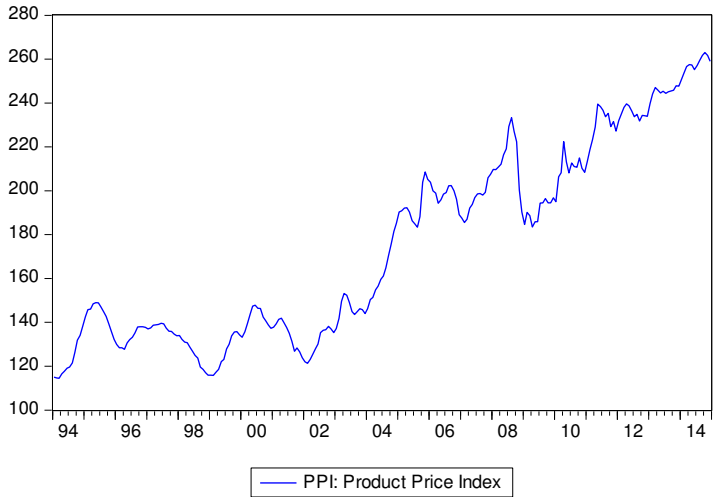
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

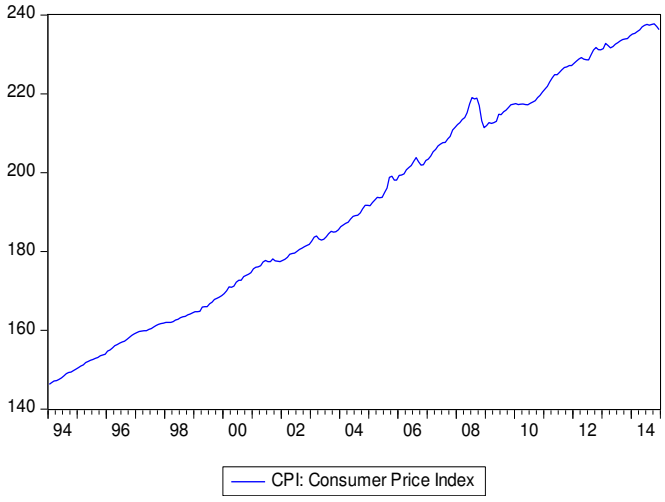
Αρχικές μεταβλητές

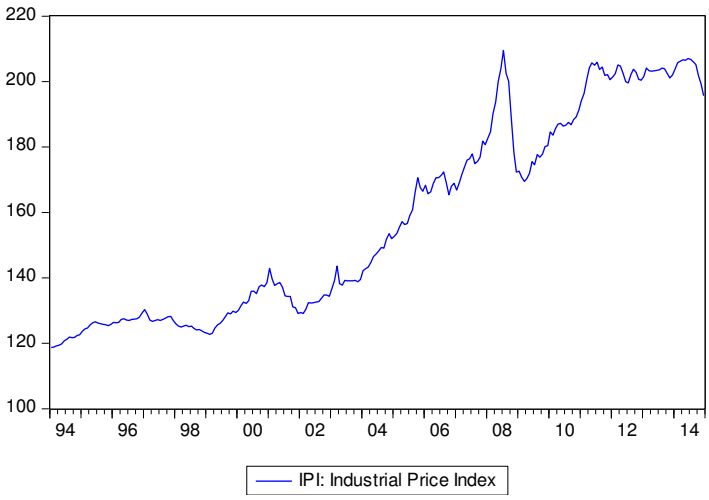


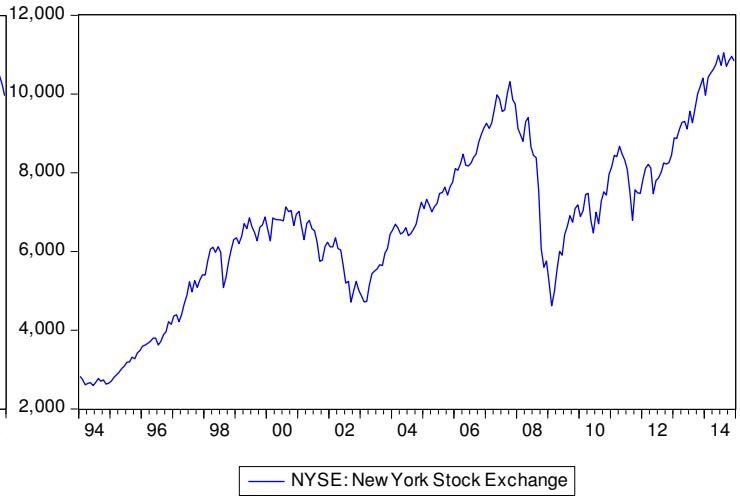


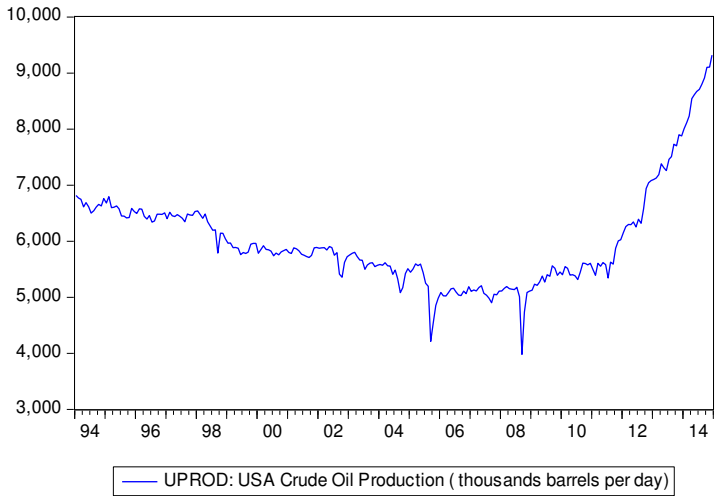

16
14
12
10
8
6
4
2
0
94
96
98
00
02
04
06
08
10
12
14
NGP: Natural Gas Price usd/MMBtu

