



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ σε ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ και τη ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ»

Μεταπτυχιακή εργασία

«Παράγοντες που επηρεάζουν διαχρονικά τις τιμές
του πετρελαίου»

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΞΕΝΟΣ ΓΑΒΡΙΕΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΒΙΚΕΝΤΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΟΥΝΤΑΣ ΚΑΝΕΛΛΟΣ

ΑΘΗΝΑ 2024

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Κανέλλο Τούντα για την υποστήριξη και την καθοδήγησή του για την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου εργασίας. Επιπλέον, ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλα τα μέλη της ΣΕΜΦΕ τα οποία κατέστησαν δυνατή την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας καθώς και στην κ. Παρασκευή Μπουφούνου και στον κ. Ιωάννη Λεβεντίδη οι οποίοι υπήρξαν παρόντες στην παρουσίαση και βαθμολόγησή της.

Τέλος, θερμές ευχαριστίες στην οικογένειά μου και το στενό μου φιλικό κύκλο και ειδικά την Αθηνά, τον Ανδρέα, τον Νίκο, τον Καζουάριο και τη Μαρία για τη στήριξή τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Το αργό πετρέλαιο θεωρείται ευρέως ως ένα από τα πιο σημαντικά εμπορεύματα που επηρεάζουν την παγκόσμια οικονομική ανάπτυξη. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να μελετηθούν και να αναγνωριστούν εκείνοι οι παράγοντες οι οποίοι θεωρούνται σημαντικοί στην ιστορική επιρροή των τιμών του αργού πετρελαίου χρησιμοποιώντας το δείκτη WTI. Πιο συγκεκριμένα αναλύονται παράγοντες από μια πληθώρα κατηγοριών (προσφορά, ζήτηση, χρηματοοικονομικά, αγορά εμπορευμάτων, γεωπολιτικά) για τη χρονική περίοδο 2009-2021. Στη συνέχεια αναπτύσσονται δύο στατιστικά μοντέλα ανάλυσης παλινδρόμησης, ένα με τη μέθοδο των Γενικευμένων ελαχίστων τετραγώνων (GLS) κι ένα με την ανθεκτική (robust) μέθοδο Ελαχίστων Περικοπτόμενων Τετραγώνων (LTS) με σκοπό τη διερεύνηση των στατιστικά σημαντικών παραγόντων. Τα τελικά αποτελέσματα, παρόλο που καταλήγουν σε διαφορετικές εξισώσεις παλινδρόμησης, δείχνουν πως οι παγκόσμιες εισαγωγές αργού πετρελαίου καθώς και ο χρηματοοικονομικός δείκτης SP500 είναι οι πιο ανθεκτικοί παράγοντες στην περιγραφή των τιμών του πετρελαίου.

Abstract

Crude oil is widely regarded as one of the most important commodities affecting global economic growth. The objective of the present thesis is to study and identify those factors which are considered important in the historical influence of crude oil prices using the WTI index. More specifically, factors from a multitude of categories (supply, demand, financial, commodity markets, geopolitical) are analyzed for the time period 2009-2021. Two statistical regression analysis models are then developed, one with the Generalized Least Squares (GLS) method and one with the robust Least Trimmed Squares (LTS) method in order to investigate the statistically significant factors. The final results, although resulting in different regression equations, show that global crude oil imports as well as the SP500 financial index are the most robust factors in describing oil prices.

Contents

1	Κεφάλαιο 1: Ιστορική αναδρομή	4
1.1	Ιστορική αναδρομή	4
1.2	Επίλογος	7
2	Κεφάλαιο 2: Παράγοντες	8
2.1	Προσφορά	8
2.1.1	Παγκόσμια παραγωγή αργού πετρελαίου	12
2.1.2	Παγκόσμια εξαγωγή αργού πετρελαίου	13
2.2	Ζήτηση	13
2.2.1	ΑΕΠ	15
2.2.2	Παγκόσμια εισαγωγή αργού πετρελαίου	16
2.3	Χρηματοοικονομικοί Παράγοντες	16
2.3.1	Δείκτης S&P 500	17
2.3.2	Δείκτης αμερικανικού δολαρίου DXY	17
2.4	Παράγοντες της αγοράς εμπορευμάτων	18
2.5	Γεωπολιτικές Διαταραχές	20
2.6	Επίλογος	20
3	Κεφάλαιο 3: Εμπειρικό μέρος-Γραμμική παλινδρόμηση	21
3.1	Συλλογή δεδομένων	21
3.2	Υποθέσεις της γραμμικής παλινδρόμησης	22
3.3	Εμπειρικά μοντέλα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης	23
3.3.1	Μοντέλο 1	23
3.3.2	Μοντέλο 2	24
3.3.3	Μοντέλο 3-Γενικευμένα Ελάχιστα Τετράγωνα	26
3.3.4	Μοντέλο 4	28
3.3.5	Μοντέλο 5	30
3.4	Ισχυρή (Robust) Γραμμική Παλινδρόμηση	34
3.5	Επίλογος	40
4	Κεφάλαιο 4: Συμπεράσματα και προοπτικές	41

List of Figures

1	Τιμές δείκτη WTI αργού πετρελαίου διαχρονικά σε δολάρια ΗΠΑ ανά βαρέλι. Πηγή: https://tradingeconomics.com/commodity/crude-oil	4
2	Παραγωγή πετρελαίου. Περιλαμβάνει αργό πετρέλαιο, σχιστολιθικό πετρέλαιο, πετρελαϊκή άμμο, συμπυκνώματα (συμπυκνώματα μίσθωσης ή συμπυκνώματα αερίου που απαιτούν περαιτέρω διύλιση) και NGL (ρευστά φυσικού αερίου - αιθάνιο, LPG και νάφθα που διαχωρίζονται από την παραγωγή φυσικού αερίου). Εξαιρούνται τα υγρά καύσιμα από άλλες πηγές, όπως τα βιοκαύσιμα και τα συνθετικά παράγωγα άνθρακα και φυσικού αερίου. Πηγή: (Our World in Data 2023).	9
3	Παγκόσμια κατανάλωση πετρελαίου. Περιλαμβάνει εσωτερική ζήτηση συν τις διεθνείς αεροπορικές και θαλάσσιες αποθήκες καυσίμων και τις απώλειες διυλιστηρίων. Εξαιρούνται η κατανάλωση βιοβενζίνης (όπως αιθανόλη) και βιοντίζελ, ενώ περιλαμβάνονται παράγωγα άνθρακα και φυσικού αερίου. Πηγή: (Our World in Data 2023)	13
4	Περιγραφική στατιστική των δεδομένων για την περίοδο 2009-2021. N=αριθμός παρατηρήσεων, Mean=μέση τιμή, St.Dev=Τυπική απόκλιση, Min=Ελάχιστη τιμή, Max=Μέγιστη τιμή	22
5	Γραφική αναπαράσταση συσχέτισης μεταβλητών.	23
6	Αποτελέσματα γραμμικής παλινδρόμησης (OLS) για το μοντέλο 2.	25
7	Γραφικές παραστάσεις αυτοσυσχέτισης και μερικής αυτοσυσχέτισης των υπολοίπων από το μοντέλο 2. Οι διακεκομμένες οριζόντιες μπλε γραμμές αντιστοιχούν σε 95 % διαστήματα εμπιστοσύνης.	26
8	Αποτελεσμα GLS παλινδρόμησης με AR(1) για τα υπόλοιπα.	27
9	Έλεγχος ANOVA για τα αυτοπαλινδρομικά μοντέλα AR(0) vs AR(1).	27
10	Αποτελέσματα των 3 βηματικών παλινδρομήσεων (1) Stepwise regression, (2) Forward, (3) Backward για το μοντέλο 4.	29
11	Γραφικές παραστάσεις για (a) έλεγχο κανονικότητας υπολοίπων και (b) έλεγχο ομοιοσκεδαστικότητας για το μοντέλο 4	30
12	Αποτελέσματα της βηματικής παλινδρόμησης Stepwise regression για το μοντέλο 5.	31
13	Έλεγχος ANOVA για το μοντέλο 5. Με <i>mod.step.diff.gls</i> συμβολίζουμε το μοντέλο στο οποίο καταλήξαμε με τη βηματική παλινδρόμηση (Εικόνα 12), με <i>mod.gls.diff.dImpCrude</i> το μοντέλο που εμπεριέχει τις ίδιες μεταβλητές αλλά όχι τη <i>dDXY</i> , ενώ με <i>mod.gls.diff.dDXY</i> το μοντέλο που εμπεριέχει τις ίδιες μεταβλητές, αλλά όχι τη <i>dImpdCrude</i>	31
14	Αποτελέσματα για το μοντέλο 5 <i>mod.gls.diff.dImpCrude</i>	32
15	Γραφική κατανομή υπολοίπων για το μοντέλο 5 <i>mod.gls.diff.dImpCrude</i> . Shapiro-Wilk test p-value=0.03431	33
16	Παραδείγματα ακραίων τιμών και σημείων μόχλευσης	35
17	Γραφική παράσταση των τυποποιημένων υπολοίπων vs εκτιμημένες τιμές για το μοντέλο LTS.	36
18	Γραφική παράσταση των τυποποιημένων υπολοίπων vs robust απόσταση μέσω της μεθόδου Minimum Covariance Determinant (MCD).	37
19	Αποτελέσματα των 2 βηματικών παλινδρομήσεων της ισχυρής μεθόδου LTS (1) Stepwise regression, (2) Forward selection method.	38
20	Γραφικές παραστάσεις υπολοίπων της γραμμικής παλινδρόμησης LTS	39
21	Υπόλοιπα vs Εκτιμημένες τιμές	39

List of Tables

1	Περιγραφή παραγόντων	21
2	Μονάδες μέτρησης των δεικτών	22

3	Τιμές κριτηρίου VIF για το μοντέλο 1	24
4	Τιμές κριτηρίου VIF για το μοντέλο 2	24
5	Αποτελέσματα απο τη robust μέθοδο LTS. Σημείωση: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$	35

1 Κεφάλαιο 1: Ιστορική αναδρομή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει αναφορά σχετικά με τη μεταβολή των τιμών του αργού πετρελαίου καθώς και περιγραφή των σημαντικότερων ιστορικών γεγονότων που οδήγησαν σε αυτή.

1.1 Ιστορική αναδρομή

Για την ανάλυση της διεθνούς τιμής του πετρελαίου, θα πρέπει να δοθεί προσοχή στην ιστορία μετά το 1945. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αφενός, η βιομηχανία πετρελαίου πριν από το 1945 ήταν ακόμη στα σπάργανα, το τεχνολογικό επίπεδο και η ικανότητα εξόρυξης δεν ήταν πολύ ώριμα, προστίθεται σε αυτό ένα μικρό αναλογία της κατανάλωσης πετρελαίου σε ολόκληρη τη δομή της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας, η οποία ήταν πολύ χαμηλότερη από το μερίδιο κατανάλωσης άνθρακα, η διεθνής διακύμανση της τιμής του πετρελαίου δεν είχε μεγάλη επίδραση στο διεθνές ισοζύγιο πληρωμών στις χώρες που καταναλώνουν πετρέλαιο. Από την άλλη πλευρά, πριν από τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, η διεθνής αγορά πετρελαίου ηγούνταν από πολλές δυτικές υπερεθνικές εταιρείες πετρελαίου, σε μια τέτοια περίπτωση, η τιμή του πετρελαίου διατήρησε σε κάποιο βαθμό σχετική σταθερότητα [1].

Μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, οι περισσότερες μεγάλες χώρες κατανάλωσης εισήλθαν στην πλήρη κατασκευαστική περίοδο, μαζί με τη βελτίωση του τεχνολογικού επιπέδου και της εξορυκτικής ικανότητας της πετρελαιοβιομηχανίας, προκάλεσαν τον άνευ προηγουμένου ενθουσιασμό της ζήτησης πετρελαίου. Μέχρι το 1967, η αναλογία του πετρελαίου στη δομή της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας ξεπέρασε τελικά αυτή του άνθρακα, έφτασε στο 40,4 % και έγινε η μεγαλύτερη ενέργεια στον κόσμο. Υπό αυτό το πλαίσιο, ο Οργανισμός Πετρελαιοεξαγωγικών Χωρών (ΟΠΕΚ) άρχισε να καθιερώνεται ως ένας σημαντικός οργανισμός ενεργειακής συνεργασίας μεταξύ των χωρών εξαγωγής ενέργειας. Αλλά κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου η τιμολογιακή δύναμη στη διεθνή αγορά πετρελαίου εξακολουθούσε να ανήκει στις δυτικές διεθνικές εταιρείες πετρελαίου, τα μέλη του ΟΠΕΚ δεν είχαν σημαντική επίδραση στη διεθνή τιμή του πετρελαίου στην αρχή της καθιέρωσης, για αυτό το λόγο η τιμή του πετρελαίου διατηρούσε σχετική σταθερότητα εκείνη την εποχή. Από το 1948 έως τη δεκαετία του 1960, η ονομαστική τιμή του αργού πετρελαίου παρέμεινε στα 2,50 με 3,00 δολάρια. Υπολογίζοντας όμως τη συναλλαγματική ισοτιμία των δολαρίων το 2004, από το 1948 έως το 1957, η πραγματική τιμή του αργού πετρελαίου κυμάνθηκε κατά διαστήματα στα 15 με 17 δολάρια/βαρέλι και η αύξηση κατά 20% ήταν σύμφωνη με τον πληθωρισμό. Από το 1958 έως το 1970, η τιμή του αργού πετρελαίου μειώθηκε από 15 δολάρια το βαρέλι σε 13 δολάρια το βαρέλι σε πραγματικούς όρους [2].



Figure 1: Τιμές δείκτη WTI αργού πετρελαίου διαχρονικά σε δολάρια ΗΠΑ ανά βαρέλι. Πηγή: <https://tradingeconomics.com/commodity/crude-oil>.

Κατά την περίοδο 1973-1974 είχαμε το εμπάργκο του Οργανισμού Εξαγωγών Πετρελαιοπαραγωγών Χωρών (ΟΠΕΚ). Μετά από μια σύγκρουση μεταξύ Συρίας και Αιγύπτου, αφενός, και Ισραήλ, και, αφετέρου, τα αραβικά μέλη του ΟΠΕΚ ανακοίνωσαν εμπάργκο στις εξαγωγές πετρελαίου προς τις χώρες που κατά τη διάρκεια του πολέμου στήριζαν το Ισραήλ. Ακολούθησε μείωση της παραγωγής πετρελαίου, με διπλασιασμό των τιμών του αργού πετρελαίου στις αρχές του 1974. Οι κρίσεις της περιόδου 1973-1974 αποδείχθηκαν μόνο η αρχή μιας συνεχιζόμενης κρίσης στην περιοχή της Μέσης Ανατολής. Το 1978, η λεγόμενη Ισλαμική Επανάσταση οδήγησε στη δεύτερη πετρελαϊκή κρίση. Το τεράστιο χρηματικό ποσό που εισρέει στο Ιράν από το 1974 προκάλεσε πληθωρισμό, σπατάλη, ανεργία και διαφθορά, γεγονός που προκάλεσε οικονομικές δυσχέρειες και πολιτική αστάθεια και ένταση στη χώρα. Παρά το γεγονός ότι η παγκόσμια προσφορά πετρελαίου μειώθηκε μόνο κατά 4%, ο εκτεταμένος πανικός οδήγησε σε τιμές πολύ υψηλότερες από τις δικαιολογημένες. Η τιμή του αργού πετρελαίου υπερδιπλασιάστηκε για δεύτερη φορά στην παγκόσμια ιστορία, προκαλώντας παγκόσμια οικονομική κρίση.

Μετά την ιρανική επανάσταση του 1978, η παραγωγή πετρελαίου στράφηκε στο ήμισυ περίπου των προεπαναστατικών επιπέδων της. Το Ιράκ εισέβαλε στο Ιράν τον Σεπτέμβριο του 1980 χωρίς επίσημη προειδοποίηση, ελπίζοντας να εκμεταλλευτεί το επαναστατικό χάος του Ιράν. Ο πόλεμος διαρκεί εδώ και χρόνια, αλλά η παγκόσμια κατανάλωση πετρελαίου μειώθηκε σημαντικά στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Μολονότι η Σαουδική Αραβία συρρικνώθηκε κατά $\frac{2}{3}$ από την παραγωγή της μεταξύ 1981 και 1985, αυτό δεν ήταν αρκετό για να αποτρέψει τη μείωση κατά 25 % των ονομαστικών τιμών του αργού πετρελαίου. Το 1982 και το 1985 ο ΟΠΕΚ μείωσε τις ποσοστώσεις για τη σταθεροποίηση των τιμών, αλλά η Σαουδική Αραβία υποχώρησε την απόφαση που ελήφθη και αύξησε την παραγωγή με αποτέλεσμα την κατάρρευση των τιμών του αργού πετρελαίου. Μεταξύ του 1987 και του 1989, η τιμή ανέκαμψε σε περίπου 18 δολάρια ΗΠΑ ανά βαρέλι.

Στις αρχές του 1990, το Ιράκ εισέβαλε στο Κουβέιτ δημιουργώντας τον Πρώτο Πόλεμο του Περσικού Κόλπου. Οι δύο χώρες αντιπροσώπευαν σχεδόν το 9% της παγκόσμιας παραγωγής πετρελαίου, γεγονός που οδήγησε σε απότομη αύξηση των τιμών του αργού πετρελαίου, η οποία αποδείχθηκε βραχείας διάρκειας. Κατά την περίοδο 1997-1998, η κρίση στην Ανατολική Ασία οδήγησε σε πτώση της τιμής του αργού πετρελαίου κάτω των 12 δολαρίων ανά βαρέλι, κυρίως επειδή ο ΟΠΕΚ υποτίμησε ή αγνόησε την οικονομική κρίση στην Ασία. Η ταχεία ανάπτυξη των οικονομιών της Ασίας σταμάτησε. Ο συνδυασμός χαμηλότερης κατανάλωσης και υψηλότερης παραγωγής του ΟΠΕΚ έστρεψε τις τιμές προς τα κάτω έως τον Δεκέμβριο του 1998. Το περιστατικό της 11ης Σεπτεμβρίου 2001 είχε προσωρινή επίδραση στην πτωτική τάση των τιμών. Ο ΟΠΕΚ μείωσε την ποσόστωσή του κατά 1.5 δισεκατομμύρια βαρέλια ημερησίως στις αρχές του 2002 και η Ρωσία ανακοίνωσε μειώσεις της συνδυασμένης παραγωγής κατά μισό εκατομμύριο επιπλέον βαρέλια, οπότε οι τιμές εξακολουθούσαν να αυξάνονται.

Στις αρχές του 2003 η Βενεζουέλα βρέθηκε σε πολιτική αστάθεια και η παραγωγή της σημείωσε κατακόρυφη πτώση. Κατά την περίοδο 2004-2005, η πλεονάζουσα ικανότητα παραγωγής πετρελαίου ήταν μικρότερη από ένα εκατομμύριο βαρέλια ημερησίως. Η παγκόσμια οικονομική ανάπτυξη ήταν εντυπωσιακή και η παγκόσμια κατανάλωση πετρελαίου αυξήθηκε κατά 3% ετησίως. Οι έντονες πιέσεις στη ζήτηση ήταν ο βασικός λόγος για τη σταθερή αύξηση των τιμών του πετρελαίου. Ωστόσο, η παραγωγή αρχίζει να μειώνεται μετά το 2005. Αναδυόμενες χώρες όπως η Κίνα αύξησαν την κατανάλωση πετρελαίου και οι τιμές έφθασαν στο ανώτατο επίπεδο τον Ιούλιο του 2008. Επιπλέον, σύμφωνα με τον ΟΠΕΚ (2010), η εξασθένιση του δολαρίου ΗΠΑ συνέβαλε επίσης στις τιμές ρεκόρ του 2008.

Συνοψίζοντας τα προαναφερθέντα περιστατικά, θα μπορούσαμε να πούμε ότι τα βασικά προϊόντα και ειδικότερα η αγορά πετρελαίου παρουσιάζουν αξιοσημείωτη αστάθεια των τιμών, η οποία,

μεταξύ άλλων, καθορίζεται σημαντικά από μια σειρά συμβάντων και γεωπολιτικών κρίσεων.

Είναι γνωστό ότι πριν από τις αρχές της δεκαετίας του 1970 οι τιμές του αργού πετρελαίου είχαν καθοριστεί από τις μεγάλες πετρελαϊκές εταιρείες. Από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 η επιρροή του ΟΠΕΚ έχει αποδυναμωθεί και οι δυνάμεις της αγοράς έχουν διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό των τιμών του πετρελαίου. Κατά τη διάρκεια των δεκαετιών του 1980 και του 1990 οι τιμές του πετρελαίου παρέμειναν σχετικά χαμηλές και γενικά σταθερές. Από τη δεκαετία του 2000 και ιδίως από το 2005, η ανοδική τάση των τιμών του πετρελαίου επιταχύνθηκε και έφθασε στα μοναδικά υψηλά επίπεδα των 145 δολαρίων ΗΠΑ ανά βαρέλι τον Ιούλιο του 2008. Μετά από μια πολύ μικρή περίοδο 30 δολαρίων ΗΠΑ ανά βαρέλι τον Δεκέμβριο του 2008, οι τιμές αυξήθηκαν και πάλι σε 100 δολάρια ΗΠΑ στις αρχές του 2014.

Οι τιμές του αργού πετρελαίου στην παγκόσμια αγορά, με τη χρήση της τιμής αναφοράς West Texas Intermediate (WTI) για το αργό πετρέλαιο, ήταν περίπου 100 δολάρια ΗΠΑ ανά βαρέλι για αρκετά χρόνια πριν από τα μέσα Ιουνίου του 2014, αλλά έκτοτε μειώθηκαν ραγδαία και το πετρέλαιο αποτελεί πλέον αντικείμενο συναλλαγών σε επίπεδα μόλις κάτω των 50 δολαρίων ανά βαρέλι. Έτσι, η τιμή του πετρελαίου μειώθηκε κατά περίπου 50%. Εκφρασμένος ως αριθμός δολαρίων ανά βαρέλι, πρόκειται για τη δεύτερη μεγαλύτερη πτώση σε δωδεκάμηνη περίοδο των τελευταίων 50 ετών. Η μεγαλύτερη πτώση σημειώθηκε σε συνδυασμό με τη χρηματοπιστωτική κρίση του 2008 -2009, όταν η ζήτηση στην παγκόσμια οικονομία μειώθηκε ραγδαία. Εκείνη την περίοδο, η μείωση των τιμών θεωρείται σε μεγάλο βαθμό ως αποτέλεσμα της αυξημένης παγκόσμιας προσφοράς πετρελαίου.

Όσον αφορά την παραγωγή, μπορούμε να επισημάνουμε ότι η παραγωγή σχιστολιθικού πετρελαίου (shale oil) της Βόρειας Αμερικής έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Αυτό οφείλεται στη μεγάλη αύξηση της συνολικής παραγωγής πετρελαίου στις Ηνωμένες Πολιτείες και στον Καναδά. Η Ρωσία, το Ιράκ και η Λιβύη έχουν επίσης αυξήσει την παραγωγή. Σε αντίθεση με τις προηγούμενες μειώσεις των τιμών, το καρτέλ πετρελαίου ΟΠΕΚ δεν μείωσε την παραγωγή για να διατηρήσει τις τιμές. Αντίθετα, ο ΟΠΕΚ αύξησε επίσης την παραγωγή. Η αύξηση του ΑΕΠ στην Κίνα έχει μειωθεί και είναι χαμηλή στην Ευρώπη. Ωστόσο, η αύξηση της προσφοράς θεωρείται ότι εξηγεί το μεγαλύτερο μέρος της πτώσης των τιμών και αυτό το συμπέρασμα συμμερίζονται οι περισσότερες μελέτες.

Πιο πρόσφατα, το 2020, η οικονομική αναταραχή που προκλήθηκε από την ύφεση του COVID-19, περιλάμβανε σοβαρές επιπτώσεις στις αγορές αργού πετρελαίου, που προκάλεσε μεγάλη πτώση στο χρηματιστήριο. Η σημαντική μείωση της τιμής του πετρελαίου προκλήθηκε από δύο βασικούς παράγοντες: τον πόλεμο τιμών πετρελαίου Ρωσίας-Σαουδικής Αραβίας το 2020 και την πανδημία COVID-19, η οποία μείωσε τη ζήτηση για πετρέλαιο λόγω των lockdown σε όλο τον κόσμο. Το εμπόριο της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) στο ρωσικό θαλάσσιο πετρέλαιο, ως απάντηση στη ρωσική εισβολή στην Ουκρανία τον Φεβρουάριο του 2022, ήταν ένας —αλλά όχι ο μοναδικός— παράγοντας στην αύξηση της παγκόσμιας τιμής του πετρελαίου. Όταν η ΕΕ πρόσθεσε νέους περιορισμούς στο πετρέλαιο της Ρωσίας στις 30 Μαΐου, σημειώθηκε δραματική αύξηση στην τιμή του αργού Brent σε πάνω από 120 δολάρια το βαρέλι. Άλλοι παράγοντες που επηρέασαν την άνοδο της τιμής του πετρελαίου ήταν η στενή αγορά πετρελαίου σε συνδυασμό με μια ισχυρή ζήτηση για ενέργεια καθώς τα ταξίδια αυξήθηκαν μετά τη χαλάρωση των περιορισμών του κορωνοϊού.

Ορισμένα γεωπολιτικά γεγονότα, όπως παρουσιάστηκαν ανωτέρω, επηρέασαν κυρίως τις τιμές του αργού πετρελαίου και τις κατέστησαν πιο ασταθείς και απρόβλεπτες. Οι τιμές των βασικών εμπορευμάτων κάθε είδους έχουν επηρεαστεί από όλα αυτά τα δραματικά περιστατικά στο παρελθόν, με την τιμή του πετρελαίου να είναι πρωτοπόρος στη δέσμη. Δεν προκαλεί έκπληξη το γεγονός ότι οι τιμές των βασικών εμπορευμάτων συγκλίνουν επειδή πολλοί από αυτούς επηρεάζονται από

τους ίδιους παράγοντες, αν και οι τιμές του πετρελαίου είναι πιο ευαίσθητες σε ειδικά γεγονότα και πιο ευμετάβλητες σε σύγκριση με άλλα βασικά προϊόντα λόγω του ρόλου του ΟΠΕΚ που ρυθμίζει την προσφορά πετρελαίου.

1.2 Επίλογος

Σε αυτό το κεφάλαιο πραγματοποιήθηκε μια σύντομη ιστορική αναδρομή σχετικά με τη διάρθρωση των τιμών του αργού πετρελαίου. Επιπλέον, έγινε αναφορά στη λειτουργία του ΟΠΕΚ καθώς και σε σημαντικά ιστορικά γεγονότα και στον τρόπο με τον οποίο αυτά επηρέασαν τις τιμές.

2 Κεφάλαιο 2: Παράγοντες

Η διεθνής αγορά πετρελαίου έχει περάσει σταδιακά από την μονοπωλιακή τιμολόγηση που κυριαρχείται από τον ΟΠΕΚ και άλλους οργανισμούς στην εμπορευματοποίηση. Η μελέτη της διακύμανσης της τιμής του πετρελαίου έχει επίσης μετατοπιστεί από την παραδοσιακή θεωρία των εξαντλητικών πόρων (Hotelling 1931) στη συμπεριφορά της αγοράς. Παραδοσιακά, οι τιμές του πετρελαίου καθορίζονται από την προσφορά και τη ζήτηση, αλλά αυτοί οι παράγοντες δεν επαρκούν πλέον για να εξηγήσουν τη συμπεριφορά τιμών της αγοράς πετρελαίου στην εποχή μετά τη χρηματοπιστωτική κρίση του 2008. Με την παγκοσμιοποίηση της οικονομίας και την ανάπτυξη των συμβάσεων μελλοντικής εκπλήρωσης πετρελαίου αγορά, η διεθνής αγορά πετρελαίου δεν είναι πλέον ένας απλός τόπος συναλλαγών εμπορευμάτων, αλλά ένα σημαντικό μέρος της παγκόσμιας χρηματοπιστωτικής αγοράς. Οι πόροι πετρελαίου όχι μόνο έχουν τις ιδιότητες του εμπορεύματος ως εισροή παραγωγής αλλά διαθέτουν επίσης πολλά χαρακτηριστικά της οικονομικής ιδιοκτησίας [3]. Η ασφάλεια του πετρελαίου δεν θεωρείται μόνο ως ασφάλεια εφοδιασμού της "παραγωγής-προμήθειας", αλλά και ως ασφάλεια τιμής της "χρηματοδότησης της αγοράς". Ο αντίκτυπος των αλλαγών στις τιμές του πετρελαίου στην πραγματική οικονομία μπορεί να επεκταθεί στις χρηματοπιστωτικές αγορές, προκαλώντας μεγαλύτερα σοκ στη χρηματιστηριακή αγορά ([4]; [5]; [6]). Η χρηματοδότηση του πετρελαίου έχει γίνει ένα σημαντικό θέμα για την κατανόηση της τιμολόγησης και της επιρροής της διακύμανσης της διεθνούς τιμής του πετρελαίου. Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται εισαγωγή και περιγραφή των παραγόντων οι οποίοι θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια για την ανάλυση της σχέσης τους με τις τιμές του πετρελαίου.

2.1 Προσφορά

Οι τιμές των εμπορευμάτων προέρχονται από δύο βασικούς παράγοντες, οι οποίοι είναι κοινοί για όλα τα αγαθά. Οι παράγοντες αυτοί είναι η προσφορά και η ζήτηση. Όταν υπάρχει μεγάλη προσφορά που υπερβαίνει τη ζήτηση, οι τιμές μειώνονται. Από την άλλη πλευρά, η έντονη ζήτηση σημαίνει ότι η τιμή ωθείται προς τα πάνω.

Η προσφορά ως καθοριστικός παράγοντας μπορεί να περιλαμβάνει τόσο τις τεχνολογικές εξελίξεις όσο και τις αποφάσεις του ΟΠΕΚ. Σε αυτή την περίπτωση, η προσφορά διασκορπισμού εξετάζεται από θεμελιώδη οπτική γωνία της αγοράς. Η προσφορά αποτελείται από ισχυρά ενδιαφερόμενα μέρη, όπως ο ΟΠΕΚ, οι αμερικανικές ιδιωτικές ή δημόσιες πετρελαϊκές εταιρείες, η Ρωσία και η αφρικανική παραγωγή. Η "δήλωση συνεργασίας (Declaration of Cooperation)" μεταξύ των μελών του ΟΠΕΚ και των μη μελών του ΟΠΕΚ αποτέλεσε ορόσημο για την πετρελαϊκή βιομηχανία. Στην πραγματικότητα, η διαδικασία λήψης αποφάσεων σχετικά με την παραγωγή μπορεί να διακριθεί πριν και μετά από αυτήν. Στην Εικόνα 2 απεικονίζεται η παραγωγή πετρελαίου σε TWh από το 1965 μέχρι και το 2022.

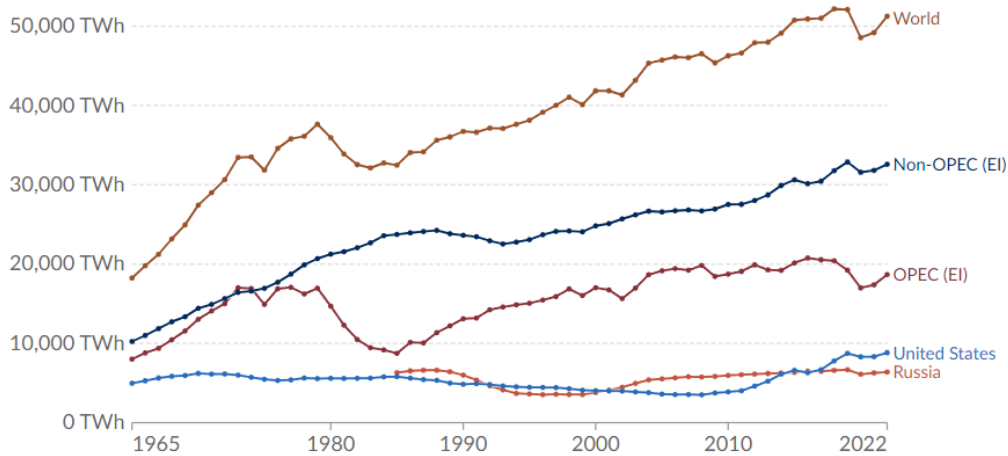


Figure 2: Παραγωγή πετρελαίου. Περιλαμβάνει αργό πετρέλαιο, σχιστολιθικό πετρέλαιο, πετρελαϊκή άμμο, συμπυκνώματα (συμπυκνώματα μίσθωσης ή συμπυκνώματα αερίου που απαιτούν περαιτέρω διύλιση) και NGL (ρευστά φυσικού αερίου - αιθάνιο, LPG και νάφθα που διαχωρίζονται από την παραγωγή φυσικού αερίου). Εξαιρούνται τα υγρά καύσιμα από άλλες πηγές, όπως τα βιοκαύσιμα και τα συνθετικά παράγωγα άνθρακα και φυσικού αερίου. Πηγή: (Our World in Data 2023).

Οι [7] επιχειρούν να εκτιμήσουν την πιθανότητα αρνητικού κλυδωνισμού της προσφοράς και του μεγέθους της. Σύμφωνα με αυτούς, η παγκόσμια παραγωγή διαιρείται σε πέντε περιφέρειες, τη Σαουδική Αραβία, άλλα κράτη του Περσικού Κόλπου, αφρικανικά, λατινοαμερικανικά και ρωσικά/Κασπία. Η πιθανότητα διαταραχής της προσφοράς έχει αυξηθεί από το 1996, ενώ το προφίλ κινδύνου του 2005 παραμένει σταθερό έκτοτε. Επιπλέον, οι χαμηλές τιμές αυξάνουν την πιθανότητα διαταραχής του πετρελαίου. Υπολογίζουν ότι η πιθανότητα διαταραχής της προσφοράς 2 Mbbbl/ημέρα ή διάρκειας τουλάχιστον δύο μηνών είναι 80% μεταξύ 2016 και 2025. Οι [8] θεωρούν τον ΟΠΕΚ ως σταθεροποιητική δύναμη της αγοράς. Η πλεονάζουσα παραγωγική του ικανότητα, σύμφωνα με το μοντέλο τους, μπορεί να αντισταθμίσει πιθανές διαταραχές των τιμών. Καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η ισχύς του ΟΠΕΚ για σταθεροποίηση της αγοράς εξαρτάται από τη βραχυπρόθεσμη ελαστικότητα της ζήτησης και της προσφοράς. Ακόμη πιο εντυπωσιακά, η ικανότητα του ΟΠΕΚ να αντισταθμίζει τις διαταραχές των τιμών είναι αρκετά ικανή να μειώσει την αστάθεια της αγοράς κατά το ήμισυ. Οι ερευνητικές μελέτες τους αφορούν την αγορά πετρελαίου έως τον Οκτώβριο του 2014, χωρίς να περιλαμβάνουν τα χαμηλότερα επίπεδα των 2016. Ο κεντρικός ρόλος του ΟΠΕΚ στην αλυσίδα εφοδιασμού αναγνωρίζεται από τους [9] και [10].

Οι [11] βρίσκουν δύο συνολοκληρωτικές σχέσεις με τις τιμές του πετρελαίου. Αυτές είναι η συμπεριφορά του ΟΠΕΚ που ελέγχει την τιμολόγηση με ποσοτώσεις παραγωγής (η πρώτη), ενώ η έκταση των αποθεμάτων του ΟΟΣΑ (Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης) είναι η δεύτερη. Οι [12] προτείνουν τη συνένωση των επιπέδων παραγωγής πετρελαίου και της ζήτησης για πολλές χώρες παραγωγής. Επιπλέον, καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι τα επίπεδα ζήτησης επηρεάζουν σημαντικά την παραγωγή τόσο στις χώρες του ΟΠΕΚ (Αλγερία, Ιράν, Κουβέιτ, Σαουδική Αραβία και Βενεζουέλα) όσο και σε χώρες που δεν είναι μέλη του ΟΠΕΚ (Μεξικό, Νορβηγία, Ρωσία και ΗΠΑ). Ο λόγος είναι ότι η οικονομική ανάπτυξη αυξάνει την κατανάλωση και οι παραγωγοί ακολουθούν το παράδειγμα για να μεγιστοποιήσουν τα έσοδά τους. Αυτή είναι η προϋπόθεση εάν υπάρχει πλεονάζουσα παραγωγική ικανότητα και η παραγωγή είναι ελαστική. Αντίθετα, η Αγγλία, η Βραζιλία και ο Καναδάς έχουν επίπεδα παραγωγής που δεν επηρεάζονται από την παγκόσμια ζήτηση. Επιπλέον, η υψηλή ζήτηση αύξησε τις τιμές, αλλά η ελαστικότητα παραγωγής πολλών χωρών του ΟΠΕΚ είναι μηδενική. Η Σαουδική Αραβία με την άφθονη πλεονάζουσα παραγωγική της ικανότητα αυξάνει απότομα την παραγωγή για να μεγιστοποιήσει τα έσοδα σε περιόδους υψηλών τιμών. Επιπλέον, σε περιόδους εξαιρετικά

υψηλών τιμών, η Σαουδική Αραβία ενεργεί ως "συμπληρωματική εξισοροποιητική παραγωγός (swing producer)" ευθυγραμμίζοντας τις δράσεις του ΟΠΕΚ για την ελάφρυνση της πίεσης. Η Νορβηγία και το Μεξικό για να μειώσουν την μεταβλητότητα των εσόδων τους προσαρμόζουν αρνητικά την παραγωγή τους στα επίπεδα τιμών λόγω των μικρότερων αποθεμάτων τους. Το γενικό συμπέρασμα είναι ότι η Σαουδική Αραβία και το Κουβέιτ ενεργούν ως "swing producers" με την άφθονη πλεονάζουσα παραγωγική τους ικανότητα για την κάλυψη της ζήτησης. Οι τελευταίες χώρες του ΟΠΕΚ και εκτός ΟΠΕΚ δεν παράγουν ανταγωνιστικά προϊόντα. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο οι ελαστικότητες της παραγωγής δεν είναι αρνητικές και σημαντικές για τις τιμές με το Μεξικό και τη Νορβηγία ως τις μόνες απαλλαγές.

Οι [13] υποδηλώνουν ότι το αποτέλεσμα της απόφασης του ΟΠΕΚ δεν είναι σταθερό και η επιρροή του καθορίζεται από τις αποφάσεις παραγωγής και τις τιμές του πετρελαίου. Η μικρότερη επιρροή είναι όταν οι τιμές του πετρελαίου είναι υψηλές και η μη συμβατική παραγωγή είναι βιώσιμη. Στην έρευνα του [14] υποδηλώνεται ότι η αύξηση της χρησιμοποίησης του ΟΠΕΚ, δηλαδή η πλευρά της προσφοράς, είναι αυτή που αυξάνει τις τιμές και ενισχύει τις κερδοσκοπικές πιέσεις. Η αυξημένη ζήτηση πετρελαίου μαζί με την αργή αύξηση της παραγωγικής ικανότητας του ΟΠΕΚ προκάλεσε πληθωρισμό τιμών. Οι [15] υποδηλώνουν ότι υπάρχει μερισμός της παραγωγής και ότι η θεωρία της αντιστάθμισης ισχύει για τη Σαουδική Αραβία. Η Αραβία εξάγει αρκετούς όγκους για να ανταποκριθεί στη ζήτηση. Ωστόσο, δεν προσπαθεί να καλύψει όλη την αύξηση της ζήτησης και αφήνει χώρο για τους υπόλοιπους παραγωγούς. Αυτού του είδους η στρατηγική αυξάνει τα έσοδα, ενώ παράλληλα διατηρεί καλές σχέσεις με άλλους παραγωγούς (στρατηγική επιμερισμού της παραγωγής). Επιπλέον, ο επιμερισμός της παραγωγής δεν αφήνει τις τιμές σε ακραία επίπεδα που θέτουν σε κίνδυνο τη μελλοντική ζήτηση. Επιπλέον, η απροθυμία περιορισμού της παραγωγής κατά τη διάρκεια του περιβάλλοντος χαμηλών τιμών αποτελεί απόδειξη για τη θεωρία της αντιστάθμισης. Η Σαουδική Αραβία προγραμματίζει την παραγωγή της στο πλαίσιο του διλήμματος υψηλής παραγωγής/χαμηλής τιμής ή χαμηλής παραγωγής/υψηλής τιμής. Επιπλέον, η παραγωγή του ΟΠΕΚ έχει εντονότερη συμπεριφορά αποπληθωρισμού των τιμών από την παραγωγή σχιστής αργίλου. Ο ΟΠΕΚ έχει ελαστικό συντελεστή (-1.32), ενώ η σχιστή αργίλος παράγει ανελαστικό (-0.16). Το τελευταίο μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι ο ΟΠΕΚ είναι μια καθιερωμένη λέσχη που αποτελείται από λίγους ισχυρούς παραγωγούς, ενώ η παραγωγή σχιστής αργίλου αποτελείται από βασικούς μικρούς παραγωγούς. Έτσι, η αγορά στρέφει την προσοχή της στον ΟΠΕΚ, του οποίου τα σήματα καθορίζουν την αγορά. Αυτό δεν είναι δυνατό λόγω της διασποράς της παραγωγής των ΗΠΑ. Οι Okullo και Reynes (2016) διαπιστώνουν ότι ο ΟΠΕΚ δεν αποτελεί τέλειο καρτέλ και ότι στις μικρότερες χώρες χορηγούνται υψηλότερες ποσοτώσεις για δωροδοκία. Επιπλέον, η ανομοιογένεια του ΟΠΕΚ και η μη περίσσεια του ΟΠΕΚ δημιουργούν κίνητρα για μη συμπαιγνία. Ωστόσο, διαπιστώνεται ότι η στρατηγική εφοδιασμού του ΟΠΕΚ είναι πιο περιοριστική από την ολιγοπωλιακή ισορροπία Cournot-Nash. Οι [16]) υποδεικνύουν ότι ο ΟΠΕΚ θα πρέπει να φιλοξενήσει την αναπτυσσόμενη αμερικανική παραγωγή σχιστολιθικού αερίου και στη συνέχεια να ακολουθήσει στρατηγική κατανομής της αγοράς.

Οι [17] χρονολογούν τις διακοπές της δομής και της μεταβλητότητας των θεμελιωδών μεταβλητών. Όσον αφορά την προσφορά, εντοπίζουν διαθροωτική διακοπή γύρω από τον Δεκέμβριο του 1980 με πιθανότητα 90% μεταξύ Οκτωβρίου 1980 και Φεβρουαρίου 1981. Η μεταβλητότητα βιώνει δύο διακοπές, μία το 1990 και μία το 2004. Αυτές οι διακοπές της μεταβλητότητας σηματοδοτούν μειωμένες πτητικές λειτουργίες για κλυδωνισμούς της παραγωγής. Οι τιμές του πετρελαίου αντιδρούν λιγότερο απότομα στις αρνητικές διαταραχές της προσφοράς. Η σχέση καθίσταται ανελαστική (-0.42), όταν ήταν ελαστική (-1.81) έως τα μέσα της δεκαετίας του 1990. Έως το 1980, η απώλεια παραγωγής ήταν προσωρινή και έπαυσε σε δύο έτη, όταν προκλήθηκε από αρνητικό κλυδωνισμό της προσφοράς. Από το 1980, ο προσωρινός χαρακτήρας της παραγωγής καθίσταται μόνιμος. Οι επιπτώσεις των κλυδωνισμών στην προσφορά μεταβάλλονται καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου. Οι τιμές αντιδρούν απότομα μεταξύ του 1988 και του 1994, περίοδο κοντά στην

επικείμενη κατάρρευση του ΟΠΕΚ. Η επιρροή καθίσταται λιγότερο έντονη λίγους μήνες αργότερα. Η τελευταία θα μπορούσε να εξηγηθεί από την άφθονη πλεονάζουσα παραγωγική ικανότητα που κατείχαν τότε οι παραγωγοί. Η επίδραση στις τιμές του πετρελαίου μετατρέπεται σε μόνιμη βάση από το 1994. Η ανάλυση των διακυμάνσεων υποδηλώνει ότι η προσφορά θεωρείται υπεύθυνη μόνο για το 2% της διακύμανσης της οικονομικής δραστηριότητας. Οι διαταραχές της προσφοράς εξηγούν το 50 % της διακύμανσης των τιμών του πετρελαίου έως το 1981. Οι διαταραχές της ζήτησης διαδραματίζουν επίσης καίριο ρόλο, δεδομένου ότι εξηγούν το 40% της διακύμανσης των τιμών του πετρελαίου. Και τα δύο αποτελέσματα της ανάλυσης των διακυμάνσεων αφορούν χρονικό ορίζοντα δύο ετών. Για μικρότερους ορίζοντες, όπως ο εξαμηνιαίος, η προσφορά μπορεί να εξηγήσει τη διακύμανση των τιμών του πετρελαίου κατά το πρώτο ήμισυ της δεκαετίας του '1980. Κατά το δεύτερο ήμισυ της δεκαετίας του 1980, οι διαταραχές της ζήτησης αποκτούν σημαντικό ρόλο, δεδομένου ότι εξηγούν πάνω από το 80% της διακύμανσης των τιμών του πετρελαίου σε εξαμηνιαίους, διετείς και πενταετείς χρονικούς ορίζοντες. Η σχεδόν κατάρρευση του ΟΠΕΚ θα μπορούσε να λογοδοτήσει. Το 1986, η χαμηλή ζήτηση και η υψηλή προσφορά δημιούργησαν κόλλα. Ωστόσο, οι κλυδωνισμοί του εφοδιασμού ανακτούν τον εξέχοντα ρόλο τους το 1988 και παραμένουν σημαντικοί έως το 1990. Ένας βασίμιος λόγος για την εξήγηση είναι η περίοδος πριν από την εισβολή στο Ιράκ. Η ζήτηση καθίσταται ο κυριότερος καθοριστικός παράγοντας για την τιμή του πετρελαίου από το 1990.