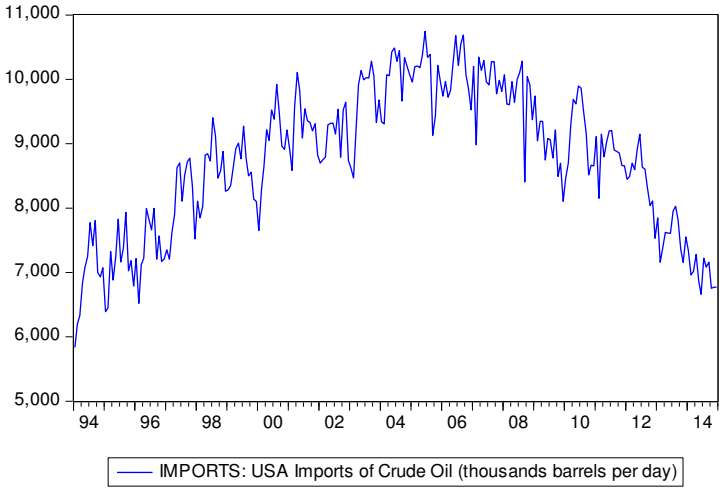

280
260
240
220
200
180
160
140
120
100
94
96
98
00
02
04
06
08
10
12
14
PPI: Product Price Index

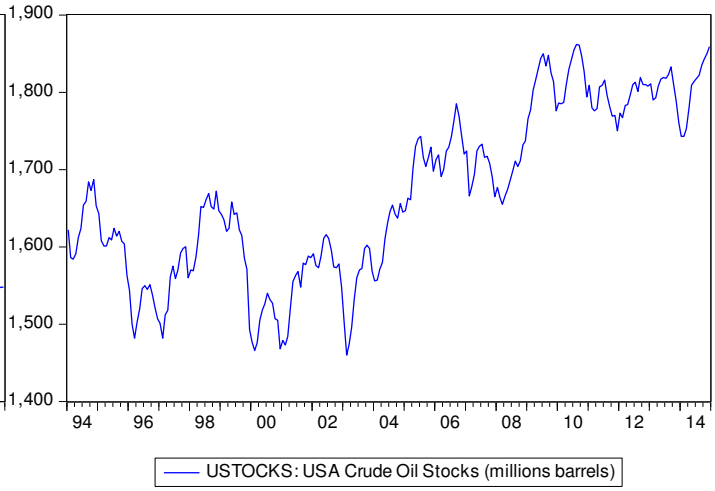

240
220
200
180
160
140
94
96
98
00
02
04
06
08
10
12
14
CPI: Consumer Price Index

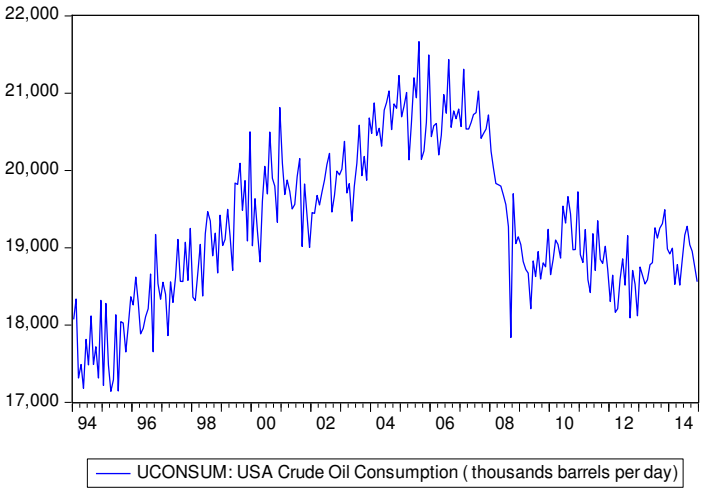

220
200
180
160
140
120
100
94
96
98
00
02
04
06
08
10
12
14
IPI: Industrial Price Index

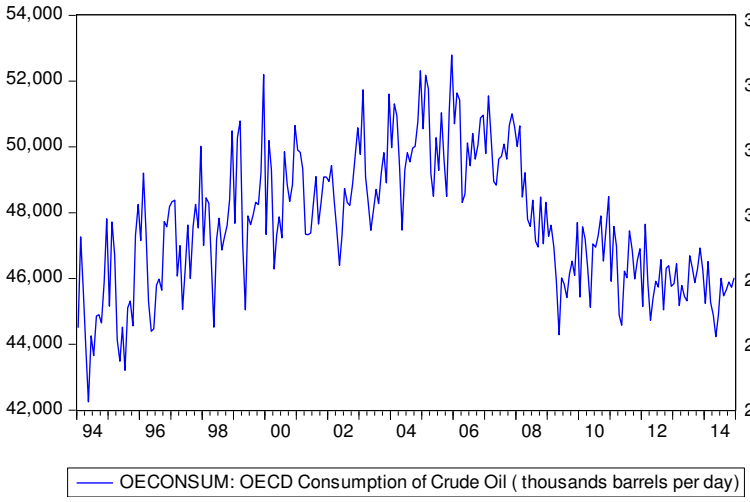

12,000
10,000
8,000
6,000
4,000
2,000
94
96
98
00
02
04
06
08
10
12
14
NYSE: New York Stock Exchange

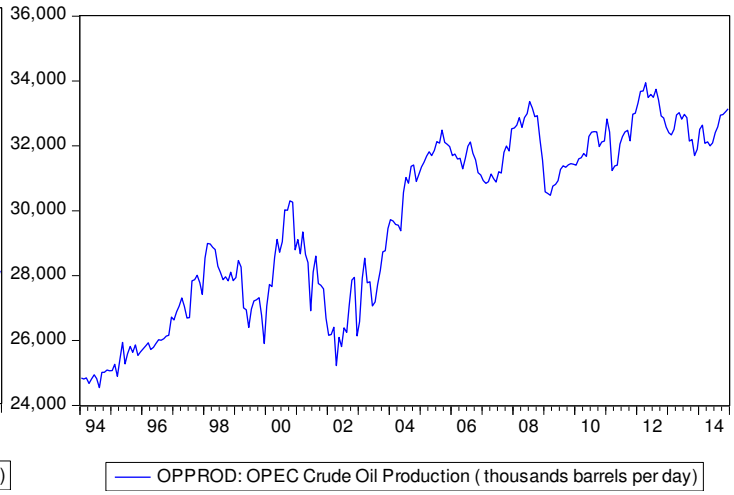

10,000
9,000
8,000
7,000
6,000
5,000
4,000
3,000
94
96
98
00
02
04
06
08
10
12
14
UPROD: USA Crude Oil Production (thousands barrels per day)

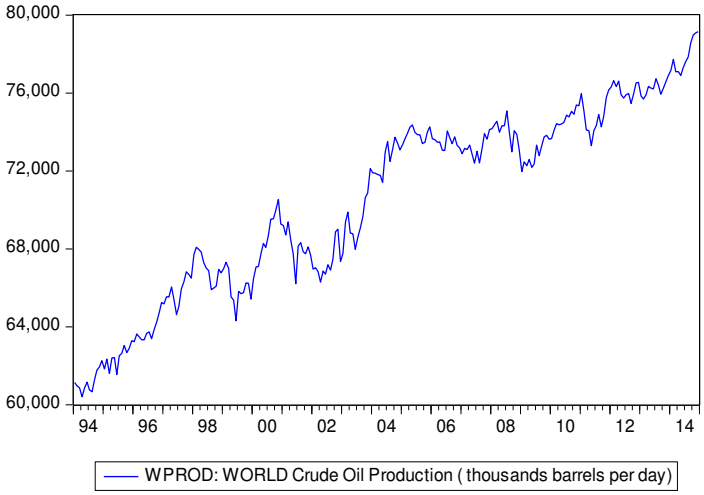

11,000
10,000
9,000
8,000
7,000
6,000
5,000
94
96
98
00
02
04
06
08
10
12
14
IMPORTS: USA Imports of Crude Oil (thousands barrels per day)

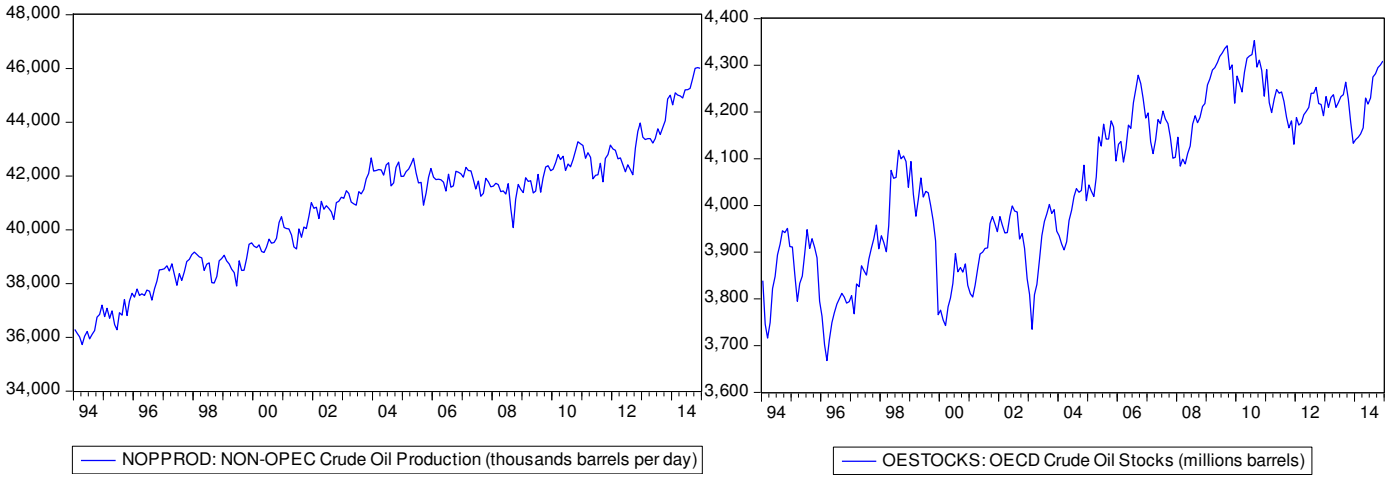

1,900
1,800
1,700
1,600
1,500
1,400
94
96
98
00
02
04
06
08
10
12
14
USTOCKS: USA Crude Oil Stocks (millions barrels)