Ο [18] προτείνει τον σταθερό ρόλο της παραγωγής για ολόκληρη την περίοδο. Μόλις το 2009, η παραγωγή αύξησε τη σημασία της, αλλά λίγο αργότερα επανήλθε στην προηγούμενη σημασία της. Οι εισαγωγές πετρελαίου από τις ΗΠΑ αύξησαν τη σημασία τους πριν από τα μέσα της δεκαετίας του 2000. Οι [19] επιμένουν ότι η προσφορά έχει αυξημένο ρόλο στις τιμές του πετρελαίου. Η ελαστικότητα της προσφοράς είναι 0.021, βάσει διαφορετικών μεθοδολογιών μπορεί να φτάσει τιμές μεταξύ 0.054 και 0.081. Η επιρροή παραμένει ισχυρή ακόμη και αν προστεθούν πιο εκτεταμένες διαταραχές του εφοδιασμού. Ωστόσο, δεν απαντούν όλοι οι παραγωγοί με τον ίδιο τρόπο. Η Σαουδική Αραβία, τα μέλη του ΟΠΕΚ πλην της Σαουδικής Αραβίας και τα μη μέλη του ΟΠΕΚ διαθέτουν ελαστικότητες 0.212, 0.191 και 0.004 αντίστοιχα. Ο ΟΠΕΚ διατηρεί την τεράστια πλεονάζουσα παραγωγική ικανότητα που σταθεροποιεί τις ακραίες διακυμάνσεις του πετρελαίου. Η παραγωγή πετρελαίου αυξάνεται κατά 0,6% λόγω της διαταραχής της ζήτησης πετρελαίου. Η παραγωγή πετρελαίου αντιδρά κυρίως σε κλυδωνισμούς της προσφοράς και της ζήτησης. Η μεταβλητότητα της παραγωγής πετρελαίου οφείλεται σε κλυδωνισμούς της ζήτησης κατά 36% και σε κλυδωνισμούς της προσφοράς κατά 43%. Αντ' αυτού, οι [20] υποδηλώνουν ότι οι διαταραχές της προσφοράς έχουν μόνο παροδική επίδραση, καθώς η επίδρασή τους διαρκεί μόνο έναν μήνα. Αυτό εξηγείται από τη σταθερή παγκόσμια παραγωγή πετρελαίου. Δεν υπήρξαν σημαντικά αρνητικές κρίσεις στον εφοδιασμό με πετρέλαιο, ακόμη και αν υπήρξαν μαζικές απεργίες στη Βενεζουέλα το 2002-2003 ή όταν ξεκίνησε ο Δεύτερος Πόλεμος του Κόλπου το 2003. Η απουσία νέων επενδύσεων μεταξύ 2005 και 2008 διατήρησε σταθερή την παραγωγή. Οι διαταραχές της προσφοράς δεν έχουν σταθερές επιπτώσεις στις τιμές του πετρελαίου και οι επιδράσεις αυτές εξαρτώνται από τον χρονικό ορίζοντα. Οι διαταραχές της προσφοράς πετρελαίου εξηγούν μεταξύ 0,22% και 20,45% της διακύμανσης των τιμών του πετρελαίου. Ο συνδυασμός χαμηλής ζήτησης και υψηλής παραγωγής εξηγεί τη μείωση των τιμών του πετρελαίου από το 2014. Οι [21] υποδηλώνουν ότι οι διαταραχές της προσφοράς πετρελαίου επηρέασαν λιγότερο τις πραγματικές τιμές του πετρελαίου τις δεκαετίες του 1990 και του 2000 από ό, τι στο παρελθόν. Η μικρότερη επιρροή καθίσταται ακόμη πιο αδύναμη, καθώς το σχιστολιθικό πετρέλαιο προσθέτει περισσότερες ποσότητες. Οι [22] εισαγουν τον δείκτη τεκμαρτής μεταβλητότητας (NVIX) σε συνδυασμό με τα θεμελιώδη οικονομικά μεγέθη. Οι διαταραχές της προσφοράς επηρεάζουν τις τιμές του πετρελαίου έως το 2002. Έκτοτε, η επιρροή τους καθίσταται αμελητέα. Οι διαταραχές της προσφοράς επηρεάζουν σημαντικά την τεκμαρτή μεταβλητότητα το 2008 και το 2009. Ο δείκτης NVIX επηρεάζεται θετικά από διαταραχές της προσφοράς. Επιπλέον, το 2002 και μεταξύ 2007 και 2012, οι διαταραχές της παροχής τροφοδότησης οδήγησαν στην πορεία του NVIX. Ο [23] θεωρεί ότι εάν το πλεόνασμα

πετρελαίου επηρέαζε τις τιμές του, τότε η υπερπροσφορά και οι τιμές του πετρελαίου θα έπρεπε να είχαν συσχετιστεί αρνητικά. Τα αρχικά του αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι οι τιμές του αργού πετρελαίου είναι εξωγενείς στη δραστηριότητα γεώτρησης και στην παραγωγή των ΗΠΑ. Αυτό σημαίνει ότι η υπερπροσφορά των ΗΠΑ δεν μείωσε τις τιμές του πετρελαίου μεταξύ 2014 και 2016. Όταν εξετάζει την υπόθεση με παλινδρομήσεις, διαπιστώνει ότι μεταβλητές προσφορές, όπως αυτές της αμερικανικής παραγωγής πετρελαίου και του αριθμού των εξεδρών, υποδηλώνουν ότι η επανάσταση του σχιστολίθου προηγήθηκε της κατάρρευσης της τιμής του πετρελαίου και ότι η παραγωγή των ΗΠΑ μειώθηκε κατά τη διάρκεια του περιβάλλοντος χαμηλών τιμών. Ωστόσο, σε μια άλλη έρευνα του [24], αυτός διαφωνεί με τον [23] και προτείνει πως η προσφορά σχιστολιθικού αερίου και όχι η προσφορά του ΟΠΕΚ ήταν ο παράγοντας πίσω από τη μείωση της τιμής του πετρελαίου. Επιπλέον, σύμφωνα με τα αποτελέσματά του, η πραγματική και κερδοσκοπική ζήτηση ήταν μεταξύ των καθοριστικών παραγόντων για την τιμή του πετρελαίου.

Οι [17] διαπιστώνουν ότι η ζήτηση επηρεάζει την παραγωγή πετρελαίου. Αναλυτικά, οι διαταραχές της ζήτησης μείωσαν την παραγωγή πετρελαίου έως το 1980. Η ανάλυση της διακύμανσης αποκαλύπτει ότι η ζήτηση μπορεί να εξηγήσει τη διακύμανση της τιμής του πετρελαίου από 0,2% τη δεκαετία του 1980 σε 20% μεταξύ 2004 και 2008. Οι [25] θεωρούν την παραγωγή της Σαουδικής Αραβίας εξαιρετικά ευαίσθητη στις διακυμάνσεις των τιμών του πετρελαίου σε όλους τους ορίζοντες, αλλά ιδίως σε εξαμηνιαίο ορίζοντα. Η διακύμανση της παραγωγής εξηγείται κατά 84% από τις διακυμάνσεις των τιμών του πετρελαίου και κατά 15% από τις γεωτρήσεις. Αυτό το προφίλ παραγωγής μπορεί να εξηγηθεί από τα τεράστια αποθέματα που διαθέτει η χώρα. Επιπλέον, σχεδόν το σύνολό τους τελεί υπό τη διαχείριση της NOC Saudi Aramco. Η Σαουδική Αραβία διαθέτει μεγάλη πλεονάζουσα παραγωγική ικανότητα. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η πλευρά της Σαουδικής Αραβίας μπορεί να αλλάξει πολύ εύκολα την παραγωγή της. Η γεώτρηση περιλαμβάνεται σε μεσοπρόθεσμη έως μακροπρόθεσμη προοπτική και δεν είναι τόσο ευαίσθητη στις διακυμάνσεις των τιμών του πετρελαίου. Αντιθέτως, η αμερικανική παραγωγή έχει πολύ διαφορετική συμπεριφορά. Η ζήτηση μπορεί να εξηγήσει το 53% της διακύμανσης της παραγωγής, ενώ η δραστηριότητα γεώτρησης μπορεί να εξηγήσει το 36% κατά τους πρώτους έξι μήνες. Για μακροπρόθεσμους ορίζοντες, η δραστηριότητα γεώτρησης μπορεί να εξηγήσει το 62% της αύξησης της παραγωγής, όταν η ζήτηση μπορεί να είναι υπεύθυνη μόνο για το 31%. Η παγκόσμια παραγωγή επηρεάζεται κατά 47% από την πορεία των τιμών, ενώ το 23% από τη δραστηριότητα γεώτρησης. Όταν ο ορίζοντας γίνεται 1 έτος, τότε η παγκόσμια παραγωγή εξηγείται από τη ζήτηση κατά 72%, ενώ οι μεταβολές των τιμών εξηγούνται κατά 27%. Η γεώτρηση είναι στατιστικά ασήμαντη. Η τελική του πρόταση είναι ότι η πορεία των τιμών του πετρελαίου εξαρτάται από τα θεμελιώδη στοιχεία και όχι από την κερδοσκοπία.

Για την ποσοτικοποίηση της προσφοράς θα χρησιμοποιηθούν δύο δείκτες. Ο πρώτος θα είναι η "παγκόσμια παραγωγή αργού πετρελαίου" και ο δεύτερος η "παγκόσμια εξαγωγή αργού πετρελαίου".

2.1.1 Παγκόσμια παραγωγή αργού πετρελαίου

Η παγκόσμια παραγωγή αργού πετρελαίου περιλαμβάνει παραγωγή τόσο του ΟΠΕΚ όσο και εκτός ΟΠΕΚ. Η παραγωγή αργού πετρελαίου υπόκειται συχνά σε γεωπολιτικές εξελίξεις, καθώς και σε παράγοντες όπως γεγονότα που σχετίζονται με τις καιρικές συνθήκες, κόστος εξερεύνησης και παραγωγής (E&P), επενδύσεις και καινοτομίες. Σύμφωνα με εκτιμήσεις του 2014, τα κράτη μέλη του ΟΠΕΚ ελέγχουν το 81% των παγκόσμιων αποθεμάτων αργού πετρελαίου, με το μεγαλύτερο μέρος των αποθεμάτων πετρελαίου του ΟΠΕΚ να βρίσκεται στη Μέση Ανατολή, που ανέρχεται σε περίπου 66% του συνόλου του ΟΠΕΚ. Τα μη μέλη του ΟΠΕΚ διαδραματίζουν επίσης όλο και πιο σημαντικό ρόλο.

2.1.2 Παγκόσμια εξαγωγή αργού πετρελαίου

Η παγκόσμια εξαγωγή αργού πετρελαίου μπορεί να θεωρηθεί ως ένα πρόσθετο μέτρο της παγκόσμιας παραγωγής αργού πετρελαίου. Ενώ, το προηγούμενο σύνολο μεταβλητών παρέχει μια άμεση εικόνα της προσφοράς, αυτό μετρά την πιθανή ικανότητα για (υπερβάλλουσα) προσφορά.

2.2 Ζήτηση

Η διακύμανση της προσφοράς και της ζήτησης διεθνούς πετρελαίου επηρεάζει άμεσα τη μεταβολή της διεθνούς τιμής του πετρελαίου. Σύμφωνα με την οικονομική θεωρία, η ζήτηση είναι ένας από τους βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν τη διεθνή τιμή, επομένως η ταχέως αναπτυσσόμενη ζήτηση πετρελαίου θα προκαλούσε αναπόφευκτα την αύξηση της τιμής του πετρελαίου. Εξετάζοντας τις πολλές μεγάλες διακυμάνσεις και την αύξηση της διεθνούς τιμής του πετρελαίου στην ιστορία, μεταξύ αυτών είναι εύκολο να διαπιστωθεί ο σημαντικός ρόλος που έπαιξε η αλλαγή της ζήτησης πετρελαίου. Πριν από το ξέσπασμα της χρηματοπιστωτικής κρίσης, η παγκόσμια οικονομία άρχισε να παρουσιάζει ανάπτυξη ανάκαμψης από το 2002 και το 2003 έδειξε μια ταχεία αναπτυξιακή τάση, κυρίως η κλίμακα ανάπτυξης των παραδοσιακών μεταποιητικών βιομηχανιών επεκτάθηκε ασταμάτητα στις πρόσφατα βιομηχανοποιημένες χώρες, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, επειδή λόγω της προσαρμογής της οικονομικής δομής, η κατανάλωση πετρελαίου στις παραδοσιακές χώρες εξαγωγής πετρελαίου είχε αυξηθεί, η παγκόσμια ζήτηση και κατανάλωση πετρελαίου παρουσίασε επίσης μεγάλη αύξηση και ο ρυθμός αύξησης ήταν πολύ μεγαλύτερος από αυτόν της προσφοράς πετρελαίου, γεγονός που προκάλεσε την προσφορά πετρελαίου. όλο και πιο σοβαρό. Η παγκόσμια οικονομία υπέστη χρηματοπιστωτική κρίση το δεύτερο εξάμηνο του 2008 και η ανάπτυξή της βυθίστηκε σε στασιμότητα, ακόμη και οπισθοδρόμηση, κάτω από αυτή την επίδραση, η παγκόσμια ζήτηση και κατανάλωση πετρελαίου μειώθηκε απότομα και ακόμη και η διεθνής τιμή του πετρελαίου κατρακύλησε. Για τους λόγους αυτούς, η μεταβολή της διεθνούς ζήτησης πετρελαίου θα πρέπει να θεωρηθεί ως ένας από τους άμεσους παράγοντες που επηρεάζουν τη διακύμανση της διεθνούς τιμής του πετρελαίου.

Στην Εικόνα 3 απεικονίζεται η κατανάλωση πετρελαίου σε TWh από το 1965 έως και το 2022.

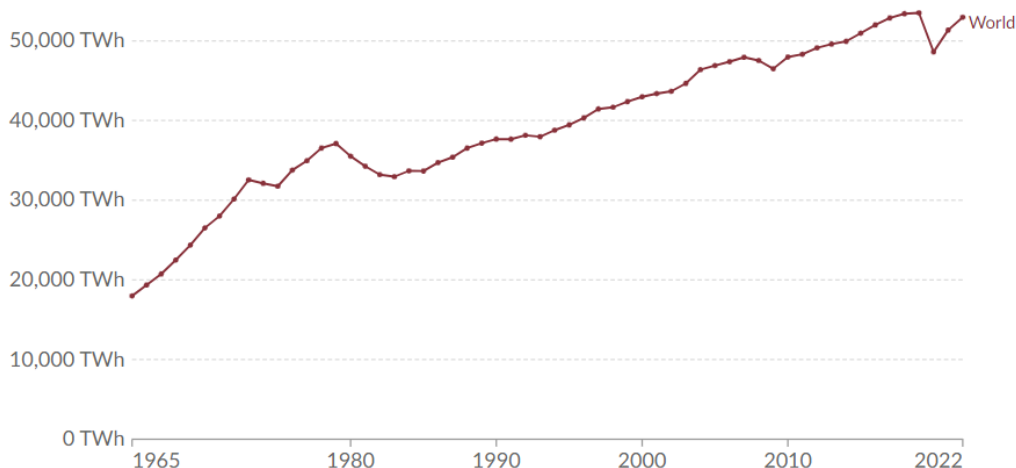


Figure 3: Παγκόσμια κατανάλωση πετρελαίου. Περιλαμβάνει εσωτερική ζήτηση συν τις διεθνείς αεροπορικές και θαλάσσιες αποθήκες καυσίμων και τις απώλειες διυλιστηρίων. Εξαιρούνται η κατανάλωση βιοβενζίνης (όπως αιθανόλη) και βιοντίζελ, ενώ περιλαμβάνονται παράγωγα άνθρακα και φυσικού αερίου. Πηγή: (Our World in Data 2023)

Το πετρέλαιο συνδέεται με την παγκόσμια οικονομική ανάπτυξη. Αποτελεί την πηγή ενέργειας για την ανάπτυξη όλων των οικονομιών. Ο κόσμος μας είναι ενεργοβόρος και μια χαμηλή έως

μέτρια ανάπτυξη θα απαιτούσε την αντίστοιχη κατανάλωση ενέργειας. Οι [26] υποδηλώνουν ότι η συνολική ζήτηση και οι ειδικές διαταραχές της ζήτησης συνέβαλαν περισσότερο στις τιμές του πετρελαίου απ' ό,τι συνέβαλαν οι διαταραχές της προσφοράς. Οι συνολικές διαταραχές της ζήτησης προκαλούν μακροπρόθεσμες διακυμάνσεις, ενώ οι διαταραχές της ζήτησης που αφορούν ειδικά την αγορά πετρελαίου προκαλούν βραχυπρόθεσμες διακυμάνσεις. Ο [27] διαχωρίζει τους κλυδωνισμούς της ζήτησης σε απαιτήσεις ροής και σε κερδοσκοπικούς κλυδωνισμούς της ζήτησης. Η αυξημένη ζήτηση που προκαλείται από τους επιχειρηματικούς κύκλους προκαλεί κλυδωνισμούς στη ζήτηση των ροών. Κατά συνέπεια, η αυξημένη ζήτηση αυξάνει τις τιμές του πετρελαίου. Στο πλαίσιο αυτών των κύκλων, τόσο οι παραγωγοί του ΟΠΕΚ όσο και οι παραγωγοί εκτός ΟΠΕΚ διατηρούν τις στρατηγικές παραγωγής τους. Μόνο η Σαουδική Αραβία και τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα αυξάνουν την παραγωγή τους όταν η ζήτηση είναι υψηλή. Αυτό εξηγείται από την άφθονη πλεονάζουσα παραγωγική ικανότητα και των δύο χωρών. Επιπλέον, η Ρωσία και το Μεξικό αυξάνουν επίσης την παραγωγή τους. Οι [28] δείχνουν επίσης ότι η ζήτηση αυξάνει την τιμή του αργού πετρελαίου. Η τιμή του αργού θα αυξηθεί κατά 1,35% σε αύξηση της ζήτησης κατά 1%. Η ελαστικότητα υπερβαίνει την ενότητα, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι τιμές του πετρελαίου επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από την οικονομική ανάπτυξη. Οι [17] αναγνωρίζουν δύο διαρθρωτικές διακοπές στις τιμές του πετρελαίου. Η πρώτη τον Μάιο του 1988 και η δεύτερη τον Οκτώβριο του 1994. Οι διακοπές λόγω μεταβλητότητας έχουν σχεδόν πανομοιότυπες ημερομηνίες με εκείνες του Φεβρουαρίου 1986 και μία τον Σεπτέμβριο του 1998. Συμπίπτουν με την περίοδο κατά την οποία οι παραγωγοί ανταγωνίζονταν έντονα μεταξύ τους, με αποτέλεσμα την σχεδόν κατάρρευση του ΟΠΕΚ το 1986. Το πετρέλαιο παρουσίασε σχετικά χαμηλή μεταβλητότητα κατά το πρώτο ήμισυ της δεκαετίας του 1980. Επιπλέον, η τιμή ανταποκρίθηκε λιγότερο στους κλυδωνισμούς της ζήτησης από τα τέλη της δεκαετίας του 1980 έως τα μέσα της δεκαετίας του 1990, αλλά στη συνέχεια έφθασε στα προηγούμενα επίπεδα. Οι διαταραχές της ζήτησης επηρεάζουν περισσότερο τις τιμές του πετρελαίου από το 1994. Επιπλέον, οι διαταραχές της ζήτησης προκαλούν μεγαλύτερη και εντονότερη επιρροή. Η θετική διαταραχή της ζήτησης μεταξύ του 1988 και του 1994 μειώνει τις τιμές του πετρελαίου λίγους μήνες αργότερα. Οι διαταραχές της ζήτησης που σχετίζονται με το πετρέλαιο αποτελούν τη βασική κινητήρια δύναμη για τη διακύμανση των τιμών του πετρελαίου, καθώς ευθύνονται για ποσοστό άνω του 90% της διακύμανσης από τον Οκτώβριο του 1994 κατά τις εξαμηνιαίες και διετείς περιόδους.

Οι [29] διαπιστώνουν μηδενική επίδραση των ελλείψεων εφοδιασμού που προκαλούνται από εξωγενή πολιτικά γεγονότα στη Μέση Ανατολή από τα μέσα της δεκαετίας του 1970. Ο σημαντικός παράγοντας είναι η επιτάχυνση της ζήτησης για προληπτικούς λόγους. Οι [20] θεωρούν τη ζήτηση ως τον κύριο παράγοντα τιμολόγησης του αργού πετρελαίου. Η προληπτική ζήτηση έχει μόνο μεταβατικές και όχι επίμονες επιπτώσεις. Η ζήτηση από τις ΗΠΑ και την Κίνα έχει πιο επίμονο χαρακτήρα. Οι κλυδωνισμοί της ζήτησης στις ΗΠΑ διαρκούν επτά μήνες, ενώ οι κραδασμοί της κινεζικής ζήτησης διαρκούν τέσσερις μήνες. Η κινεζική και η προληπτική ζήτηση εξηγούν το 51,28% και το 26,64% της διακύμανσης των τιμών του πετρελαίου αντίστοιχα. Η προληπτική ζήτηση έχει φθίνουσα επίδραση καθώς ο ορίζοντας επεκτείνεται. Αντίθετα, οι κλυδωνισμοί της ζήτησης στις ΗΠΑ επηρεάζουν περισσότερο τον ορίζοντα. Συγκεκριμένα, ο κλυδωνισμός της ζήτησης στις ΗΠΑ εξηγεί το 27,97% της διακύμανσης ακόμη και 24 μήνα αργότερα. Οι κινεζικοί κλυδωνισμοί ευθύνονται για ποσοστό μεταξύ 46,55% και 68,94% της διακύμανσης των τιμών του πετρελαίου, ανεξάρτητα από τον χρονικό ορίζοντα. Παράλληλα με τις διαταραχές της ζήτησης στις ΗΠΑ, οι διαταραχές της ζήτησης συμβάλλουν ακόμη και στο 70% της διακύμανσης των τιμών του πετρελαίου. Τα προαναφερθέντα αποτελούν την κινεζική ζήτηση ως τον κυριότερο καθοριστικό παράγοντα για την τιμή του πετρελαίου. Οι [11] υποδηλώνουν ότι μεταξύ του 2002 και του 2008 η αυξημένη ζήτηση από χώρες εκτός ΟΟΣΑ και οι χαμηλές ποσοστώσεις παραγωγής του ΟΠΕΚ ευθύνονται για την αύξηση της τιμής του πετρελαίου. Επιπλέον, οι φυσικοί όγκοι δεν μπορούσαν να δικαιολογήσουν πλήρως την αύξηση της τιμής του πετρελαίου το 2004 και το 2005. Η ζήτηση των αναπτυσσόμενων χωρών δεν μπορεί από μόνη της να δικαιολογήσει την αύξηση. Ο [18]

προτείνει τον σημαντικό ρόλο της οικονομικής ανάπτυξης το 2009 και στη συνέχεια απώλεσε μέρος της σημασίας της στα προ του 2009 επίπεδα. Η οικονομική δραστηριότητα διαδραματίζει σταθερά σημαντικό ρόλο με ταχείες βραχύβιες αιχμές επίδρασης. Η ζήτηση της Κίνας ήταν επίσης ένας συνεχώς σημαντικός παράγοντας διαμόρφωσης των τιμών του πετρελαίου. Επιπλέον, η ζήτηση στον ΟΟΣΑ ήταν σημαντική έως το 2000. Έκτοτε, εξαγόρασαν οι αναδυόμενες οικονομίες. Οι [21] προτείνει την χρονικά διαφοροποιημένη επίδραση της ζήτησης λόγω της οικονομικής δραστηριότητας. Η πραγματική τιμή του πετρελαίου δεν αντέδρασε στη ζήτηση με το ίδιο μέγεθος καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου. Αυτό το είδος επιρροής έχει καταστεί πιο απότομη από τα μέσα της δεκαετίας του 2000 λόγω των αναπτυσσόμενων χωρών. Οι [19] εκτιμούν την ελαστικότητα στο -0.017. Η τιμή μεταβάλλεται σε -0.031 με στενές βοηθητικές μεταβλητές, όταν με ευρείες βοηθητικές μεταβλητές είναι -0.08. Επιπλέον, η αντίδραση ώθησης προκαλεί διαταραχές που ευθύνονται για την αύξηση των τιμών του πετρελαίου κατά 6%. Οι θετικές διαταραχές στην πραγματική οικονομική δραστηριότητα και στις τιμές των βασικών εμπορευμάτων αυξάνουν τις τιμές του πετρελαίου και την παραγωγή πετρελαίου. Η πραγματική οικονομική δραστηριότητα των αναπτυσσόμενων χωρών, σε συνδυασμό με τις θετικές διαταραχές των τιμών των μετάλλων, προκαλούν επίμονη αύξηση. Αντ' αυτού, οι προηγμένες οικονομίες προκαλούν βραχύβιες και μεσαίες αυξήσεις. Τα βασικά μεγέθη της αγοράς αποτελούν τους κύριους μοχλούς, δεδομένου ότι η προσφορά και η ζήτηση ευθύνονται για το 64% της διακύμανσης των τιμών. Ο [24] θεωρεί την κατάρρευση της ζήτησης υπεύθυνο παράγοντα για την πτώση της τιμής του πετρελαίου το 2008. Η παγκόσμια οικονομική ύφεση που προκλήθηκε από την οικονομική κατάρρευση των ενυπόθηκων δανείων υψηλού κινδύνου ήταν ο κύριος καθοριστικός παράγοντας για τη μείωση των τιμών του πετρελαίου. Οι [30] προτείνουν τη ζήτηση ως τον κύριο καθοριστικό παράγοντα της τιμής του πετρελαίου. Αν και η κερδοσκοπία ενίσχυσε την απότομη αύξηση των τιμών του πετρελαίου έως το 2008, η αρνητική διαταραχή της ζήτησης ήταν ο παράγοντας εξαιτίας του οποίου αποπληθωρίστηκαν οι τιμές. Αντίθετα, οι [31] θεωρούν την κατανάλωση αμελητέα, ενώ η οικονομική δραστηριότητα είναι σημαντική. Η αιτιολόγηση είναι η ανελαστικότητα της τιμής της κατανάλωσης. Αυτό είναι δύσκολο να εξηγηθεί, καθώς η οικονομική δραστηριότητα αυξάνει την κατανάλωση. Οι συντάκτες προσθέτουν τη χαμηλή επίδραση της οικονομικής δραστηριότητας στην κατανάλωση, καθώς η κατανάλωση αποτελεί ενδογενή αντίδραση. Δεύτερον, ενώ η αύξηση της κατανάλωσης στις αναδυόμενες οικονομίες λόγω της οικονομικής ανάπτυξης, με άλλες μειώσεις αντισταθμίζει τυχόν επιπτώσεις. Τρίτον, η κερδοσκοπία θα μπορούσε επίσης να αποτελέσει λόγο. Ο [23] υποδηλώνει ότι τα υποκατάστατα της οικονομικής δραστηριότητας μπορούν να εξηγήσουν την κατάρρευση της περιόδου 2014-2016. Οι τιμές του χαλκού, τα επιτόκια και οι συναλλαγματικές ισοτιμίες των ΗΠΑ μπορούν να εξηγήσουν τα 31 δολάρια ΗΠΑ από την κατάρρευση των 65 δολαρίων ΗΠΑ. Το 52% της κατάρρευσης μπορεί να εξηγηθεί από άλλες μεταβλητές που καλύπτουν την πλευρά της ζήτησης. Σύμφωνα με τα αποτελέσματά του, η επανάσταση του σχιστολιθικού πετρελαίου δεν είναι υπεύθυνη για την κατάρρευση, αλλά η ζήτηση είναι.

Για την ποσοτικοποίηση της ζήτησης θα χρησιμοποιηθούν δύο δείκτες. Ο πρώτος θα είναι το ΑΕΠ (Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν) και ο δεύτερος η παγκόσμια εισαγωγή αργού πετρελαίου.

2.2.1 ΑΕΠ

Το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) είναι το τυπικό μέτρο της προστιθέμενης αξίας που δημιουργείται μέσω της παραγωγής αγαθών και υπηρεσιών σε μια χώρα κατά τη διάρκεια μιας ορισμένης περιόδου. Ως εκ τούτου, μετρά επίσης το εισόδημα που αποκτάται από αυτή την παραγωγή ή το συνολικό ποσό που δαπανάται για τελικά αγαθά και υπηρεσίες. Η παγκόσμια οικονομική ανάπτυξη συνδέεται στενά με τη ζήτηση πετρελαίου.

Το είδος της αντίδρασης στα σοκ της τιμής του πετρελαίου και το μέγεθός του ποικίλλουν ανάλογα

με το είδος της οικονομίας. Κατά συνέπεια, η αυξημένη ζήτηση αυξάνει τις τιμές του πετρελαίου. Στο πλαίσιο αυτών των κύκλων, τόσο οι παραγωγοί του ΟΠΕΚ όσο και οι παραγωγοί εκτός ΟΠΕΚ διατηρούν τις στρατηγικές παραγωγής τους.

2.2.2 Παγκόσμια εισαγωγή αργού πετρελαίου

Κατ' αναλογία των εξαγωγών αργού πετρελαίου για την περίπτωση της προσφοράς έτσι κι εδώ θα περιληφθούν και οι παγκόσμιες εισαγωγές αργού πετρελαίου στην κατηγορία της ζήτησης. Οι παγκόσμιες εισαγωγές αργού πετρελαίου είναι ένας άλλος βασικός παράγοντας που αντικατοπτρίζει την κατάσταση της οικονομίας.

2.3 Χρηματοοικονομικοί Παράγοντες

Οι [32] και [33] βρίσκουν ότι η χρηματιστηριακή αγορά και οι τιμές του πετρελαίου τείνουν να κινούνται μαζί προς την ίδια κατεύθυνση. Οι αλλαγές στη συνολική ζήτηση επηρεάζουν τόσο τα εταιρικά κέρδη όσο και τη ζήτηση για πετρέλαιο.

Η σχέση μεταξύ των τιμών του πετρελαίου και της χρηματιστηριακής αγοράς προσελκύει μεγάλο μέρος της βιβλιογραφίας. Ορισμένες μελέτες έχουν εντοπίσει αρνητική σχέση μεταξύ των δύο αγορών ([32], [34]). Ορισμένοι άλλοι υποστηρίζουν ότι μια θετική σχέση αφορά τις χώρες εξαγωγής πετρελαίου, ενώ η δυσμενής αλληλεπίδραση ισχύει για τις χώρες εισαγωγής πετρελαίου [35]. Η επίδραση της χρηματιστηριακής αγοράς στον πλούτο αναγνωρίζεται ως σημαντικός καθοριστικός παράγοντας της κατανάλωσης πετρελαίου και, ως εκ τούτου, και της τιμής του πετρελαίου. Πολλές εμπειρικές μελέτες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι ο χρηματοοικονομικός πλούτος αποτελεί σημαντική ερμηνευτική μεταβλητή για την κατανάλωση [36].

Σε πρόσφατη έρευνα, οι [37] έλεγξαν τη χρηματιστηριακή αγορά των ΗΠΑ ως μία από τις σημαντικότερες χρηματοπιστωτικές αγορές, θεωρώντας τον δείκτη S&P 500 ως τον πλέον αντιπροσωπευτικό δείκτη της χρηματιστηριακής αγοράς των ΗΠΑ. Εξετάζουν τις δευτερογενείς επιπτώσεις της χρηματιστηριακής αγοράς στην αγορά πετρελαίου και δείχνουν ότι υπάρχει σημαντική δευτερογενής επίδραση από την αμερικανική αγορά μετοχών στην αγορά αργού πετρελαίου. Οι [38] υποδηλώνουν θετική σχέση μεταξύ της χρηματιστηριακής αγοράς των ΗΠΑ και της αγοράς πετρελαίου και της αμφίδρομης μετάδοσης των μετοχών μεταξύ των αγορών. Επιπλέον, εξετάζεται η χρονικά μεταβαλλόμενη συσχέτιση υπό όρους μεταξύ των τιμών του πετρελαίου και της μεταβλητότητας των χρηματιστηριακών αγορών για έξι σημαντικές χώρες εισαγωγής και εξαγωγής πετρελαίου και για μια περίοδο από το 2004 έως το 2014. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι σχέσεις μεταξύ πετρελαϊκών αγορών και χρηματοπιστωτικών αγορών δεν παραμένουν σταθερές, αλλά συμπεριφέρονται ανομοιογενώς σε διαφορετικές χρονικές περιόδους.

Οι [39] έχουν τεκμηριώσει αρνητική σχέση μεταξύ των τιμών του πετρελαίου και των αποδόσεων των αποθεμάτων για το ελληνικό χρηματιστήριο. Για την ίδια αγορά, οι [40] υποστηρίζουν ότι η ελληνική χρηματιστηριακή αγορά έχει καταστεί λιγότερο ευμετάβλητη για τους επενδυτές μετά την εισαγωγή της Ελλάδας στην ΟΝΕ (Οικονομική και Νομισματική Ένωση), δημιουργώντας σταθερότερο οικονομικό περιβάλλον και ότι οι μεταβολές στις αποδόσεις των τιμών του αργού πετρελαίου επηρεάζουν αρνητικά τη χρηματιστηριακή αγορά των ΗΠΑ. Σε μια άλλη έρευνα [41], εξετάζεται η σχέση μεταξύ των αποδόσεων των χρηματιστηριακών αγορών σε 12 ευρωπαϊκές χώρες εισαγωγής πετρελαίου και των τιμών του πετρελαίου. Διαπιστώνουν ότι στις περισσότερες από αυτές τις αγορές οι αποδόσεις ανταποκρίνονται σημαντικά αρνητικά στις πετρελαϊκές κρίσεις.

Για τις ανάγκες του συγκεκριμένου παράγοντα θα χρησιμοποιηθούν οι δείκτες S&P 500 καθώς και ο δείκτης αμερικανικού δολαρίου (DXY).

2.3.1 Δείκτης S&P 500

Ο δείκτης S&P 500 είναι ένας χρηματιστηριακός δείκτης που παρακολουθεί την απόδοση των μετοχών 500 από τις μεγαλύτερες εταιρείες που είναι εισηγμένες σε χρηματιστήρια στις Ηνωμένες Πολιτείες. Είναι ένας από τους πιο συχνά ακολουθούμενους δείκτες μετοχών.

2.3.2 Δείκτης αμερικανικού δολαρίου DXY

Από το 1974, το δολάριο που συνδέεται επίσημα με το πετρέλαιο και οι περισσότερες διεθνείς συναλλαγές πετρελαίου τιμολογούνται, παραδίδονται και διακανονίζονται σε δολάρια ΗΠΑ, επομένως, η διακύμανση της συναλλαγματικής ισοτιμίας του δολαρίου όχι μόνο έχει άμεσο αντίκτυπο στη σταθερότητα της παγκόσμιας οικονομίας και στη διεθνή τιμή του πετρελαίου στη βιομηχανία πετρελαίου, αλλά και σημαντικό αντίκτυπο στις πετρελαϊκές πολιτικές στις χώρες εξαγωγής και στις χώρες κατανάλωσης πετρελαίου και στην εξερεύνηση και ανάπτυξη του παγκόσμιου πετρελαίου. Η υποτίμηση του δολαρίου ΗΠΑ προκαλεί αναπόφευκτα την άνοδο της διεθνούς τιμής του πετρελαίου. Η ανατίμηση των ΗΠΑ επιφέρει πτώση της διεθνούς τιμής του πετρελαίου. Από τη μια πλευρά, η υποτίμηση του δολαρίου ΗΠΑ προκαλεί μείωση της πραγματικής αγοραστικής δύναμης του πετρελαϊκού οφέλους του ΟΠΕΚ στη διεθνή αγορά, επομένως για να αντιμετωπίσει μια τέτοια έκτακτη ανάγκη, ο ΟΠΕΚ πρέπει να αυξήσει την τιμή για τη μείωση των ζημιών [2]. Από την άλλη πλευρά, η υποτίμηση του δολαρίου ΗΠΑ βελτιώνει σημαντικά την αγοραστική δύναμη άλλων νομισμάτων, αυξάνει την έλξη των συμβάσεων μελλοντικής εκπλήρωσης αργού πετρελαίου, που υπάρχει ως επενδυτικό προϊόν, στους επενδυτές σε περιοχές εκτός δολαρίου, ωστόσο, που αγοράζουν Τα συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης πετρελαίου σε μεγάλη ποσότητα θα οδηγούσαν σε ταχεία άνοδο της διεθνούς τιμής του αργού πετρελαίου. Η ποσοτική ανάλυση των παραγόντων που επηρεάζουν τη διεθνή τιμή του πετρελαίου, η οποία διεξήχθη από τον Cheng Wei-li (2005) δείχνει ότι τόσο μακροπρόθεσμα όσο και βραχυπρόθεσμα, η διακύμανση της συναλλαγματικής ισοτιμίας του δολαρίου θα επηρεάσει τη διεθνή τιμή του πετρελαίου, μακροπρόθεσμα, με κάθε αύξηση της ισοτιμίας του δολαρίου κατά 1% πέφτει η τιμή του πετρελαίου κατά 3,06%. βραχυπρόθεσμα, με κάθε αύξηση της ισοτιμίας του δολαρίου κατά 1% πέφτει η διεθνή τιμή του πετρελαίου κατά 1,82%.

Οι περισσότερες χώρες εξαγωγής πετρελαίου θεωρούν το δολάριο ως το νόμισμα διακανονισμού της εξαγωγής αργού πετρελαίου, ενώ πληρώνουν τα εισαγόμενα αγαθά από την Ευρώπη σε ευρώ. Η μεταβολή της ισοτιμίας μεταξύ δολαρίου και ευρώ προκαλεί άμεσα την αύξηση του κόστους εξαγωγής στις μεγάλες πετρελαιοπαραγωγές χώρες, προκαλώντας έτσι έμμεσα την επιδείνωση του εγχώριου πληθωρισμού. Ως εκ τούτου, πολλοί ειδικοί υποδεικνύουν ότι η υποτίμηση του δολαρίου είναι η εγγύς αιτία της συνεχούς αύξησης της διεθνούς τιμής του πετρελαίου, της οποίας η αδυναμία της συναλλαγματικής ισοτιμίας δολαρίου-ευρώ είναι η κύρια αιτία.

Ο δείκτης DXY είναι ένας σταθμισμένος γεωμετρικός μέσος όρος της αξίας του δολαρίου σε σχέση με τα ακόλουθα επιλεγμένα νομίσματα [42]:

- ο Ευρώ (EUR), 57,6% βάρος
- ο Γιεν Ιαπωνίας (JPY), 13,6% βάρος
- ο Λίρα στερλίνα (GBP), 11,9% βάρος
- ο Δολάριο Καναδά (CAD), 9,1% βάρος
- ο Κορόνα Σουηδίας (SEK), 4,2% βάρος
- ο Ελβετικό φράγκο (CHF), 3,6% βάρος

2.4 Παράγοντες της αγοράς εμπορευμάτων

Η σχέση μεταξύ των τιμών του πετρελαίου και άλλων βασικών εμπορευμάτων που επηρεάζουν τις τιμές του πετρελαίου με την πάροδο του χρόνου διερευνήθηκε σε μεγάλο βαθμό. Το ενδιαφέρον για τις τιμές της αγοράς βασικών εμπορευμάτων δεν αποτελεί πρόσφατο φαινόμενο. Ωστόσο, η παγκόσμια χρηματοπιστωτική κρίση και οι μεγάλες διακυμάνσεις των τιμών των βασικών εμπορευμάτων ανανέωσαν το ενδιαφέρον για τη δυναμική σχέση μεταξύ τους. Παραπέμποντας σε αυτό το σύνθετο θέμα οι [43] υποστηρίζουν ότι δεν υπάρχει συναίνεση στη βιβλιογραφία σχετικά με τον τρόπο μοντελοποίησης της παγκόσμιας αγοράς αργού πετρελαίου.

Ένα σύνολο συναφούς βιβλιογραφίας είναι αφιερωμένο στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αγορών βασικών προϊόντων και των αλληλεπιδράσεων σε πολλούς διαφορετικούς τομείς και βασικών προϊόντων ([44], [45]). Η δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ των διαφόρων τομέων και των διαφόρων αγορών βασικών εμπορευμάτων ώθησε τους χρηματοοικονομικούς επενδυτές να χαράξουν επενδυτικές στρατηγικές χρησιμοποιώντας σταδιακά στα χαρτοφυλάκια τους ενεργειακά βασικά βιομηχανικά και πολύτιμα μέταλλα και γεωργικά προϊόντα. Οι [46] υποστηρίζουν ότι η σχέση μεταξύ των τιμών του αργού πετρελαίου και άλλων βασικών εμπορευμάτων είναι περίπλοκη και υποδηλώνει την ανάγκη να ληφθεί υπόψη ο απολογισμός, η ενέργεια, τα μέταλλα και η ολοκλήρωση των γεωργικών αγορών.

Η αγορά χρυσού λειτουργεί ως παράγοντας κινητοποίησης για την αντιστάθμιση κινδύνων χαρτοφυλακίου και γεωπολιτικών κινδύνων και — σύμφωνα με τη βιβλιογραφία — ως αντιστάθμιση του πληθωρισμού ([44]). Πολλές άλλες μελέτες έχουν δείξει ότι ο χρυσός χρησιμοποιείται ως αντιστάθμιση σε παραδοσιακά χαρτοφυλάκια επενδύσεων και θα μπορούσε να θεωρηθεί ως εναλλακτική προσέγγιση ([47], [48]). Σύμφωνα με την οικονομική θεωρία, υπάρχει θετική σχέση μεταξύ χρυσού και πετρελαίου. Οι συνέπειες είναι ότι ο χρυσός και το πετρέλαιο αποτελούν ασφαλείς καταφύγια ενάντια σε διακυμάνσεις της αξίας του δολαρίου.

Η θετική σχέση μεταξύ των τιμών του πετρελαίου και του χρυσού μπορεί να εξηγηθεί μέσω του διαύλου εσόδων από εξαγωγές. Ο χρυσός αποτελεί βασικό μέρος των χαρτοφυλακίων διεθνών αποθεματικών, συμπεριλαμβανομένων των παραγωγών πετρελαίου. Σύμφωνα με τις [49], όταν αυξάνονται οι τιμές του πετρελαίου, τα έσοδα των εξαγωγέων πετρελαίου από το πετρέλαιο αυξάνονται, γεγονός που μπορεί να έχει επιπτώσεις στα επίπεδα των τιμών του χρυσού, επειδή οι εξαγωγείς πετρελαίου αγοράζουν χρυσό εν μέρει στην ιδιοκτησία τους. Στην περίπτωση αυτή, η αύξηση των τιμών του πετρελαίου οδηγεί σε αύξηση των τιμών του χρυσού. Οι [50] εξετάζουν τη σχέση μεταξύ αργού πετρελαίου και αγοράς χρυσού. Ελέγχουν τη συνεννοποίηση μεταξύ των δύο αυτών προϊόντων με διαδικασία δύο σταδίων, την οποία παρέχουν οι Engle και Granger (1987). Βρίσκουν μια μακροπρόθεσμη σχέση μεταξύ των αγορών αργού πετρελαίου και χρυσού, με την αστάθεια των τιμών του πετρελαίου να είναι εντονότερη από την τιμή του χρυσού. Σε μια πιο πρόσφατη εργασία, οι [51] εφάρμοσαν μια δυναμική ανάλυση της αιτιώδους συνάφειας bootstrap, για να εξετάσουν τη σχέση μεταξύ πετρελαίου και χρυσού πριν και μετά τη χρηματοπιστωτική κρίση. Διαπίστωσαν σταθερή σχέση μεταξύ πετρελαίου και χρυσού. Επιπλέον, παρατήρησαν γραμμική και μονής κατεύθυνσης αιτιώδη συνάφεια από πετρέλαιο σε χρυσό κατά την περίοδο πριν από την κρίση, ενώ κατά την περίοδο μετά την κρίση διαπίστωσαν μια μη γραμμική και αμφίδρομη σχέση αιτιώδους συνάφειας.

Μεγάλος αριθμός μελετών διερεύνησε τα βιομηχανικά μέταλλα ως βασικά προϊόντα που συνδέονται στενά με την οικονομική δραστηριότητα των αναδυόμενων οικονομιών, όπως η Κίνα και η Ινδία. Τα μεταλλικά βασικά προϊόντα είναι συχνά η σημαντικότερη πηγή εσόδων από εξαγωγές για πολλές αναπτυσσόμενες ή ανεπτυγμένες χώρες. Η ταχεία παγκόσμια οικονομική ανάπτυξη στις αρχές του αιώνα οδήγησε στη ζήτηση βασικών προϊόντων, αυξάνοντας τις τιμές των μετάλλων και των ορυκτών που χρησιμοποιούνται ως εισροές για τη μεταποίηση [52]. Στην συγκεκριμένη

έρευνα χρησιμοποιεί μακροχρόνιες χρονολογικές σειρές για 21 βιομηχανικά μέταλλα προκειμένου να μελετήσει τη μεταβλητότητα των διακυμάνσεων των τιμών τους. Καταλήγει στο συμπέρασμα ότι υπάρχουν ισχυρά στοιχεία που αποδεικνύουν ότι η τιμή των μεταλλικών βασικών προϊόντων σε παγκόσμιο επίπεδο συνδέεται με σημαντική αστάθεια. Σύμφωνα με την οικονομική θεωρία, οι αυξήσεις των τιμών του αργού πετρελαίου μειώνουν το διαθέσιμο εισόδημα, γεγονός που, με τη σειρά του, επιβραδύνει τη βιομηχανική παραγωγή. Η χαμηλότερη βιομηχανική παραγωγή αναμένεται να επηρεάσει αρνητικά τη ζήτηση μετάλλων, ασκώντας έτσι καθοδική πίεση στις τιμές τους. Ο [53] υποστηρίζει ότι στις υψηλές τιμές πετρελαίου τα μέταλλα και οι πρώτες ύλες ακολουθούν αποκλίνουσα πορεία. Από μακροοικονομική άποψη, όσο μεγαλύτερη είναι η αύξηση των τιμών του πετρελαίου και όσο μεγαλύτερες είναι οι υψηλότερες τιμές, τόσο μεγαλύτερος είναι ο μακροοικονομικός αντίκτυπος. Οι χώρες που εισάγουν καθαρό πετρέλαιο αντιμετωπίζουν επιδείνωση του ισοζυγίου πληρωμών τους και μείωση του πραγματικού εθνικού εισοδήματος με αρνητικό αντίκτυπο στις επενδύσεις, τις κατασκευές και τη βιομηχανική παραγωγικότητα.