22,000
21,000
20,000
19,000
18,000
17,000
94
96
98
00
02
04
06
08
10
12
14
UCONSUM: USA Crude Oil Consumption (thousands barrels per day)


54,000
52,000
50,000
48,000
46,000
44,000
42,000
94 96 98 00 02 04 06 08 10 12 14
OECONSUM: OECD Consumption of Crude Oil (thousands barrels per day)

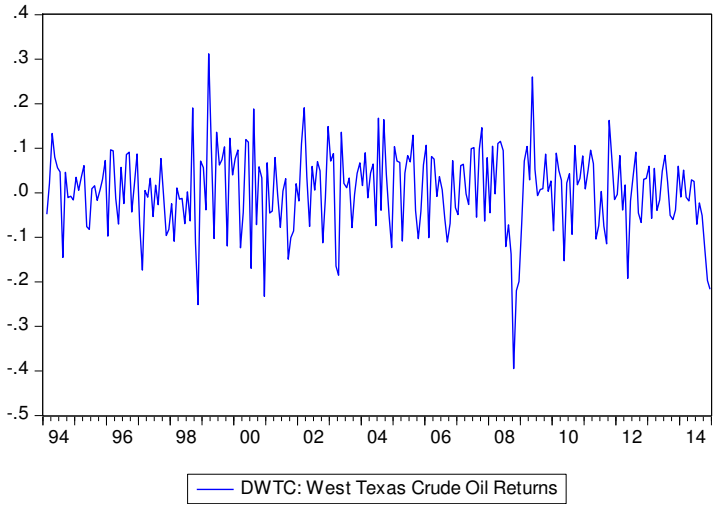

36,000
34,000
32,000
30,000
28,000
26,000
24,000
94 96 98 00 02 04 06 08 10 12 14
OPPROD: OPEC Crude Oil Production (thousands barrels per day)

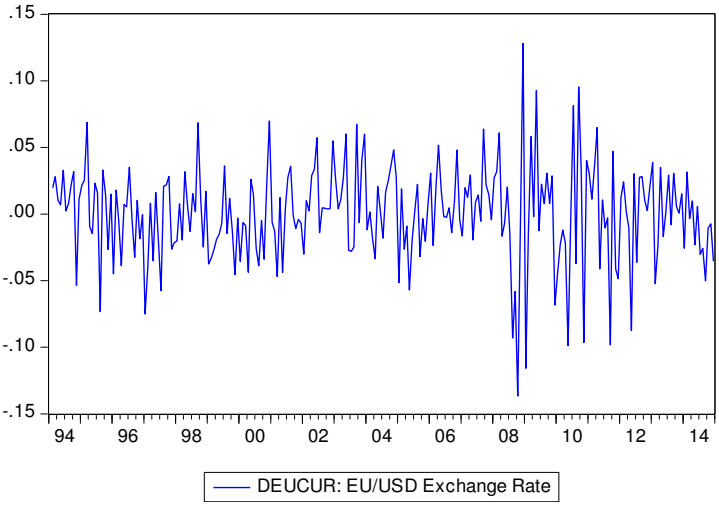

80,000
76,000
72,000
68,000
64,000
60,000
94 96 98 00 02 04 06 08 10 12 14
WPROD: WORLD Crude Oil Production (thousands barrels per day)

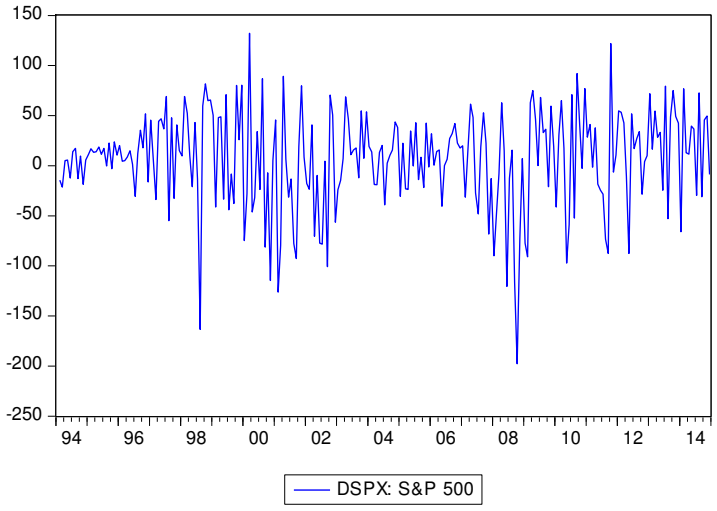

48,000
46,000
44,000
42,000
40,000
38,000
36,000
34,000
94
96
98
00
02
04
06
08
10
12
14
NOPPROD: NON-OPEC Crude Oil Production (thousands barrels per day)
4,400
4,300
4,200
4,100
4,000
3,900
3,800
3,700
3,600
OESTOCKS: OECD Crude Oil Stocks (millions barrels)