Ο ρόλος των βασικών γεωργικών προϊόντων στη διαμόρφωση της τιμής του πετρελαίου περιγράφεται σε σημαντικές εργασίες. Οι [54] εξετάζουν τη διακύμανση μεταξύ των τιμών του πετρελαίου και των γεωργικών προϊόντων κατά την περίοδο 1990 ως 2010. Σύμφωνα με τα αποτελέσματά τους, οι μακροοικονομικοί παράγοντες είναι οι κύριοι καθοριστικοί παράγοντες των τιμών των βασικών εμπορευμάτων. Επισημαίνουν ότι οι αναδυόμενες οικονομίες και αγορές αποτελούν σημαντική πρόσθετη αύξηση της ζήτησης. Όποιος και αν είναι ο λόγος της μακροπρόθεσμης τάσης ή των βραχυπρόθεσμων διακυμάνσεων, όχι μόνο το αργό πετρέλαιο αλλά και άλλες τιμές άμεσης παράδοσης των βασικών εμπορευμάτων ακολούθησαν παρόμοια πορεία. Όλοι γνώρισαν σταθερά αυξανόμενες τάσεις αρχικά και στη συνέχεια μια άνευ προηγουμένου ύφεση μετά την παγκόσμια κρίση. Όσον αφορά τη διάχυση της μεταβλητότητας μεταξύ του αργού πετρελαίου και των γεωργικών προϊόντων, οι [55] με βάση τα στοιχεία από το 1998 έως το 2009 εξετάζουν τις τιμές του αργού πετρελαίου και τη σχέση μεταξύ των αγορών αργού πετρελαίου και βασικών γεωργικών προϊόντων. Βρήκαν ενδείξεις μετάδοσης της μεταβλητότητας στις αγορές αργού πετρελαίου, καλαμποκιού και σιταριού. Οι τιμές των βασικών γεωργικών προϊόντων φαίνεται να ανταποκρίνονται γρήγορα στις πραγματικές και αναμενόμενες μεταβολές των χρηματοπιστωτικών και ενεργειακών συνθηκών και χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο για την παραγωγή ενέργειας ([56], [57]). Η παγκόσμια παραγωγή βιοκαυσίμων έχει αυξηθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια, διαδραματίζοντας ολοένα και σημαντικότερο ρόλο στην αγορά σιτηρών και φαίνεται να συνεχίζεται σε αυτή την πορεία ανάπτυξης. Αυτό, με τη σειρά του, επηρέασε τις τιμές άλλων σπόρων όπως το σιτάρι. Στην παρούσα έρευνα, η αγορά σίτου αποτελεί σημαντικό καθοριστικό παράγοντα που επηρεάζει την αγορά ενέργειας και την παγκόσμια οικονομία. Το σιτάρι είναι το σημαντικότερο είδος διατροφής που εισέρχεται στο παγκόσμιο εμπόριο. Με την πάροδο των ετών έχει προσελκύσει πολλές ενισχύσεις ή ελέγχους τιμών. Αβεβαιότητες, όπως το κλίμα, που επηρεάζουν τις αποδόσεις των καλλιεργειών ενθάρρυναν την εξέλιξη των μελλοντικών αγορών σίτου ([58]). Το σιτάρι ως βασικό γεωργικό τρόφιμο συνδέεται με τον κίνδυνο της επισιτιστικής ασφάλειας να αυξήσει την παγκόσμια αβεβαιότητα και την παγκόσμια οικονομική σταθερότητα. Κατ' αυτόν τον τρόπο, οι ανοδικές πιέσεις ως προς τις τιμές τείνουν να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στις τιμές του πετρελαίου λόγω της αβεβαιότητας που δημιουργεί για την ανάπτυξη της οικονομίας.

Για τις ανάγκες αυτού του παράγοντα θα χρησιμοποιηθεί ο δείκτης "S&P GSCI Non-Energy Index". Ο S&P GSCI (πρώην Goldman Sachs Commodity Index) χρησιμεύει ως σημείο αναφοράς για επενδύσεις στις αγορές εμπορευμάτων και ως μέτρο της απόδοσης των εμπορευμάτων με την πάροδο του χρόνου. Ο S&P GSCI Non-Energy Index αποτελείται από όλα τα εμπορεύματα που περιλαμβάνονται στον δείκτη S&P GSCI, με εξαίρεση το αργό πετρέλαιο και το φυσικό αέριο.

2.5 Γεωπολιτικές Διαταραχές

Το αργό πετρέλαιο αναγνωρίζεται συνήθως ως εμπόρευμα που είναι ευαίσθητο σε γεωπολιτικά γεγονότα. Εξωγενή γεωπολιτικά γεγονότα θεωρούνται υπεύθυνα για τη διαταραχή της ροής πετρελαίου από βασικούς παραγωγούς προς τους καταναλωτές, με αποτέλεσμα την αύξηση της τιμής του πετρελαίου.

Δεδομένου ότι τα σημερινά αποδεδειγμένα αποθέματα πετρελαίου συγκεντρώνονται στη λεγόμενη "Καρδιά του ανεφοδιασμού του κόσμου", οι πλούσιες σε πετρέλαιο περιοχές, από το Μαγκρέμπ στον Περσικό Κόλπο, στην Κασπία Θάλασσα, που εκτείνονται στην Υπερκαυκασία, τη Σιβηρία και τα αποθέματα εκ των οποίων καταλαμβάνει το 65% των παγκόσμιων αποθεμάτων πετρελαίου, το πρόβλημα σταθερότητας στις πετρελαιοπαραγωγικές περιοχές επηρεάζει άμεσα την προσφορά στη διεθνή αγορά πετρελαίου, επομένως έμμεσα τη διεθνή τιμή του πετρελαίου. Με την ανασκόπηση της πορείας διακύμανσης της διεθνούς τιμής του πετρελαίου από τον περασμένο αιώνα, δεν είναι δύσκολο να διαπιστωθεί ότι η τάση της διεθνούς τιμής του πετρελαίου συνδέεται πάντα στενά με την πολιτική κατάσταση στις πετρελαιοπαραγωγικές περιοχές. Επί του παρόντος, ο γεωπολιτικός κίνδυνος εξακολουθεί να υπάρχει στη Μέση Ανατολή και σε άλλες πετρελαιοπαραγωγικές περιοχές, για παράδειγμα, ως η τέταρτη χώρα εξαγωγής πετρελαίου στον κόσμο, το Ιράν διαθέτει 18,9 δισεκατομμύρια τόνους αποδεδειγμένα αποθέματα πετρελαίου, τα οποία καταλαμβάνουν το 11,4% των παγκόσμιων αποθεμάτων και ο λόγος παραγωγής είναι 86,7, η ημερήσια παραγωγή πετρελαίου είναι 4000 χιλιάδες βαρέλια, η ετήσια εξαγωγή πετρελαίου είναι περίπου 120 εκατομμύρια τόνοι, ωστόσο, το πυρηνικό της έργο παραμένει ακόμη σε εκκρεμότητα, προσθέστε σε αυτό η σχέση μεταξύ του Ιράν και της Δύσης, ιδίως της Αμερικής, παραμένει πάντα στην κατάσταση έντασης, επομένως το πυρηνικό ζήτημα είναι πάντα ένας σοβαρός και ασταθής παράγοντας για την τρέχουσα διεθνή αγορά πετρελαίου, όσο περισσότερος χρόνος χρειάζεται για να λυθεί το ιρανικό πυρηνικό ζήτημα, τόσο μεγαλύτερος είναι ο αντίκτυπος στη διεθνή τιμή του πετρελαίου. Εξάλλου, τα τουρκικά στρατεύματα πέρασαν τα σύνορα και επιτέθηκαν στις δυνάμεις του PKK (Kurdistan Workers' Party) στο βόρειο Ιράκ, το οποίο απειλεί την παραγωγή και εξαγωγή πετρελαίου στο Ιράκ, τη διαμάχη πετρελαίου μεταξύ Ρωσίας και Λευκορωσίας, τη μη συνεργάσιμη στάση της Βενεζουέλας για την αμερικανική προμήθεια πετρελαίου και η μεγαλύτερη πετρελαιοπαραγωγός χώρα της Αφρικής Νιγηρία, τα περιστατικά που δέχθηκαν επίθεση τόσο πετρελαϊκές εγκαταστάσεις όσο και εργάτες, όλα αυτά επιδεινώνουν την ανησυχία για την προμήθεια αργού πετρελαίου [59]. Κρίνοντας από τα παραπάνω κρίνεται ευρέως πιστευτό ότι στο μέλλον η διεθνής αγορά πετρελαίου θα γίνεται όλο και πιο ευαίσθητη στον γεωπολιτικό κίνδυνο.

Για τον συγκεκριμένο παράγοντα θα χρησιμοποιηθεί ο δείκτης "Συνολική ποσότητα τρομοκρατικών επιθέσεων στη Μέση Ανατολή και τη Βόρεια Αφρική", ο οποίος επικαλύπτεται σε μεγάλο βαθμό με τις χώρες του ΟΠΕΚ, ως υποκατάστατο της γεωπολιτικής σταθερότητας. Αυτά τα δεδομένα προέρχονται από την Παγκόσμια βάση δεδομένων για την τρομοκρατία [60].

2.6 Επίλογος

Σε αυτό το κεφάλαιο έγινε εκτενής βιβλιογραφική αναφορά για τους παράγοντες που θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια στο εμπειρικό κομμάτι της εργασίας. Έγινε περιγραφή των παραγόντων και αναλύθηκε η σημαντικότητα του κάθε παράγοντα καθώς και κατά πόσο αυτός μπορεί να επηρεάσει τις τιμές του αργού πετρελαίου.

3 Κεφάλαιο 3: Εμπειρικό μέρος-Γραμμική παλινδρόμηση

Το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης είναι ένα αποτελεσματικό μοντέλο πρόβλεψης για την πρόβλεψη της μελλοντικής τιμής των συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης. Παρουσιάζει τη γραμμική συσχέτιση μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής και της ανεξάρτητης μεταβλητής. Η επέκταση που εξετάζει πολλούς παράγοντες μαζί θεωρείται ως μοντέλο πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης (Multiple Linear Regression-MLR), μια επέκταση ενός μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης για να μοντελοποιήσει τη γραμμική σχέση μεταξύ πολλών ανεξάρτητων μεταβλητών και μιας εξαρτημένης μεταβλητής.

3.1 Συλλογή δεδομένων

Ως πρώτο βήμα, πραγματοποιήθηκε η συλλογή δεδομένων για όλες τις μεταβλητές που περιγράφηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Στον Πίνακα 1 απεικονίζονται οι μεταβλητές καθώς και η αντίστοιχη πηγή που χρησιμοποιήθηκε για την εύρεση τους, ενώ στον Πίνακα 2 φαίνονται οι μονάδες μέτρησης όλων των δεικτών.

Παράγοντας	Δείκτης	Περιγραφή	Πηγή
Τιμή αργού πετρελαίου	WTI	Δείκτης WTI spot price	[61]
Προσφορά	ProdCrude	Παγκόσμια παραγωγή αργού πετρελαίου	[62]
Προσφορά	ImpCrude	Παγκόσμιες εισαγωγές αργού πετρελαίου	[62]
Ζήτηση	ExpCrude	Παγκόσμιες εξαγωγές αργού πετρελαίου	[62]
Ζήτηση	GDP-EU27	Ρυθμός ανάπτυξης ΑΕΠ EU-27	[63]
Ζήτηση	GDP-USA	Ρυθμός ανάπτυξης ΑΕΠ USA	[63]
Ζήτηση	GDP-China	Ρυθμός ανάπτυξης ΑΕΠ China	[63]
Χρηματοοικονομικός	SP500	Δείκτης S&P 500	[64]
Χρηματοοικονομικός	DXY	Δείκτης αμερικανικού δολαρίου DXY	[42]
Αγορά εμπορευμάτων	SPGSCINE	Δείκτης S&PGSCI non-energy	[64]
Γεωπολιτικός	TA	Αριθμός τρομοκρατικών επιθέσεων στη Μέση Ανατολή και τη Βόρεια Αφρική	[60]

Table 1: Περιγραφή παραγόντων

Η χρονική περίοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν από το 2009 μέχρι και το 2021 καθώς μέσα σε αυτό το χρονικό διάστημα υπήρχαν πληροφορίες για όλες τις μεταβλητές. Τα δεδομένα μελετήθηκαν σε μηνιαία βάση. Για την περίπτωση του ΑΕΠ το οποίο βρισκόταν σε τριμηνιαία βάση χρησιμοποιήθηκε γραμμική παρεμβολή για τη μετατροπή του σε μηνιαίες τιμές. Εν τέλη, έχουμε 156 παρατηρήσεις σε μια περίοδο 13 χρόνων. Η περιγραφική στατιστική των δεδομένων παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.

Δείκτης	Μονάδα μέτρησης
WTI	Τιμή spot \$ ανά βαρέλι
ProdCrude	Χιλιάδες βαρέλια ανά περίοδο
ImpCrude	Χιλιάδες βαρέλια ανά περίοδο
ExpCrude	Χιλιάδες βαρέλια ανά περίοδο
GDP-EU27	Ποσοστιαία μεταβολή από την προηγούμενη περίοδο
GDP-USA	Ποσοστιαία μεταβολή από την προηγούμενη περίοδο
GDP-China	Ποσοστιαία μεταβολή από την προηγούμενη περίοδο
SP500	-
DXY	-
SPGSCINE	-
TA	Αριθμός τρομοκρατικών επιθέσεων στη Μέση Ανατολή και στη Βόρεια Αφρική

Table 2: Μονάδες μέτρησης των δεικτών

Summary Statistics					
Statistic	N	Mean	St. Dev.	Min	Max
WTI	156	68.70	21.84	16.55	109.53
ProdCrude	156	69,584.97	4,504.70	57,347.41	77,060.61
ImpCrude	156	42,328.81	3,674.00	38,069.23	76,080.59
ExpCrude	156	37,110.88	2,661.09	27,921.20	43,795.43
SP500	156	2,164.48	929.06	735.09	4,766.18
SPGSCINE	156	367.84	59.12	264.67	505.40
DXY	156	88.60	8.07	73.11	102.26
TA	156	288.43	173.09	54	732
GDPEU	156	0.32	1.77	-9.29	10.55
GDPUSA	156	0.55	1.25	-6.75	7.32
GDPCH	156	1.78	1.64	-8.65	10.91

Figure 4: Περιγραφική στατιστική των δεδομένων για την περίοδο 2009-2021. N=αριθμός παρατηρήσεων, Mean=μέση τιμή, St.Dev=Τυπική απόκλιση, Min=Ελάχιστη τιμή, Max=Μέγιστη τιμή

3.2 Υποθέσεις της γραμμικής παλινδρόμησης

Για να ισχύει το μοντέλο της πολλαπλής παλινδρόμησης, πρέπει να κάνουμε ορισμένες υποθέσεις:

Υποθέσεις παλινδρόμησης:

- ο Υπάρχει μια γραμμική σχέση μεταξύ των ανεξάρτητης μεταβλητών και της εξαρτημένης μεταβλητής.
- ο Τα υπόλοιπα πρέπει να ακολουθούν την κανονική κατανομή.
- ο Οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι όλες γραμμικά ανεξάρτητες μεταξύ τους (δεν υπάρχει πολυσυγγραμμικότητα).

Υποθέσεις γραμμικότητας:

- ο Η μέση τιμή της κατανομής των υπολοίπων είναι ίση με 0.

- ο Δεν υπάρχει αυτοσυσχέτιση μεταξύ των υπολοίπων.
- ο Η διακύμανση των υπολοίπων είναι σταθερή σε όλα τα επίπεδα της ανεξάρτητης μεταβλητής, δηλαδή υπάρχει ομοιοσκεδαστικότητα και δεν υπάρχει αυτοσυσχέτιση μεταξύ των ανεξαρτητών μεταβλητών.

3.3 Εμπειρικά μοντέλα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης

Σε αυτή την ενότητα θα εξεταστούν ορισμένα μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης με στόχο την επιλογή του καταλληλότερου από αυτά. Ως καταλληλότερο θεωρείται το μοντέλο το οποίο ικανοποιεί τις υποθέσεις της γραμμικής παλινδρόμησης που αναφέρθηκαν παραπάνω. Σε όλα τα επόμενα μοντέλα η εξαρτημένη μεταβλητή είναι πάντα ο δείκτης WTI spot price. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της προγραμματιστικής γλώσσας R μέσω του περιβάλλοντος RStudio.

3.3.1 Μοντέλο 1

Το πρώτο μοντέλο (μοντέλο 1) αποτελείται από όλες τις ανωτέρω μεταβλητές που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1 (1 εξαρτημένη μεταβλητή + 10 ανεξάρτητες μεταβλητές). Αρχικά θα εξετάσουμε αν υπάρχουν συσχετίσεις μεταξύ των ανεξαρτητών μεταβλητών μέσω της γραφικής οπτικοποίησης του πίνακα συσχέτισης της Εικόνας 5. Παρατηρούμε πως επί το πλείστον δεν υπάρχουν ισχυρές συσχετίσεις. Ωστόσο, ορισμένες από τις μεταβλητές δείχνουν να συσχετίζονται ως ένα βαθμό.

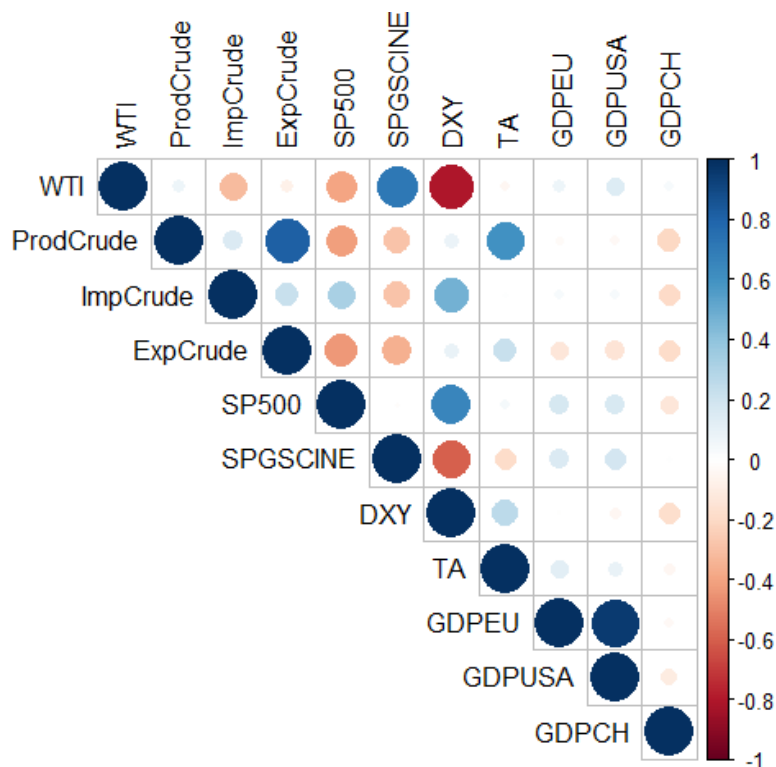


Figure 5: Γραφική αναπαράσταση συσχέτισης μεταβλητών.

Για τον έλεγχο πολυσυγγραμικότητας θα χρησιμοποιηθεί το κριτήριο Variance Inflation Factor (VIF). Με βάση αυτό το κριτήριο κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή i παλινδρομείται στις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές και λαμβάνουμε το συντελεστή προσδιορισμού R_i^2 . Στη συνέχεια, ο ορισμός του VIF δίνεται από τον τύπο 1:

$$VIF_i = \frac{1}{1 - R_i^2} \quad (1)$$

Συνεπώς, εάν υπάρχει πολυσυγγραμικότητα στο μοντέλο σημαίνει πως το R_i^2 θα είναι κοντά στην τιμή 1 με αποτέλεσμα το VIF_i να παίρνει τιμές υψηλότερες της μονάδας. Τιμές μεγαλύτερες του 5 υποδεικνύουν πως οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι συσχετισμένες, ενώ τιμές μεγαλύτερες του 10 υποδεικνύουν ισχυρή πολυσυγγραμικότητα [65]. Οι τιμές VIF για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή για το μοντέλο 1 παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

Ανεξάρτητη μεταβλητή	VIF_i
ProdCrude	8.227915
ImpCrude	1.517055
ExpCrude	4.789028
SP500	5.240760
SPGSCINE	2.672729
DXY	6.033710
TA	3.038683
GDP-EU27	11.788075
GDP-USA	12.167018
GDP-China	1.264103

Table 3: Τιμές κριτηρίου VIF για το μοντέλο 1

Παρατηρούμε πως για αρκετές μεταβλητές (ProdCrude, SP500, DXY) έχουμε τιμές $VIF_i > 5$ ενώ για 2 μεταβλητές (GDP-EU27, GDP-USA) έχουμε $VIF_i > 10$. Συνεπώς υπάρχει ισχυρή πολυσυγγραμικότητα στο μοντέλο μας και πρέπει να γίνει επιλογή ενός νεού. Είναι συνετό να αφαιρέσουμε μια από τις 2 μεταβλητές για τις οποίες έχουμε τιμές VIF μεγαλύτερες του 10. Θα αφαιρεθεί η μεταβλητή GDP-EU27.

3.3.2 Μοντέλο 2

Το μοντέλο 2 αποτελείται από τις ίδιες μεταβλητές του μοντέλου 1 με εξαίρεση το ΑΕΠ της Ευρωπαϊκής Ένωσης (GDP-EU27). Αναλόγως οι τιμές του κριτηρίου VIF εμφανίζονται στον Πίνακα 4.

Ανεξάρτητη μεταβλητή	VIF_i
ProdCrude	8.204551
ImpCrude	1.515159
ExpCrude	4.769553
SP500	5.180735
SPGSCINE	2.613280
DXY	5.781770
TA	3.028216
GDP-USA	1.138457
GDP-China	1.196872

Table 4: Τιμές κριτηρίου VIF για το μοντέλο 2

Παρατηρούμε πως όλες οι τιμές VIF είναι μικρότερες σε σχέση με το μοντέλο 1. Ωστόσο, οι μεταβλητές ProdCrude, SP500 και DXY συνεχίζουν να έχουν τιμές μεγαλύτερες του 5, όμως καμία τιμή δεν είναι υψηλότερη του 10. Επομένως θα συνεχίσουμε την ανάλυση με όλες τις μεταβλητές του μοντέλου 2.

Τα στατιστικά αποτελέσματα από τη γραμμική παλινδρόμηση με τις μεταβλητές του μοντέλου 2 απεικονίζονται στην Εικόνα 6.

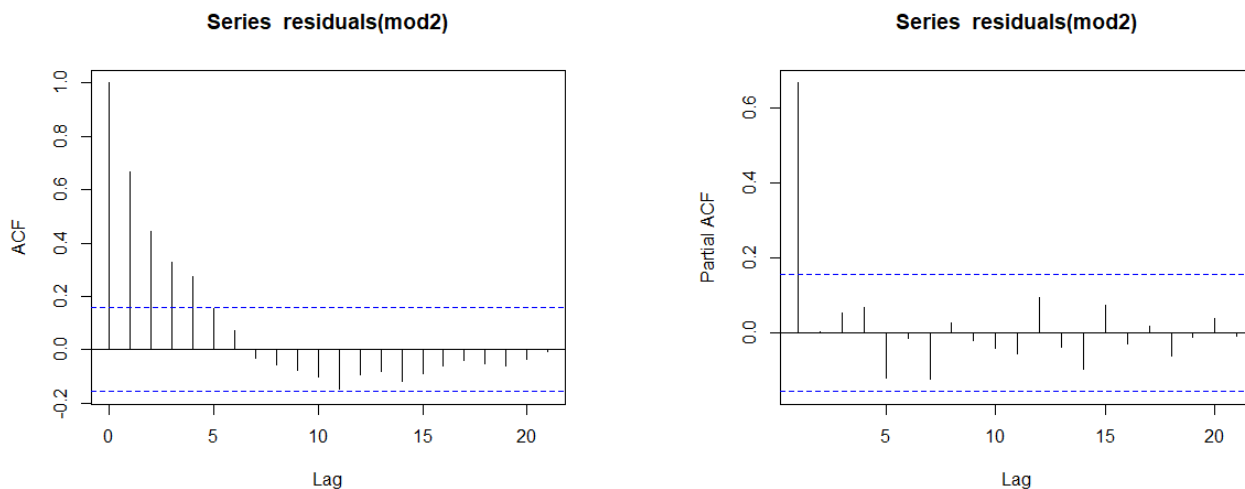
Model 2 Regression Summary

	WTI
ProdCrude	0.002 ^{***} (0.0005)
ImpCrude	0.0003 (0.0003)
ExpCrude	-0.001 ^{**} (0.001)
SP500	0.01 ^{***} (0.002)
SPGSCINE	0.12 ^{***} (0.02)
DXY	-2.25 ^{***} (0.23)
TA	-0.002 (0.01)
GDPUSA	0.04 (0.65)
GDPCH	-0.003 (0.51)
Constant	91.58 ^{***} (27.59)
N	156
R ²	0.82
Adjusted R ²	0.81
Residual Std. Error	9.54 (df = 146)
F Statistic	73.95 ^{***} (df = 9; 146)

Notes: ^{***} Significant at the 1 percent level.
^{**} Significant at the 5 percent level.
^{*} Significant at the 10 percent level.

Figure 6: Αποτελέσματα γραμμικής παλινδρόμησης (OLS) για το μοντέλο 2.

Παρατηρούμε πως ορισμένες από τις ανεξάρτητες μεταβλητές με εξαίρεση τις *ProdCrude*, *ExpCrude*, *SP500* *SPGSCINE* και *DXY* δεν έχουν στατιστικά σημαντικούς συντελεστές με αποτέλεσμα να μην μπορούν να εξηγήσουν τη μεταβολή στον δείκτη *WTI*. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να τροποποιηθεί περαιτέρω το μοντέλο. Επιπλέον, κατασκευάζοντας τα διαγράμματα αυτοσυσχέτισης και μερικής αυτοσυσχέτισης του μοντέλου 2 καταλήγουμε στην Εικόνα 7. Η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης είναι η συσχέτιση μεταξύ της τρέχουσας τιμής της χρονολογικής σειράς και των τιμών σε διαφορετικά χρονικά σημεία. Με άλλα λόγια, ποσοτικοποιεί την ομοιότητα μεταξύ των παρατηρήσεων ως συνάρτηση της χρονικής υστέρησης μεταξύ τους. Η συνάρτηση μερικής αυτοσυσχέτισης είναι η συσχέτιση μεταξύ της τρέχουσας τιμής της σειράς και των τιμών σε διαφορετικά χρονικά σημεία έπειτα από την αφαίρεση της συσχέτισης μεταξύ των ενδιάμεσων τιμών [66]. Επιπροσθέτως, η *p* – *value* της στατιστικής Durbin-Watson η οποία υπολογίζει την αυτοσυσχέτιση πρώτης τάξης είναι ίση με $2.2 * 10^{-16}$ που σημαίνει πως υπάρχει αυτοσυσχέτιση των υπολοίπων τουλάχιστον πρώτης τάξης.



(a) Συνάρτηση αυτοσυσχέτισης

(b) Συνάρτηση μερικής αυτοσυσχέτισης

Figure 7: Γραφικές παραστάσεις αυτοσυσχέτισης και μερικής αυτοσυσχέτισης των υπολοίπων από το μοντέλο 2. Οι διακεκομμένες οριζόντιες μπλε γραμμές αντιστοιχούν σε 95 % διαστήματα εμπιστοσύνης.

Από την Εικόνα 7 βλέπουμε πως τα υπόλοιπα δεν είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους. Αυτό συμβαίνει διότι τα δεδομένα που εξετάζουμε είναι χρονολογικές σειρές. Τα δεδομένα χρονοσειρών είναι εγγενώς διαδοχικά, με κάθε παρατήρηση να εξαρτάται από τις προηγούμενες με αποτέλεσμα τα υπόλοιπα σε μια χρονική στιγμή να εξαρτώνται από τα υπόλοιπα σε προηγούμενες χρονικές στιγμές. Συνεπώς, η υπόθεση ανεξαρτησίας των υπολοίπων απορρίπτεται, οπότε η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση κρίνεται μη κατάλληλη για το συγκεκριμένο μοντέλο.

3.3.3 Μοντέλο 3-Γενικευμένα Ελάχιστα Τετράγωνα

Η μέθοδος των γενικευμένων ελαχιστων τετραγώνων (Generalized Least Squares-GLS) είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των άγνωστων παραμέτρων σε ένα μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης. Χρησιμοποιείται όταν υπάρχει μη μηδενική ποσότητα συσχέτισης μεταξύ των υπολοίπων στο μοντέλο παλινδρόμησης. Η GLS χρησιμοποιείται για τη βελτίωση της στατιστικής απόδοσης και τη μείωση του κινδύνου εξαγωγής λανθασμένων συμπερασμάτων, σε σύγκριση με τη συμβατική μέθοδο ελαχιστων τετραγώνων. Με άλλα λόγια, η μέθοδος GLS είναι μια γενίκευση της κλασικής μεθόδου OLS.

Για τις ανάγκες της GLS και παρατηρώντας την Εικόνα 7a, όπου βλέπουμε μια σταδιακή μείωση της αυτοσυσχέτισης των υπολοίπων, θα χρειαστεί να χρησιμοποιήσουμε κι ένα μοντέλο αυτοπαλινδρόμησης (Autoregression-AR(p)) για τα υπόλοιπα της μορφής:

$$\epsilon_t = \sum_{n=1}^p \phi_n \epsilon_{t-n} + v_t \quad (2)$$

όπου v_t λευκός θόρυβος και p ο αριθμός υστερήσεων.

Γι' αυτόν το λόγο θα πρέπει να επιλέξουμε τον κατάλληλο αριθμό υστερήσεων p (lags). Στις περισσότερες περιπτώσεις η κατάλληλη μέγιστη υστέρηση είναι αυτή μετά την οποία οι μερικές αυτοσυσχετίσεις είναι όλες μηδέν (ή μέσα στο διάστημα εμπιστοσύνης που μελετάμε). Βασιζόμενοι στην Εικόνα 7b επιλέγουμε ως αριθμό υστερήσεων $p = 1$, με αποτέλεσμα το αυτοπαλινδρομικό μοντέλο AR(1) να παίρνει τη μορφή:

$$\epsilon_t = \phi_1 \epsilon_{t-1} + v_t \quad (3)$$

Τα αποτελέσματα μετά από τη GLS υπολογισμένη με τη μέθοδο μέγιστης πιθανοφάνειας και με AR(1) για τα υπόλοιπα απεικονίζονται στην Εικόνα 8.

GLS Regression with AR(1)	
	WII
ProdCrude	0.0003 (0.0003)
ImpCrude	-0.0002 (0.0001)
ExpCrude	-0.001* (0.0003)
SP500	0.01* (0.004)
SPGSCINE	0.04 (0.04)
DXY	-0.50* (0.28)
TA	0.01 (0.01)
GDPUSA	0.65 (0.62)
GDPCH	0.49 (0.48)
Constant	86.27** (41.23)
<i>N</i>	156
Log Likelihood	-476.99
Akaike Inf. Crit.	977.98
Bayesian Inf. Crit.	1,014.58

Notes: *** Significant at the 1 percent level.
 ** Significant at the 5 percent level.
 * Significant at the 10 percent level.

Figure 8: Αποτελεσμα GLS παλινδρόμησης με AR(1) για τα υπόλοιπα.

Παρατηρούμε πως οι εκτιμημένοι συντελεστές στο μοντέλο στο οποίο καταλήγουμε είναι επί το πλείστον στατιστικά μη σημαντικοί με αποτέλεσμα να κρίνονται ακατάλληλοι για την περιγραφή της μεταβολής της τιμής του αργού πετρελαίου. Το AR(1) μοντέλο για τα υπόλοιπα έχει τη μορφή:

$$\varepsilon_t = 0.966\varepsilon_{t-1} + v_t \quad (4)$$

Για λόγους πληρότητας, θα εξετάσουμε και το μοντέλο χωρίς υστερήσεις AR(0), δηλαδή δίχως να λάβουμε υπόψη το αυτοπαλινδρομικό μοντέλο των υπολοίπων ώστε να αποφανθούμε σχετικά με τη συμπερίληψη του, κάνοντας χρήση του κριτηρίου AIC, το οποίο περιγράφεται στη συνέχεια.

	Model	df	AIC	BIC	logLik	Test	L.Ratio	p-value
	mod.gls.0	1	1158.2251	1191.774	-568.1125			
	mod.gls.1	2	977.9808	1014.579	-476.9904	1 vs 2	182.2443	<.0001

Figure 9: Έλεγχος ANOVA για τα αυτοπαλινδρομικά μοντέλα AR(0) vs AR(1).

Από την Εικόνα 9 παρατηρούμε πως το AR(1) μοντέλο περιγράφει καλύτερα τα υπόλοιπα καθώς έχει τη μικρότερη τιμή AIC από το μοντέλο χωρίς υστερήσεις. Επιπλέον, με τον έλεγχο ANOVA παρατηρούμε πως $p - value < 0.001$ με αποτέλεσμα να απορρίψουμε το μοντέλο χωρίς καμία υστέρηση υπολοίπων. Ωστόσο, όπως φάνηκε και στην Εικόνα 8 οι περισσότεροι συντελεστές είναι στατιστικά μη σημαντικοί, επομένως πρέπει να τροποποιήσουμε περαιτέρω το μοντέλο. Για τον σκοπό αυτό θα συνεχίσουμε την ανάλυση με μεθόδους βηματικής παλινδρόμησης κρατώντας πάντα το αυτοπαλινδρομικό μοντέλο για τα υπόλοιπα AR(1), όπως αυτό αναφέρθηκε στην εξίσωση 4.

3.3.4 Μοντέλο 4

Σε αυτή την υποενότητα θα εξεταστούν περαιτέρω μέθοδοι για την δημιουργία του καταλληλότερου μοντέλου. Για τον σκοπό αυτό θα χρησιμοποιήσουμε τη διαδικασία βηματικής παλινδρόμησης (stepwise regression) σε συνδυασμό με το κριτήριο AIC (Akaike information criterion).

Οι διαδικασίες βηματικής παλινδρόμησης αναπτύσσουν μια ακολουθία μοντέλων παλινδρόμησης, έτσι ώστε σε κάθε βήμα μια επεξηγηματική μεταβλητή προστίθεται ή αφαιρείται από το μοντέλο. Αυτές οι μέθοδοι αναζήτησης αποφεύγουν την προσαρμογή όλων των υποσυνόλων παλινδρόμησης και αντ' αυτού αναζητούν αυτόματα μια καλή διαδρομή μέσω αυτών. Οι μέθοδοι επιλογής προς τα εμπρός (forward selection methods) ξεκινούν με το μοντέλο που περιέχει μόνο τον σταθερό συντελεστή της συνάρτησης παλινδρόμησης και στη συνέχεια προσθέτουν μια μεταβλητή σε κάθε βήμα. Οι μέθοδοι εξάλειψης προς τα πίσω (backward elimination methods) ξεκινούν με το μεγαλύτερο μοντέλο που περιέχει όλες τις πιθανές ανεξάρτητες μεταβλητές και στη συνέχεια αφαιρούν μια μεταβλητή σε κάθε βήμα.

Η προς τα εμπρός βηματική παλινδρόμηση (forward stepwise regression) συνδυάζει τις διαδικασίες των forward και backward μεθόδων. Σε κάθε στάδιο της διαδικασίας, ελέγχεται εάν μια νέα μεταβλητή πρέπει να εισαχθεί ή να αφαιρεθεί από το μοντέλο. Με αυτόν τον τρόπο επιτρέπει σε μια μεταβλητή που εισάγεται στο μοντέλο σε ένα ορισμένο στάδιο, να απορριφθεί στη συνέχεια εάν δεν είναι πλέον χρήσιμη σε συνδυασμό με άλλες μεταβλητές που προστέθηκαν σε μεταγενέστερο στάδιο.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικά κριτήρια για την προσθήκη/αφαίρεση μιας μεταβλητής. Μια συνήθης προσέγγιση βασίζεται στο κριτήριο πληροφορίας του Akaike (AIC). Το κριτήριο AIC εκτιμά τη σχετική ποσότητα χαμένης πληροφορίας και δίνεται από τον τύπο:

$$AIC = -2\ln(\hat{L}) + 2(p + 1) \quad (5)$$

όπου \hat{L} η μέγιστη τιμή της συνάρτησης πιθανοφάνειας του μοντέλου και p ο αριθμός των ανεξαρτήτων μεταβλητών. Συνεπώς, στοχεύει να επιλέξει το μοντέλο που εξηγεί καλύτερα τη διακύμανση της εξαρτημένης μεταβλητής με τον λιγότερο αριθμό ανεξάρτητων μεταβλητών. Επομένως προτιμούνται μοντέλα με χαμηλότερες τιμές AIC. Επομένως, για να μπορεί να υπάρξει μια ολοκληρωμένη άποψη σχετικά με το ποιο μοντέλο είναι καλύτερο θα εξεταστούν και οι 3 μέθοδοι βηματικής παλινδρόμησης (forward selection, backward elimination, stepwise regression). Στη συνέχεια με βάση και άλλα κριτήρια θα γίνει επιλογή ενός από αυτών των μοντέλων.

Τα αποτελέσματα και για τις 3 μεθόδους απεικονίζονται στην Εικόνα 10.

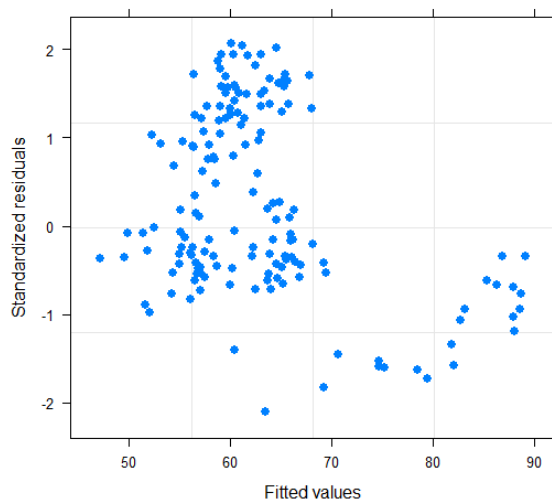
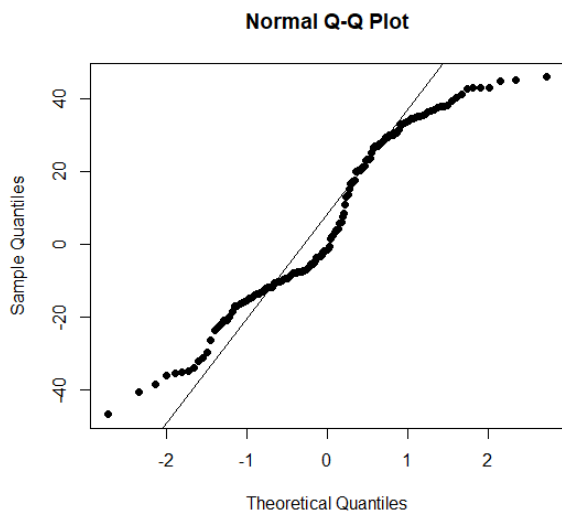
Stepwise Regression Summary			
	<i>Dependent variable:</i>		
	WTI		
	(1)	(2)	(3)
SP500	0.011*** (0.004)	0.011*** (0.004)	0.011*** (0.004)
DXY	-0.642*** (0.236)	-0.642*** (0.236)	-0.642*** (0.236)
ExpCrude	-0.0004* (0.0003)	-0.0004* (0.0003)	-0.0004* (0.0003)
ImpCrude	-0.0002 (0.0001)	-0.0002 (0.0001)	-0.0002 (0.0001)
Constant	119.692*** (30.044)	119.692*** (30.044)	119.692*** (30.044)
Observations	156	156	156
Log Likelihood	-478.939	-478.939	-478.939
Akaike Inf. Crit.	971.878	971.878	971.878
Bayesian Inf. Crit.	993.227	993.227	993.227
<i>Note:</i>	* p<0.1; ** p<0.05; *** p<0.01		

Figure 10: Αποτελέσματα των 3 βηματικών παλινδρομήσεων (1) Stepwise regression, (2) Forward, (3) Backward για το μοντέλο 4.

Βλέπουμε πως και οι 3 μέθοδοι βηματικής παλινδρόμησης καταλήγουν στο ίδιο ακριβώς μοντέλο με ανεξάρτητες μεταβλητές τους δείκτες *DXY* (αμερικάνικου δολαρίου), *SP500*, *ImpCrude* (Παγκόσμιες εισαγωγές αργού πετρελαίου) και *ExpCrude* (Παγκόσμιες εξαγωγές αργού πετρελαίου). Οι υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές κρίθηκαν στατιστικά μη σημαντικές με αποτέλεσμα να απορρίπτονται η μία μετά την άλλη κατά τη διαδικασία της κάθε βηματικής παλινδρόμησης. Επιπλέον, ο συντελεστής $\hat{\phi}_1$ για το AR(1) αυτοπαλινδρομικό μοντέλο για τα υπόλοιπα έχει αυξηθεί ελάχιστα με αποτέλεσμα η εξίσωση αυτοπαλινδρόμησης να έχει πλέον τη μορφή:

$$\varepsilon_t = 0.973\varepsilon_{t-1} + \nu_t \quad (6)$$

Συνεχίζοντας, θα ερευνήσουμε αν τα υπόλοιπα ακολουθούν την κανονική κατανομή και αν μπορούμε να δεχτούμε την υπόθεση της ομοιοσκεδαστικότητας. Τα γραφικά αποτελέσματα αυτών των ελέγχων φαίνονται στην Εικόνα 11.



(a) Γραφική κατανομή υπολοίπων για το μοντέλο 4.
Shapiro-Wilk test $p - value = 1.26 * 10^{-5}$

(b) Τυποποιημένα υπόλοιπα vs Εκτιμημένες τιμές

Figure 11: Γραφικές παραστάσεις για (a) ελεγχο κανονικότητας υπολοίπων και (b) έλεγχο ομοιοσκεδαστικότητας για το μοντέλο 4

Τα τυποποιημένα υπόλοιπα μπορούν να μας βοηθήσουν να εντοπίσουμε ακραίες τιμές (outliers). Η τυποποίηση των υπολοίπων είναι χρήσιμη επειδή τα συνηθισμένα υπόλοιπα ενδέχεται να εμποδίσουν την ικανότητά μας να προσδιορίσουμε ακραίες τιμές εάν έχουν μη σταθερή διακύμανση. Εάν τα υπόλοιπα των παρατηρούμενων τιμών μακρύτερα από τη γραμμή πρόβλεψης έχουν μεγαλύτερη διακύμανση από τα υπόλοιπα με τις παρατηρούμενες τιμές πιο κοντά στη γραμμή πρόβλεψης, τότε οι ακραίες τιμές είναι πιο δύσκολο να ανιχνευθούν. Προσαρμόζοντας αυτή τη μη σταθερή διακύμανση, όλα τα τυποποιημένα υπόλοιπα θα έχουν την ίδια τυπική απόκλιση. Από τους παραπάνω ελέγχους φαίνεται πως τα υπόλοιπα δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή καθώς απορρίπτεται η υπόθεση της κανονικότητας με το Shapiro-Wilk τεστ. Επιπλέον, τα τυποποιημένα υπόλοιπα δείχνουν να μην κατανέμονται τυχαία γύρω από το 0 με αποτέλεσμα να απορριφθεί και η υπόθεση της ομοιοσκεδαστικότητας. Για τους παραπάνω λόγους θα πρέπει να τροποποιηθεί περαιτέρω το μοντέλο 4.

3.3.5 Μοντέλο 5

Ως επόμενο μοντέλο θα ερευνήσουμε το μοντέλο το οποίο αποτελείται από τις πρώτες διαφορές όλων των υπό εξέταση μεταβλητών. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορέσουμε να ελέγξουμε αν οι πρώτες διαφορές στα χρονολογικά δεδομένα παρουσιάζουν καλύτερα αποτελέσματα. Οι πρώτες διαφορές στις μεταβλητές θα απεικονίζονται με το γράμμα d μπροστά από το όνομα τους ώστε να δηλώνουν τις διαφορές (differences). Οι μεταβλητές που περιγράφουν τα ΑΕΠ δε χρειάζεται να αλλάξουν, καθώς βρίσκονται ήδη σε μορφή πρώτων διαφορών όπως αναφέρεται και στον Πίνακα 2. Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία GLS όπως και στην περίπτωση του μοντέλου 4 με τη stepwise regression καταλήγουμε στα αποτελέσματα της Εικόνας 12.