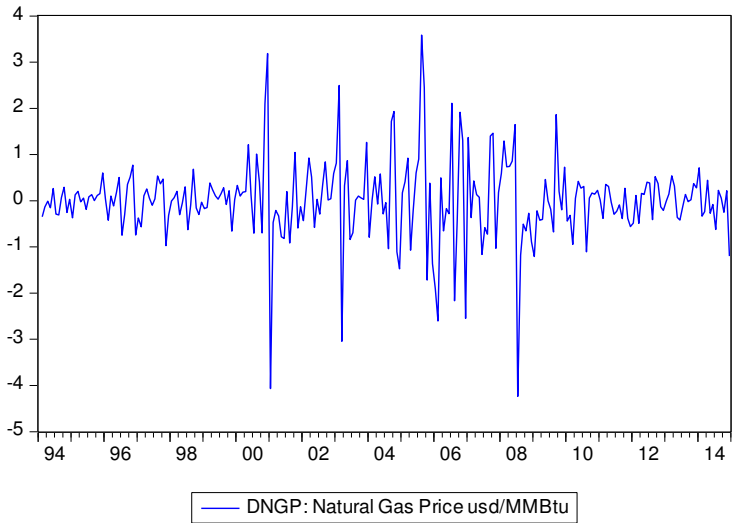
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

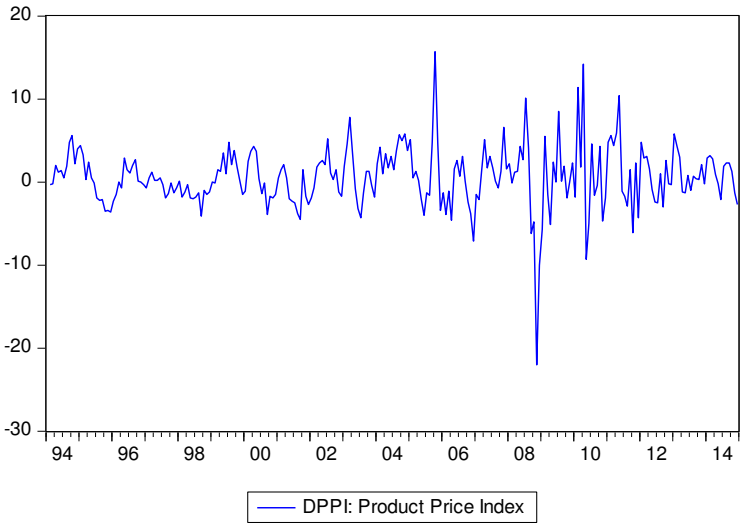
Τροποποιημένες μεταβλητές

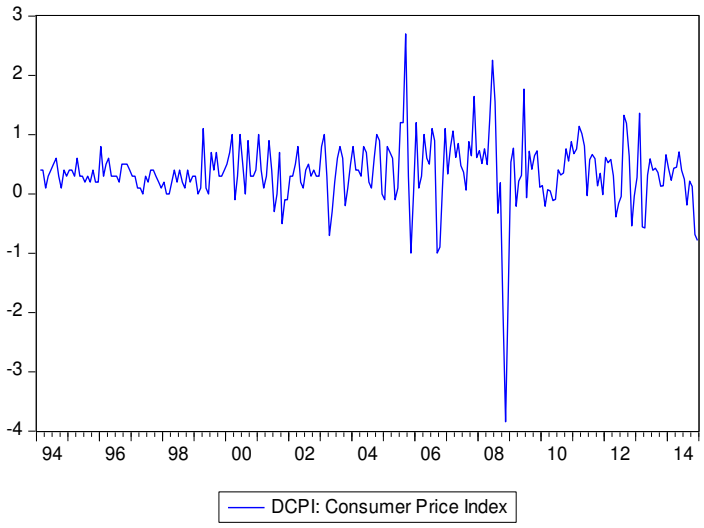


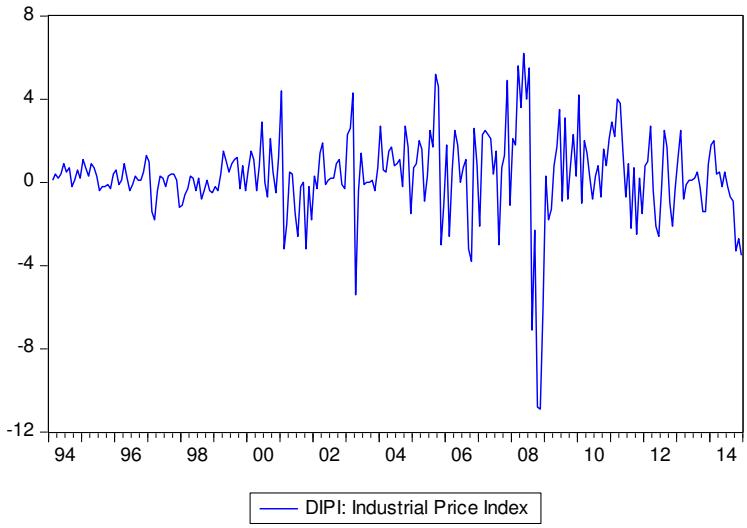


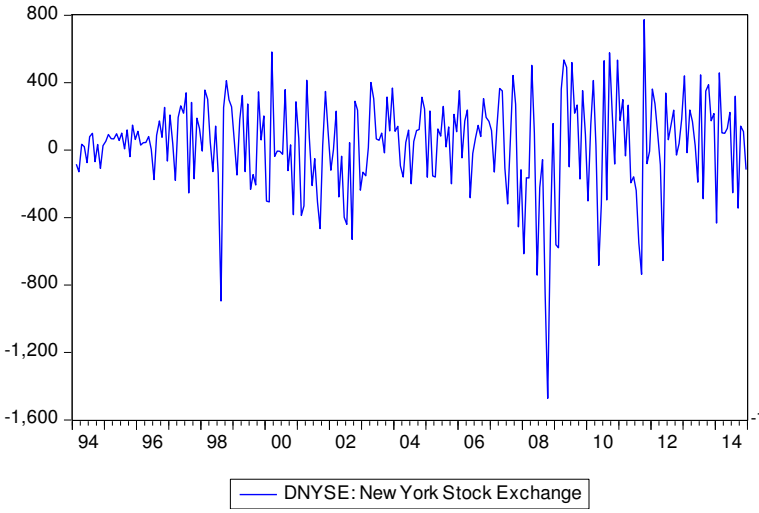


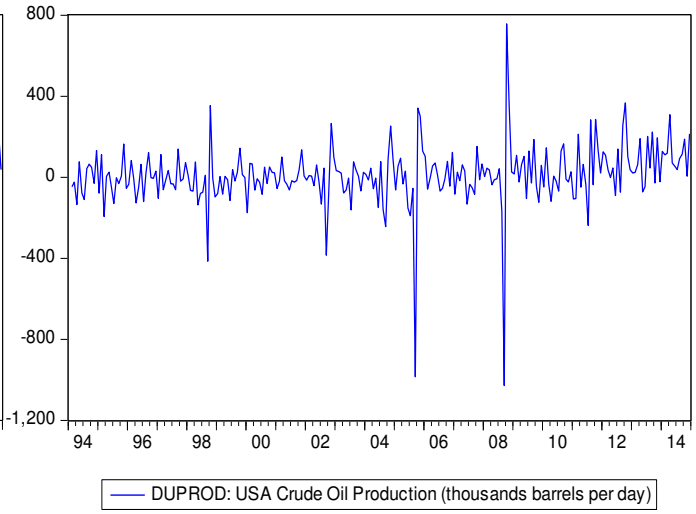

4
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
94
96
98
00
02
04
06
08
10
12
14
DNGP: Natural Gas Price usd/MMBtu

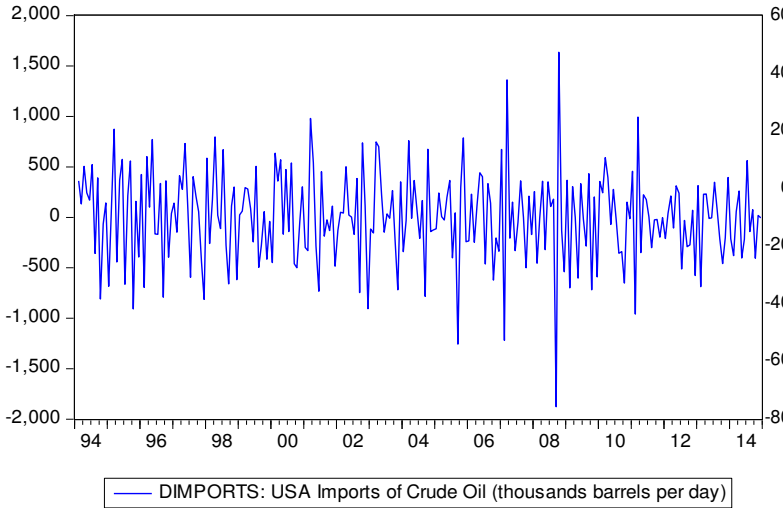

20
10
0
-10
-20
-30
94
96
98
00
02
04
06
08
10
12
14
DPPI: Product Price Index

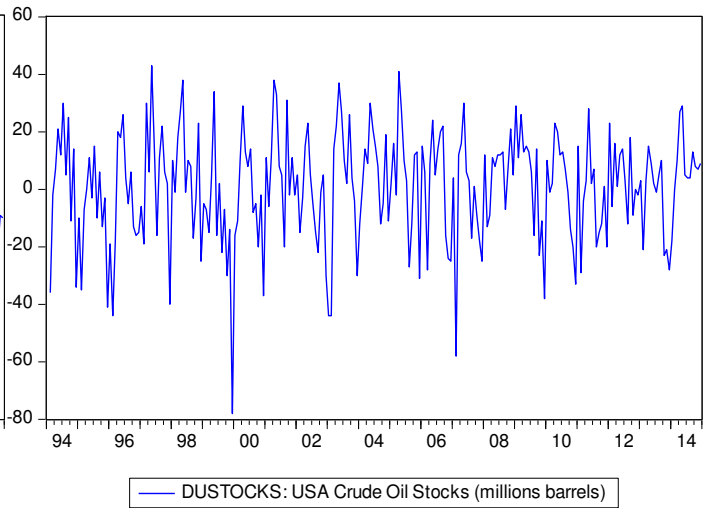

3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
94
96
98
00
02
04
06
08
10
12
14
DCPI: Consumer Price Index