Stepwise Regression Summary Model 5

<i>Dependent variable:</i>	
dWTI	
GDPCH	0.876*** (0.287)
dSP500	0.010** (0.004)
dExpCrude	-0.0005** (0.0002)
dImpCrude	-0.0002 (0.0001)
dDXY	-0.365 (0.228)
Constant	-1.618** (0.715)
Observations	155
Log Likelihood	-468.147
Akaike Inf. Crit.	952.295
Bayesian Inf. Crit.	976.642
<i>Note:</i>	* p<0.1; ** p<0.05; *** p<0.01

Figure 12: Αποτελέσματα της βηματικής παλινδρόμησης Stepwise regression για το μοντέλο 5.

Παρατηρούμε πως οι ανεξάρτητες μεταβλητές *dImpdCrude* και *dDXY* δεν είναι στατιστικά σημαντικές. Επιπλέον, η μορφή του αυτοπαλινδρομικού μοντέλου για τα υπόλοιπα έχει πλέον τη μορφή 7:

$$\delta \varepsilon_t = 0.174 \delta \varepsilon_{t-1} + v_t \quad (7)$$

οπου δ συμβολίζει πως το μοντέλο 7 ισχύει για το μοντέλο GLS πρώτων διαφορών.

Με έναν έλεγχο ANOVA για εμφωλευμένα μοντέλα θα ερευνήσουμε αν κάποιο μοντέλο που δεν εμπεριέχει κάποια από αυτές τις δύο μεταβλητές περιγράφει καλύτερα τις τιμές του πετρελαίου. Οι έλεγχοι ANOVA απεικονίζονται στην Εικόνα 13.

```
> anova(mod.gls.diff.dImpCrude, mod.step.diff.gls)
      Model df      AIC      BIC    logLik  Test  L.Ratio p-value
mod.gls.diff.dImpCrude  1  7 952.8479 974.1519 -469.4239
mod.step.diff.gls      2  8 952.2947 976.6421 -468.1474 1 vs 2 2.553155 0.1101
> anova(mod.gls.diff.dDXY, mod.step.diff.gls)
      Model df      AIC      BIC    logLik  Test  L.Ratio p-value
mod.gls.diff.dDXY     1  7 953.0637 974.3677 -469.5319
mod.step.diff.gls     2  8 952.2947 976.6421 -468.1474 1 vs 2 2.768994 0.0961
```

Figure 13: Έλεγχος ANOVA για το μοντέλο 5. Με *mod.step.diff.gls* συμβολίζουμε το μοντέλο στο οποίο καταλήξαμε με τη βηματική παλινδρόμηση (Εικόνα 12), με *mod.gls.diff.dImpCrude* το μοντέλο που εμπεριέχει τις ίδιες μεταβλητές αλλά όχι τη *dDXY*, ενώ με *mod.gls.diff.dDXY* το μοντέλο που εμπεριέχει τις ίδιες μεταβλητές, αλλά όχι τη *dImpdCrude*.

Παρατηρούμε πως όταν συγκρίνουμε το μοντέλο με όλες τις μεταβλητές της Εικόνας 12 με αυτό

που εμπεριέχει τις ίδιες μεταβλητές με εξαίρεση τη μεταβλητή $dDXY$ έχουμε ένα p -value=0.1101 που σημαίνει πως δεν μπορούμε να απορρίψουμε το εμφωλευμένο μοντέλο ($mod.gls.diff.dImpCrude$) ακόμα για επίπεδο σημαντικότητας 10%. Αντίθετα, όταν συγκρίνουμε το μοντέλο με όλες τις μεταβλητές της Εικόνας 12 με αυτό που εμπεριέχει τις ίδιες μεταβλητές με εξαίρεση τη μεταβλητή $dImpCrude$ έχουμε ένα p -value=0.0961, με αποτέλεσμα να απορρίψουμε το εμφωλευμένο μοντέλο ($mod.gls.diff.dDXY$) για επίπεδο σημαντικότητας 10%. Επομένως, θα κρατήσουμε το μοντέλο το οποίο εμπεριέχει τις μεταβλητές της Εικόνας 12 πλην της μεταβλητής $dDXY$, του οποίου τα αποτελέσματα φαίνονται στην Εικόνα 14.

Summary Model 5	
<i>Dependent variable:</i>	
dWTI	
GDPCH	0.925*** (0.292)
dSP500	0.012*** (0.004)
dExpCrude	-0.001** (0.0002)
dImpCrude	-0.0001 (0.0001)
Constant	-1.778** (0.729)
Observations	155
Log Likelihood	-469.424
Akaike Inf. Crit.	952.848
Bayesian Inf. Crit.	974.152
<i>Note:</i>	* $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$

Figure 14: Αποτελέσματα για το μοντέλο 5 $mod.gls.diff.dImpCrude$

Το AR(1) μοντέλο για τα υπόλοιπα έχει τελικώς τη μορφή 8:

$$\delta \varepsilon_t = 0.199 \delta \varepsilon_{t-1} + v_t \quad (8)$$

Η γραφική κατανομή των υπολοίπων απεικονίζεται στην Εικόνα 15.

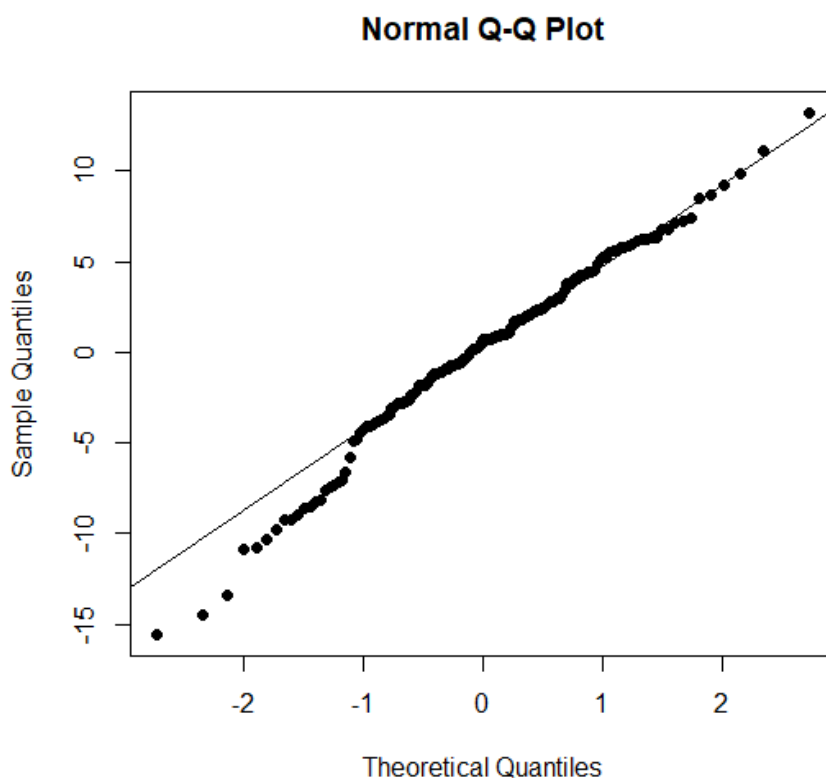


Figure 15: Γραφική κατανομή υπολοίπων για το μοντέλο 5 *mod.gls.diff.dImpCrude*. Shapiro-Wilk test p-value=0.03431

Παρατηρούμε πως επί το πλείστον τα υπόλοιπα βρίσκονται πάνω στη γραμμή της κανονικής κατανομής. Επιπλέον το τεστ κανονικότητας του Shapiro δίνει μια p-value ίση με 0.03431 που σημαίνει πως για επίπεδο σημαντικότητας 1 % η υπόθεση κανονικότητας δεν μπορεί να απορριφθεί. Συνεπώς καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως τα υπόλοιπα ακολουθούν την κανονική κατανομή. Σχετικά με την ετεροσκεδαστικότητα, όταν μια γραμμική παλινδρόμηση παρουσιάζει στοιχεία ετεροσκεδαστικότητας, η συνήθης προσέγγιση στα ελάχιστα τετράγωνα είναι να χρησιμοποιηθεί ένας εκτιμητής γενικευμένων ελαχίστων τετραγώνων (GLS) στη θέση του συνηθισμένου OLS. Το πλεονέκτημα της GLS είναι ότι δεν χρειάζεται να γνωρίζουμε τίποτα σχετικά με το γιατί τα δεδομένα είναι ετεροσκεδαστικά προκειμένου να εκτιμήσουμε το μοντέλο από τη GLS. Ο εκτιμητής GLS θα παρέχει συνεπείς εκτιμήσεις των κλίσεων παλινδρόμησης, αλλά θα παρέχει επίσης συνεπείς εκτιμήσεις των τυπικών σφαλμάτων αυτών των κλίσεων, καθιστώντας δυνατές τις σωστές δοκιμές υποθέσεων [67]. Συνεπώς, ακόμα κι αν υπάρχει ετεροσκεδαστικότητα στο μοντέλο, η χρήση της μεθόδου GLS κρίνεται κατάλληλη.

Συνοψίζοντας, με τη μέθοδο GLS στις πρώτες διαφορές των χρονολογικών δεδομένων υπό εξέταση καταλήξαμε στο μοντέλο 9 και στο αυτοπαλινδρομικό μοντέλο για τα υπόλοιπα AR(1) 8.

$$dWTI = -1.778 - 0.0001 * dImpCrude - 0.001 * dExpCrude + 0.012 * dSP500 + 0.925 * GDPCH \quad (9)$$

Από την εξίσωση της γραμμικής παλινδρόμησης 9 παρατηρούμε τα εξής:

- (a) Οι ανεξάρτητες μεταβλητές *dImpCrude* και *dExpCrude* σχετίζονται αρνητικά με τις τιμές του αργού πετρελαίου *dWTI*, με την πρώτη να είναι στατιστικά μη σημαντική και με συντελεστές $\hat{\beta}_{ImpCrude} = -0.0001$ και $\hat{\beta}_{ExpCrude} = -0.001$ αντίστοιχα. Αυτό σημαίνει πως όσο οι διαφορές των παγκόσμιων εισαγωγών και εξαγωγών αυξάνονται (σε χιλιάδες βαρέλια) τόσο περισσότερο θα μειώνονται οι τιμές του αργού πετρελαίου για τη συγκεκριμένη περίοδο.

- (b) Οι ανεξάρτητες μεταβλητές $dSP500$ και $GDPCH$ σχετίζονται θετικά με τις τιμές του αργού πετρελαίου $dWTI$. Αυτό σημαίνει πως για αύξηση του δείκτη SP500 κατά μία μονάδα θα αυξάνεται η τιμή του πετρελαίου κατά 0.012 \$ ανά βαρέλι για τη συγκεκριμένη περίοδο, ενώ για αύξηση μίας ποσοστιαίας μονάδας του ΑΕΠ της Κίνας η τιμή του πετρελαίου θα αυξάνεται κατά 0.925 \$ ανά βαρέλι.

3.4 Ισχυρή (Robust) Γραμμική Παλινδρόμηση

Μια τελευταία ανάλυση που θα πραγματοποιηθεί στην εργασία είναι η ανάλυση μιας ισχυρής (robust) γραμμικής παλινδρόμησης. Οι ισχυρές στατιστικές είναι στατιστικές που διατηρούν τις ιδιότητές τους ακόμη και αν οι υποκείμενες υποθέσεις είναι εσφαλμένες [68]. Ισχυρές στατιστικές μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί για πολλά κοινά προβλήματα, όπως η εκτίμηση των παραμέτρων θέσης, κλίμακας και παλινδρόμησης. Ένα κίνητρο είναι η παραγωγή στατιστικών μεθόδων που δεν επηρεάζονται από ακραίες τιμές. Ένα άλλο κίνητρο είναι η παροχή μεθόδων με καλή απόδοση όταν υπάρχουν μικρές αποκλίσεις από μια παραμετρική κατανομή. Με λίγα λόγια, Οι ισχυρές στατιστικές επιδιώκουν να παρέχουν μεθόδους που μιμούνται δημοφιλείς στατιστικές μεθόδους, αλλά δεν επηρεάζονται από ακραίες τιμές ή άλλες μικρές αποκλίσεις από τις υποθέσεις του μοντέλου ή στη συγκεκριμένη περίπτωση από τις υποθέσεις του μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης. Συνεπώς, στόχος του παρόντος υποκεφαλαίου είναι η σύγκριση μιας ισχυρής γραμμικής παλινδρόμησης με την κλασική γραμμική παλινδρόμηση όπως αυτή αναλύθηκε στο τωρινό κεφάλαιο μέχρι τώρα.

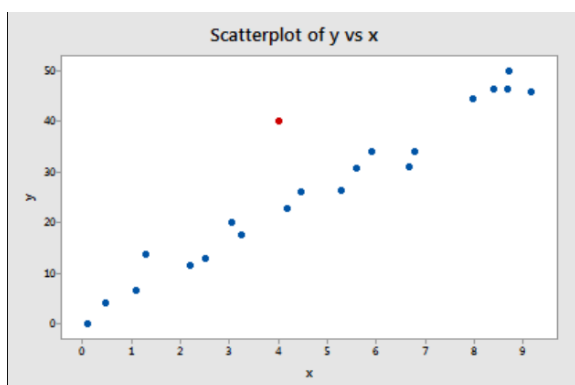
Για τον σκοπό αυτό θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος Ελαχίστων Περικοπτόμενων Τετραγώνων (Least Trimmed Squares-LTS). Η LTS είναι μια ισχυρή στατιστική μέθοδος που προσπαθεί να ταιριάζει μια συνάρτηση σε ένα σύνολο δεδομένων (σαν την κλασική γραμμική παλινδρόμηση), ενώ δεν επηρεάζεται από την παρουσία ακραίων τιμών. Αντί της τυπικής μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων, η οποία ελαχιστοποιεί το άθροισμα των τετραγωνικών υπολοίπων σε n σημεία, η μέθοδος LTS επιχειρεί να ελαχιστοποιήσει το άθροισμα των τετραγωνικών υπολειμμάτων σε ένα υποσύνολο k , από αυτά τα σημεία. Το χρησιμοποιούμενο $n - k$ σύνολο δεν επηρεάζει την προσαρμογή. Είναι μία από τις πολλές μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τις ανάγκες ισχυρής παλινδρόμησης. Επομένως, κύριος στόχος της μεθόδου είναι να ανιχνεύσουμε αυτές τις παρατηρήσεις οι οποίες θα θεωρηθούν ακραία σημεία και να τις αφαιρέσουμε από τα δεδομένα μας.

Στην μέθοδο LTS πρέπει να ορίσουμε κι ένα συντελεστή a ο οποίος περιγράφει το ποσοστό των τετραγωνικών υπολοίπων των οποίων το άθροισμα θα ελαχιστοποιηθεί. Συνήθως αυτή η τιμή είναι μεταξύ 0.5 και 1, επομένως θα χρησιμοποιήσουμε την τιμή $a = 0.75$. Τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι τα δεδομένα με τις διαφορές πρώτης τάξης, ώστε να μπορούν να συγκριθούν με τα αποτελέσματα της προηγούμενης ενότητας. Τα αποτελέσματα απεικονίζονται στον Πίνακα 5. Συγκρίνοντας αρχικά τα αποτελέσματα από τη μέθοδο LTS με αυτά του μοντέλου 5 (Εικόνα 14) παρατηρούμε πως καταλήγουμε σε διαφορετικά συμπεράσματα, καθώς ορισμένοι συντελεστές οι οποίοι δεν ήταν στατιστικά σημαντικοί για το μοντέλο 5, πλέον είναι για το μοντέλο LTS και αντίστροφα. Ωστόσο, χρειάζονται περαιτέρω βήματα ώστε να καταλήξουμε και σε αυτήν την περίπτωση σε ένα μοντέλο το οποίο θα πληροί τις προϋποθέσεις της γραμμικής παλινδρόμησης. Ως επόμενο βήμα θα εντοπίσουμε ποια από τα δεδομένα μας θεωρούνται ακραία σημεία και στη συνέχεια θα τα αφαιρέσουμε από την ανάλυση μας.

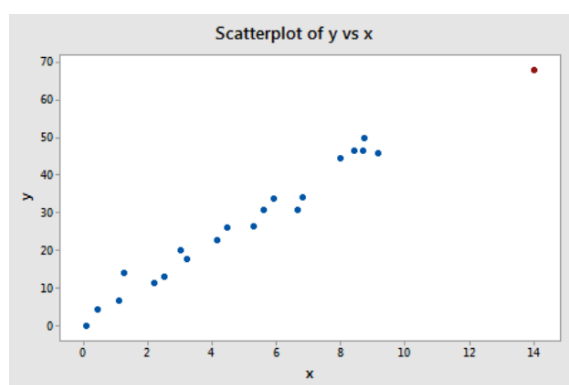
Εξ' ορισμού [69], μια ακραία τιμή (outlier) είναι ένα σημείο δεδομένων του οποίου η απόκριση Y δεν ακολουθεί τη γενική τάση των υπολοίπων δεδομένων. Ένα σημείο δεδομένων έχει υψηλή μόχλευση (leverage) εάν έχει "ακραίες" τιμές πρόβλεψης X , αλλά ή απόκριση Y δε διαφέρει σημαντικά με αυτές άλλων σημείων. Για να γίνει πιο κατανοητό στην Εικόνα 16 παρουσιάζονται 2 απλά παραδείγματα με μία μόνο ανεξάρτητη μεταβλητή, όπου το ένα αντιστοιχεί σε σημείο ακραίας τιμής και το άλλο σε σημείο μόχλευσης.

-	dWTI
dProdCrude	0.0000295
dImpCrude	-0.000213*
dExpCrude	-0.000265
dSP500	0.014**
dSPGSCINE	0.0715*
dDXY	-0.10
dTA	0.0025
GDPUSA	-0.50
GDPCH	-0.48
Intercept	1.12
N	155
R^2	0.247
Adjusted R^2	0.20
F Statistic	4.921***

Table 5: Αποτελέσματα απο τη robust μέθοδο LTS. Σημείωση: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$



(a) Παράδειγμα ακραίας τιμής (outlier)



(b) Παράδειγμα σημείου μόχλευσης (leverage point)

Figure 16: Παραδείγματα ακραίων τιμών και σημείων μόχλευσης

Παρατηρώντας προσεκτικά την Εικόνα 16 παρατηρούμε πως το κόκκινο σημείο για την περίπτωση 16a αντιστοιχεί σε σημείο ακραίας τιμής καθώς η απόκριση του Y διαφέρει σημαντικά από τις αποκρίσεις άλλων σημείων ενώ το κόκκινο σημείο για την περίπτωση 16b αντιστοιχεί σε σημείο μόχλευσης καθώς ακολουθεί τη γενική τάση απόκρισης Y των δεδομένων παρόλο που έχει ασυνήθιστα μεγάλη τιμή X . Παρατηρήσεις οι οποίες είναι και ακραία σημεία και σημεία μόχλευσης θεωρούνται σημεία επιρροής (influential points) τα οποία έχουν σημαντικό αντίκτυπο στους συντελεστές παλινδρόμησης και πρέπει να αφαιρεθούν. Συνεπώς, θα ακολουθήσουμε την ίδια διαδικασία ταυτοποίησης τέτοιων σημείων για τα δικά μας δεδομένα.

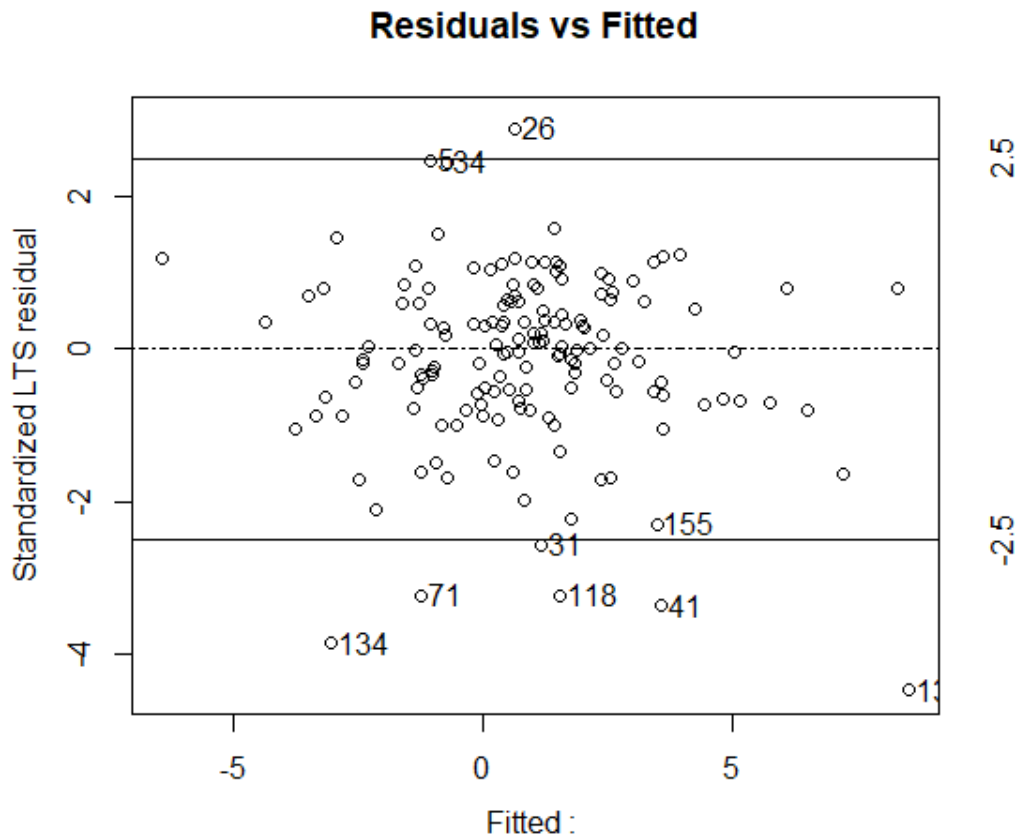


Figure 17: Γραφική παράσταση των τυποποιημένων υπολοίπων vs εκτιμημένες τιμές για το μοντέλο LTS.

Οι οριζόντιες γραμμές στην Εικόνα 17 απεικονίζουν το 99.5 θετικό και αρνητικό εκατοστημόριο και αντιστοιχούν στις τιμές $+2.5758$ και -2.5758 αντίστοιχα. Στην ίδια εικόνα παρατηρούμε πως αρκετές παρατηρήσεις είναι εκτός του 99.5 όριου εκατοστημορίου. Επιπλέον, στην Εικόνα 18 εκτός από ακραία σημεία βλέπουμε πως έχουμε και αρκετά σημεία επιρροής στα δεδομένα. Συνεπώς καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως με βάση την ισχυρή μέθοδο LTS το μοντέλο που είχαμε ως τώρα δεν μπορεί να λειτουργήσει σωστά και πρέπει να αφαιρέσουμε τις παρατηρήσεις, οι οποίες βρίσκονται εκτός ορίων και θεωρούνται ακραία σημεία. Ο εκτιμητής προσδιορισμού ελάχιστης συνδιακύμανσης (MCD-Minimum Covariance Determinant) είναι ένας από τους πρώτους συγγενικούς ισοδύναμους και εξαιρετικά ισχυρούς εκτιμητές πολυμεταβλητής θέσης και διασποράς. Το ότι είναι ανθεκτικός σε απομακρυσμένες παρατηρήσεις, καθιστά τον MCD πολύ χρήσιμο στην ανίχνευση ακραίων σημείων [70]. Η μέθοδος αναπτύχθηκε το 1984. Η ιδέα πίσω από την ελαχιστοποίηση της ορίζουσας είναι ότι η ορίζουσα ενός πίνακα συνδιακύμανσης μετρά πόσο ευρεία είναι η κατανομή. Επομένως, ο MCD επιλέγει το υποσύνολο των δεδομένων που είναι πιο στενά κατανομημένο.