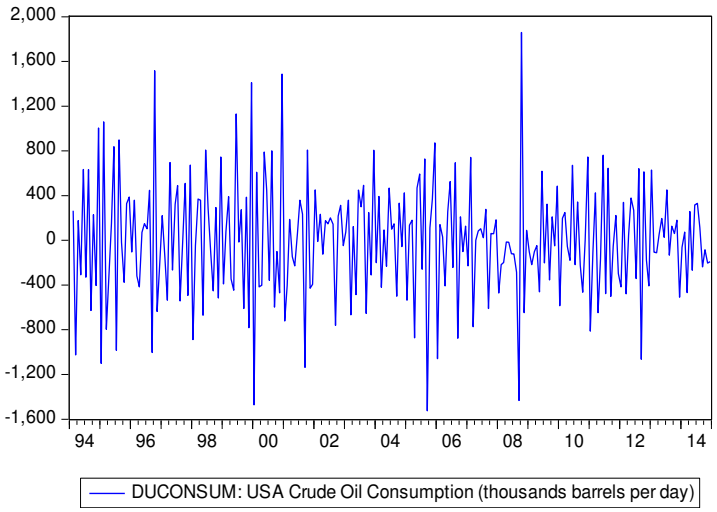

8
4
0
-4
-8
-12
94
96
98
00
02
04
06
08
10
12
14
DIPI: Industrial Price Index

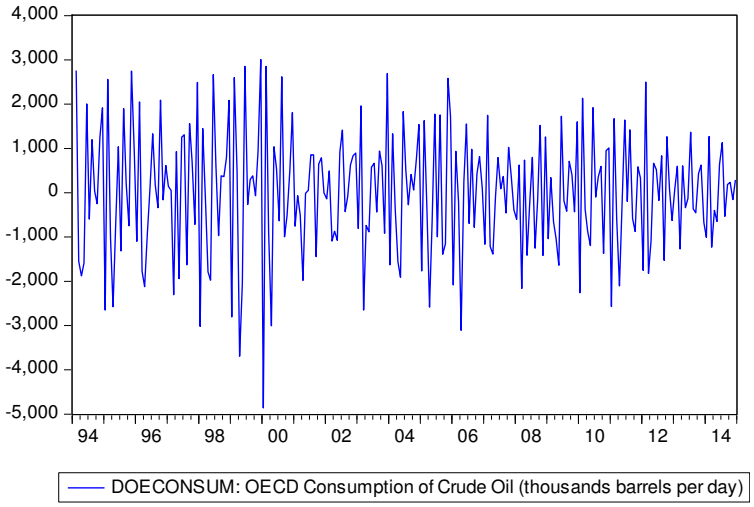

800
400
0
-400
-800
-1,200
-1,600
94
96
98
00
02
04
06
08
10
12
14
DNYSE: New York Stock Exchange

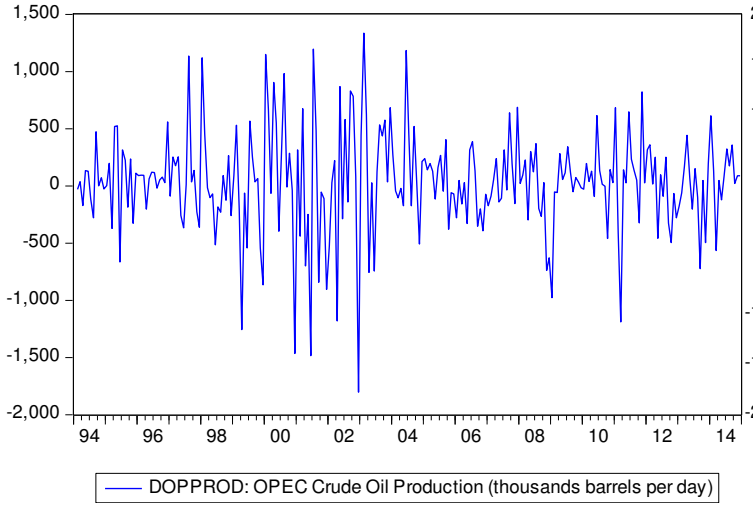

800
400
0
-400
-800
-1,200
94
96
98
00
02
04
06
08
10
12
14
DUPROD: USA Crude Oil Production (thousands barrels per day)

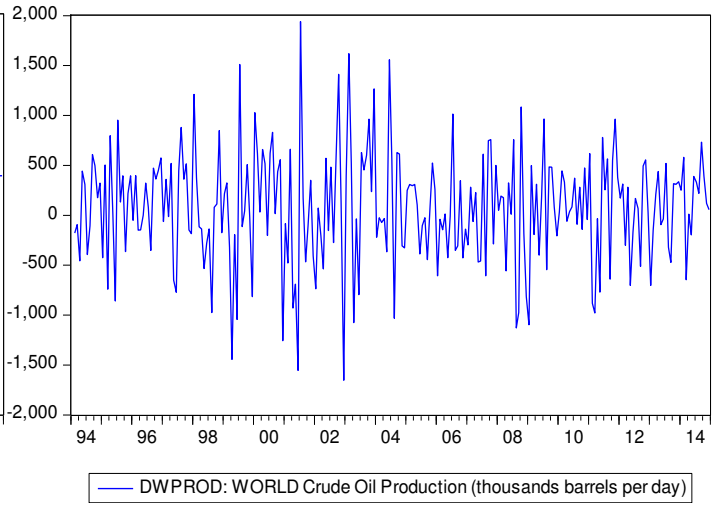

2,000
1,500
1,000
500
0
-500
-1,000
-1,500
-2,000
94
96
98
00
02
04
06
08
10
12
14
DIMPORTS: USA Imports of Crude Oil (thousands barrels per day)

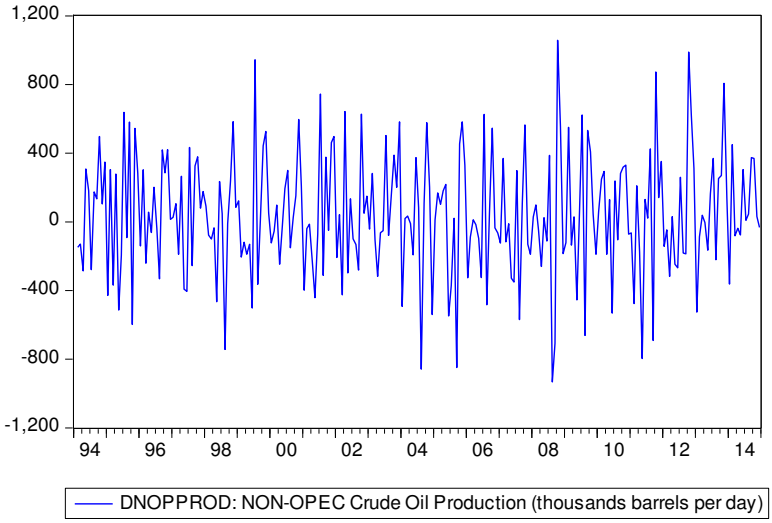

60
40
20
0
-20
-40
-60
-80
94
96
98
00
02
04
06
08
10
12
14
DUSTOCKS: USA Crude Oil Stocks (millions barrels)

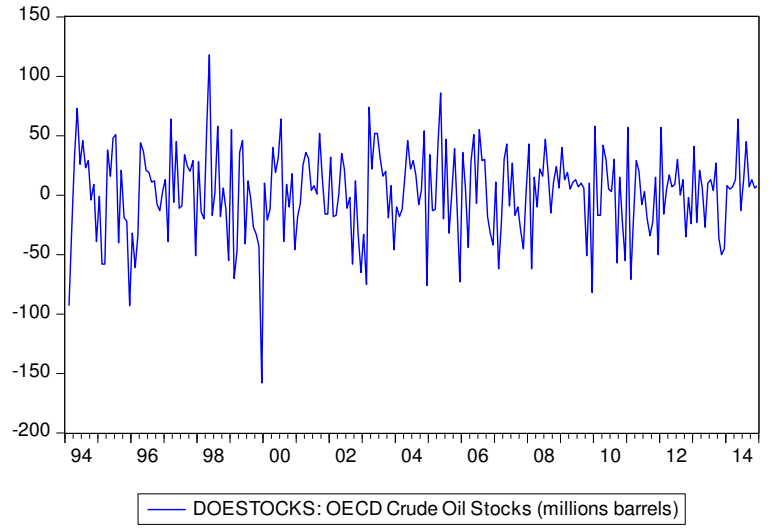

2,000
1,600
1,200
800
400
0
-400
-800
-1,200
-1,600
94
96
98
00
02
04
06
08
10
12
14
DUCONSUM: USA Crude Oil Consumption (thousands barrels per day)


4,000
3,000
2,000
1,000
0
-1,000
-2,000
-3,000
-4,000
-5,000
94
96
98
00
02
04
06
08
10
12
14
DOECONSUM: OECD Consumption of Crude Oil (thousands barrels per day)


1,500
1,000
500
0
-500
-1,000
-1,500
-2,000
94
96
98
00
02
04
06
08
10
12
14
DOPPROD: OPEC Crude Oil Production (thousands barrels per day)


2,000
1,500
1,000
500
0
-500
-1,000
-1,500
-2,000
94
96
98
00
02
04
06
08
10
12
14
DWPROD: WORLD Crude Oil Production (thousands barrels per day)


1,200
800
400
0
-400
-800
-1,200
94
96
98
00
02
04
06
08
10
12
14
DNOPPROD: NON-OPEC Crude Oil Production (thousands barrels per day)


150
100
50
0
-50
-100
-150
-200
94
96
98
00
02
04
06
08
10
12
14
DOESTOCKS: OECD Crude Oil Stocks (millions barrels)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

```
>> [h,pValue,stat,cValue,reg] = pptest (CPI,'model','TS')
h =
0
pValue =
        0.619418694897396
stat =
-194.350.614.944.288
cValue =
-3.429.967
reg =
         num: 252
        size: 251
       names: {3x1 cell}
       coeff: [3x1 double]
          se: [3x1 double]
         Cov: [3x3 double]
     tStats: [1x1 struct]
       FStat: [1x1 struct]
         yMu: 191.888505976096
     ySigma: 27.8449201632715
        yHat: [251x1 double]
         res: [251x1 double]
    autoCov: 0.317819263480637
      NWEst: 0.317819263480637
     DWStat: 1.1229691065563
```

```
        SSR: 193755.122089607
        SSE: 79.77263513364
        SST: 193834.894724741
        MSE: 0.321663851345322
       RMSE: 0.567154168939383
        RSq: 0.999588450597366
       aRSq: 0.99958513165057
         LL: -212.305420394564
        AIC: 430.610840789128
        BIC: 441.187199606523
        HQC: 434.867032132989
>> dCPI=diff(CPI);
>> [h,pValue,stat,cValue,reg] = pptest(dCPI,'model','TS')
h =
1
pValue =
                0.001
stat =
-984.364.556.051.414
cValue =
-343.005
reg =
        num: 251
       size: 250
      names: {3x1 cell}
      coeff: [3x1 double]
         se: [3x1 double]
```

Cov: [3x3 double]

tStats: [1x1 struct]

FStat: [1x1 struct]

yMu: 0.358336

ySigma: 0.570331488813769

yHat: [250x1 double]

res: [250x1 double]

autoCov: 0.26543913145356

NWEst: 0.26543913145356

DWStat: 1.79558929626033

SSR: 14.6344409126101

SSE: 66.3597828633901

SST: 80.9942237760002

MSE: 0.268663088515749

RMSE: 0.518327202176144

RSq: 0.18068499493351

aRSq: 0.174050865337829

LL: -188.947490374681

AIC: 383.894980749361

BIC: 394.459363502948

HQC: 388.146835655197