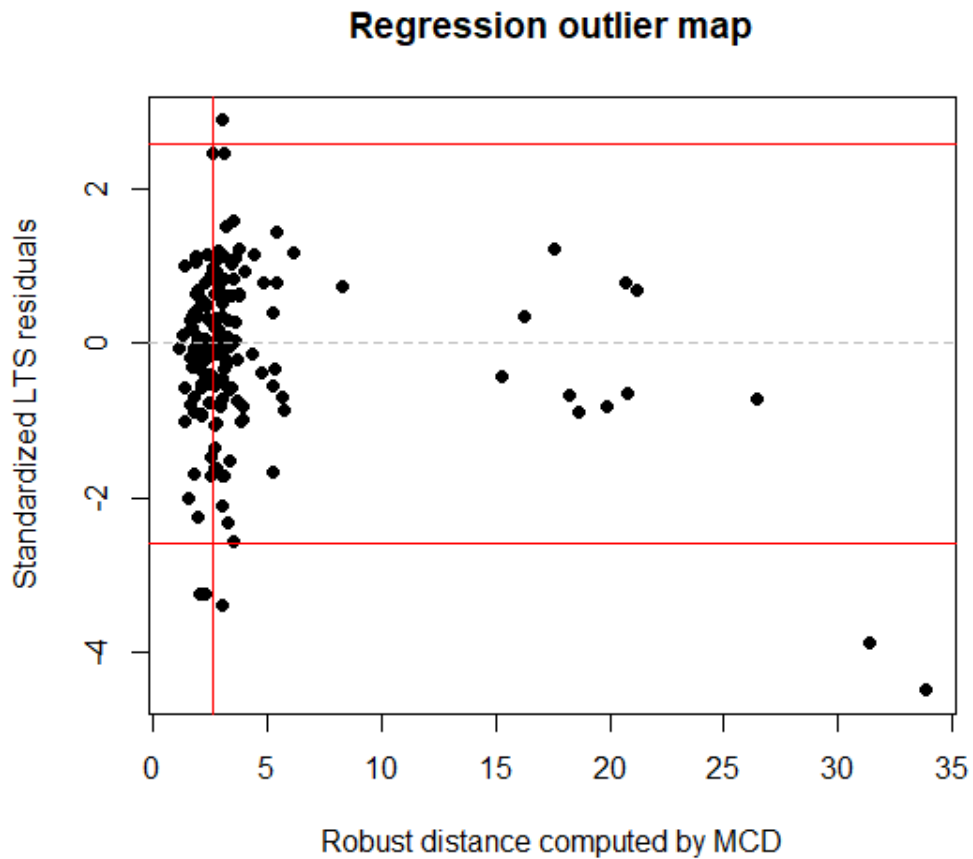


Figure 18: Γραφική παράσταση των τυποποιημένων υπολοίπων vs robust απόσταση μέσω της μεθόδου Minimum Covariance Determinant (MCD).

Αυτα τα δεδομένα λοιπόν τα οποία ξεπερνούν την οριακή τιμή και θεωρούνται ακραία σημεία τα αφαιρούμε απο την ανάλυση μας. Πιο συγκεκριμένα θα αφαιρεθούν οι παρατηρήσεις 26,41,71,118,134 και 135.

Ως επόμενο βήμα θα χρησιμοποιήσουμε τη μέθοδο βηματικής παλινδρόμησης (stepwise regression + forward selection method), όπως και στην περίπτωση της απλής πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης με σκοπό να καταλήξουμε στο βέλτιστο μοντέλο, το οποίο θα αποτελείται απο μεταβλητές οι οποίες θα είναι στατιστικά σημαντικές. Τα αποτελέσματα απο αυτές τις μεθόδους απεικονίζονται στην Εικόνα 19.

Stepwise Regression Summary LTS

	Dependent variable:	
	dWTI	
	(1)	(2)
dSP500	0.015*** (0.004)	0.015*** (0.004)
dDXY	-0.453** (0.208)	-0.453** (0.208)
dImpCrude	-0.0002** (0.0001)	-0.0002** (0.0001)
GDPUSA	-0.486* (0.293)	-0.486* (0.293)
Constant	0.538 (0.416)	0.538 (0.416)
AIC	448.31	448.31
Observations	149	149
R ²	0.177	0.177
Adjusted R ²	0.154	0.154
Residual Std. Error (df = 144)	4.428	4.428
F Statistic (df = 4; 144)	7.756***	7.756***

Note: * p<0.1; ** p<0.05; *** p<0.01

Figure 19: Αποτελέσματα των 2 βηματικών παλινδρομήσεων της ισχυρής μεθόδου LTS (1) Stepwise regression, (2) Forward selection method.

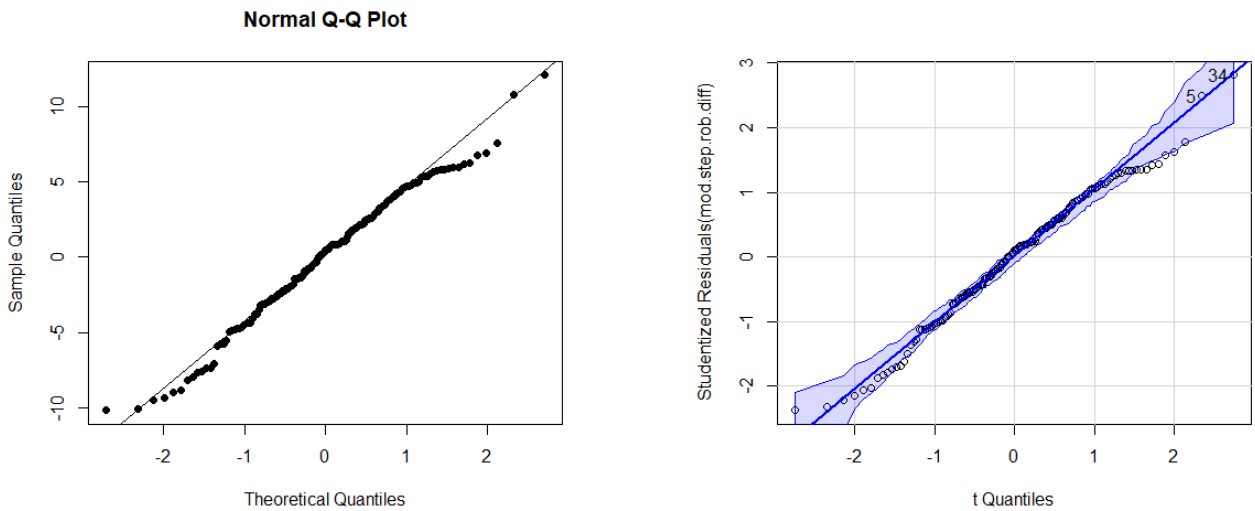
Παρατηρώντας την Εικόνα 19, βλέπουμε πως και σε αυτή την περίπτωση οι δύο μέθοδοι βηματικής παλινδρόμησης για την LTS καταλήγουν στο ίδιο τελικό μοντέλο με τις ίδιες τιμές όσον αφορά τις ανεξάρτητες μεταβλητές αλλά και τα κριτήρια. Συνεπώς, η τελική μορφή της παλινδρόμησης με τη μέθοδο LTS φάνεται στην εξίσωση 10.

$$dWTI = 0.538 - 0.0002 * dImpCrude + 0.015 * dSP500 - 0.453 * dDXY - 0.486 * GDPUSA \quad (10)$$

Από την εξίσωση παλινδρόμησης 10 παρατηρούμε τα εξής:

- Οι ανεξάρτητες μεταβλητές *dImpCrude*, *dDXY* και *GDPUSA* σχετίζονται αρνητικά με τις τιμές του πετρελαίου *dWTI*. Τη μεγαλύτερη αρνητική επιρροή την έχει το ΑΕΠ των ΗΠΑ, καθώς για αύξηση μιας ποσοστιαίας μονάδας του οι τιμές του πετρελαίου θα μειωθούν κατά 0.486\$ ανά βαρέλι.
- Η ανεξάρτητη μεταβλητή *dSP500* έχει θετική συσχέτιση με τις τιμές του πετρελαίου με συντελεστή $\hat{\beta}_{dSP500} = +0.015$.

Τέλος, θα κάνουμε το διαγνωστικό έλεγχο για την κατανομή των υπολοίπων που προέκυψαν από το μοντέλο με τη μέθοδο LTS ώστε να δούμε αν πληροί τις προϋποθέσεις της γραμμικής παλινδρόμησης. Αυτός απεικονίζεται στην Εικόνα 20.



(a) Γραφική κατανομή υπολοίπων για το μοντέλο της μεθόδου LTS. Shapiro-Wilk test p-value=0.02955 (b) Γραφική κατανομή τυποποιημένων υπολοίπων για το μοντέλο της μεθόδου LTS.

Figure 20: Γραφικές παραστάσεις υπολοίπων της γραμμικής παλινδρόμησης LTS

Παρατηρούμε πως το τεστ κανονικότητας του Shapiro δίνει μια p-value ίση με 0.02955 που σημαίνει πως για επίπεδο σημαντικότητας 1% η υπόθεση κανονικότητας δεν μπορεί να απορριφθεί. Στην Εικόνα 20b φαίνονται τα τυποποιημένα υπόλοιπα σε σχέση με τα αναμενόμενα ποσοστιαία σημεία της κατανομής t καθώς και το 95% διάστημα εμπιστοσύνης αυτών. Τα υπόλοιπα παραμένουν σχεδόν εντός των ορίων και στα δύο άκρα της κατανομής. Επιπλέον, στην Εικόνα 21 παρατηρούμε πως τα υπόλοιπα κατανέμονται τυχαία γύρω από το 0 με αποτέλεσμα την επιβεβαίωση της ομοιοσκεδαστικότητας. Συνεπώς, καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως τα υπόλοιπα ακολουθούν την κανονική κατανομή και πως το μοντέλο LTS μπορεί να περιγράψει ικανοποιητικά τις μεταβολές τις τιμές του πετρελαίου σε σχέση με τις στατιστικά σημαντικές ανεξάρτητες μεταβλητές.

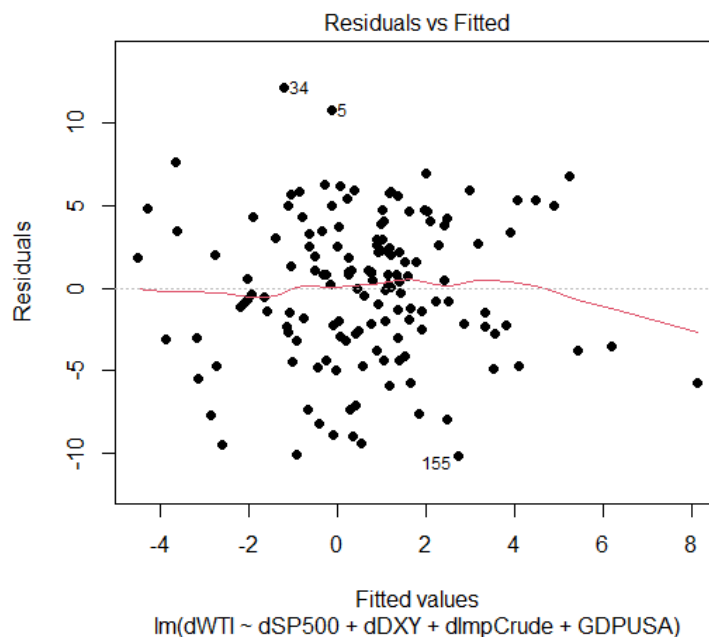


Figure 21: Υπόλοιπα vs Εκτιμημένες τιμές

3.5 Επίλογος

Σε αυτό το κεφάλαιο πραγματοποιήθηκε η στατιστική ανάλυση των υπό εξέταση δεδομένων ξεκινώντας με τη μέθοδο της απλής πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης καταλήγοντας στη μέθοδο γενικευμένων ελαχίστων τετραγώνων καθώς και με την ισχυρή μέθοδο Least Trimmed Squares με την οποία αφαιρέθηκαν δεδομένα τα οποία αποδείχθηκαν πως ήταν ακραία σημεία. Μπορούμε να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα από τη μέθοδο GLS (εξίσωση 9) με αυτά από την ισχυρή μέθοδο LTS (εξίσωση 10). Οι δύο μέθοδοι καταλήγουν σε διαφορετικά μοντέλα στα οποία εμπεριέχονται απο κοινού η μεταβλητή των (πρώτων διαφορών) παγκόσμιων εισαγωγών πετρελαίου $dImpCrude$ με παραπλήσιους εκτιμώμενους συντελεστές $\hat{\beta}_{dImpCrude}$ καθώς και ο χρηματοοικονομικός δείκτης (πρώτων διαφορών) $SP500$ με θετική συσχέτιση με τις τιμές του αργού πετρελαίου με συντελεστή $\hat{\beta}_{dSP500} = +0.012$ για το GLS μοντέλο και $\hat{\beta}_{dSP500} = +0.015$ για το LTS μοντέλο. Για το GLS μοντέλο βρέθηκαν επιπλέον πως η μεταβλητή (πρώτων διαφορών) των παγκόσμιων εξαγωγών $dExpCrude$ είναι στατιστικά σημαντική με ελαφρώς αρνητική συσχέτιση με τις τιμές του πετρελαίου ($\hat{\beta}_{dExpCrude} = -0.001$) ενώ το ΑΕΠ της Κίνας σχετίζεται θετικά με $\hat{\beta}_{GDPC} = +0.925$. Αντίθετα στο LTS μοντέλο οι επιπλέον στατιστικά σημαντικές μεταβλητές που προέκυψαν ήταν η μεταβλητή (πρώτων διαφορών) του δείκτη αμερικανικού δολαρίου DXY και η μεταβλητή του ΑΕΠ των ΗΠΑ με συντελεστές $\hat{\beta}_{dDXY} = -0.453$ και $\hat{\beta}_{GDPUSA} = -0.486$ αντίστοιχα. Όλες οι μεταβλητές και των δύο τελικών μοντέλων αποδείχθηκαν στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 10%.

4 Κεφάλαιο 4: Συμπεράσματα και προοπτικές

Οι τιμές του αργού πετρελαίου παρουσίασαν μεγάλη αστάθεια, ιδίως τις τελευταίες δεκαετίες. Οι τιμές σημείωσαν απότομη πορεία έως το 2008 που βρισκόντουσαν σε υψηλά επίπεδα έως τη χρηματοπιστωτική κρίση του ίδιου έτους στο οποίο πραγματοποιήθηκε και η πτώση, και από την ανάκαμψη έως τα 2014 υψηλότερα στα χαμηλότερα επίπεδα του 2016. Η κατανόηση των παραγόντων που οδηγούν τις τιμές του πετρελαίου έχει μεγάλη σημασία, δεδομένου ότι θα αναιρούσε τη δυναμική που μετατοπίζει τις αγορές. Αυτά δεν είναι σταθερά και δεν έχουν την ίδια επιρροή με την πάροδο του χρόνου. Η έρευνα των αιτιωδών παραγόντων και της επιρροής τους βοηθά τους συμμετέχοντες στην αγορά να έχουν καλύτερη εικόνα των συνθηκών που επικρατούν, ενώ μπορούν να προσαρμόζουν τις απαντήσεις τους. Η πρόβλεψη των τιμών παραμένει δύσκολη, αλλά οι αποκλίσεις μειώνονται εάν κατανοήσουμε τους κύριους παράγοντες που επηρεάζουν τις τιμές του πετρελαίου. Η ανάλυσή και τα εμπειρικά αποτελέσματα αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας αποκαλύπτουν ότι είμαστε σε θέση να λάβουμε χρήσιμες πληροφορίες και να αποτυπώσουμε σημαντικές εξελίξεις και σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών και των δεδομένων που μας ενδιαφέρουν.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι ο ποσοτικός προσδιορισμός των παραγόντων διαμόρφωσης των τιμών του αργού πετρελαίου. Συμπεριλαμβάνουμε κινητήριους μοχλούς από διάφορους τομείς, όπως τα θεμελιώδη μεγέθη της αγοράς (προσφορά+ζήτηση), χρηματοοικονομικούς παράγοντες, παράγοντες από την αγορά εμπορευμάτων καθώς και γεωπολιτικούς παράγοντες καλύπτοντας την περίοδο 2009-2021. Η διερεύνηση του κατά πόσον υπάρχει κάποια σχέση μεταξύ όλων αυτών των παραγόντων και την επίδρασή τους στις τιμές του αργού πετρελαίου, έδωσε μια σειρά από πολύ σημαντικά αποτελέσματα. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με δύο στατιστικές μεθόδους. Η πρώτη ήταν με βάση το μοντέλο των γενικευμένων ελαχίστων τετραγώνων και η δεύτερη με βάση μια ισχυρή (robust) στατιστική μέθοδο, τη Least Trimmed Squared (LTS). Για τις ανάγκες ικανοποίησης των προϋποθέσεων γραμμικής παλινδρόμησης διερευνήθηκαν οι πρώτες διαφορές των χρονολογικών δεδομένων. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις δύο μεθόδους δεν ήταν τα ίδια, ήταν όμως συγκρίσιμα. Στην περίπτωση της GLS παλινδρόμησης ο δείκτης *WTI* επηρεάζεται θετικά από το χρηματοοικονομικό δείκτη *SP500* καθώς και από το ΑΕΠ της Κίνας *GDPCH*, ενώ υπάρχει μια αρνητική επιρροή όσον αφορά τις παγκόσμιες εισαγωγές αργού πετρελαίου *ImpCrude* και τις παγκόσμιες εξαγωγές αργού πετρελαίου *ExpCrude*. Στην περίπτωση της ισχυρής LTS παλινδρόμησης συνεχίζει να υπάρχει η θετική συσχέτιση του δείκτη *SP500*, ενώ οι μεταβλητές *ImpCrude*, *DXY* και *GDPUSA* δείχνουν μια αρνητική σχέση με το δείκτη *WTI*.

Συνοψίζοντας, οι παγκόσμιες εισαγωγές αργού πετρελαίου δείχνουν να είναι ο πιο ισχυρός παράγοντας που σχετίζεται με το δείκτη *WTI* καθώς υπάρχει και στις δύο εξισώσεις παλινδρόμησης με τον ίδιο (σχεδόν) συντελεστή $\beta_{dImpCrude} = -0.0001$ για το GLS μοντέλο και $\beta_{dImpCrude} = -0.0002$ για το LTS μοντέλο. Στην εργασία [71] επιβεβαιώνεται η ελαφρώς αρνητική σχέση που υπάρχει μεταξύ των εισαγωγών και του δείκτη *WTI*. Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί πως λόγω της δυναμικής μεταξύ των εισαγωγών και εξαγωγών, όταν οι πετρελαιοπαραγωγές χώρες εξάγουν περισσότερο πετρέλαιο από ό,τι εισάγουν, συμβάλλουν στην αύξηση της παγκόσμιας προσφοράς πετρελαίου, η οποία, αν όλα τα άλλα παραμείνουν σταθερά, μπορεί να οδηγήσει σε χαμηλότερες τιμές του πετρελαίου λόγω της πλεονάζουσας προσφοράς. Αντίθετα, εάν οι χώρες εισαγωγής πετρελαίου εισάγουν περισσότερα από όσα εξάγουν, θα μπορούσε να περιορίσει την παγκόσμια προσφορά πετρελαίου, οδηγώντας ενδεχομένως σε υψηλότερες τιμές. Στη συνέχεια, ο δείκτης *SP500* παρουσιάζει την ίδια συμπεριφορά και στις δύο περιπτώσεις με θετική συσχέτιση στις τιμές του πετρελαίου. Τέλος, για το GLS μοντέλο προκύπτει πως οι παγκόσμιες εξαγωγές αργού πετρελαίου έχουν μια ελαφρώς αρνητική συσχέτιση με τις τιμές του αργού πετρελαίου, ενώ το ΑΕΠ της Κίνας σχετίζεται θετικά με συντελεστή $\beta_{GDPCH} = +0.925$. Αυτό δείχνει πως όσο η οικονομία της Κίνας αναπτύσσεται, θα έχει ανάγκη περισσότερες ποσότητες πετρελαίου με

αποτέλεσμα να αυξάνεται η ζήτηση καθώς και οι τιμές αυτού.

Αντίθετα, για το LTS μοντέλο προέκυψε πως ο δείκτης αμερικανικού δολαρίου *DXY* όσο αυξάνει την αξία του τόσο περισσότερο θα μειώνονται οι τιμές του πετρελαίου. Όταν το δολάριο των ΗΠΑ ενισχύεται (δηλαδή, ο δείκτης *DXY* αυξάνεται), τα εμπορεύματα με τιμές σε δολάρια γίνονται πιο ακριβά για τους κατόχους άλλων νομισμάτων. Αυτό τείνει να μειώσει τη ζήτηση για εμπορεύματα, συμπεριλαμβανομένου του πετρελαίου, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε χαμηλότερες τιμές του πετρελαίου. Αυτό το συμπέρασμα έρχεται σε συμφωνία με παλαιότερες έρευνες όπως την [72] και [73], στις οποίες βρέθηκε πως το αμερικάνικο δολαριο έχει μια αρνητική συσχέτιση με τις τιμές του πετρελαίου. Επιπλέον, αποδείχθηκε πως το ΑΕΠ των ΗΠΑ έχει μια αρνητική σχέση με τις τιμές του αργού πετρελαίου με $\beta_{GDPUSA} = -0.486$. Ενώ η οικονομία των ΗΠΑ μπορεί να αναπτύσσεται, η οικονομική επιβράδυνση ή η ύφεση σε άλλα μέρη του κόσμου μπορεί να μειώσει τη συνολική ζήτηση για πετρέλαιο. Δεδομένου ότι το πετρέλαιο είναι ένα παγκόσμιο εμπορεύσιμο προϊόν, οι αλλαγές στις παγκόσμιες οικονομικές συνθήκες μπορούν να επηρεάσουν την τιμή του ανεξάρτητα από την αύξηση του ΑΕΠ των ΗΠΑ. Η αύξηση του ΑΕΠ μπορεί να οφείλεται σε άλλους παράγοντες (π.χ. αυξημένες καταναλωτικές δαπάνες, επιχειρηματικές επενδύσεις κλπ.). Ωστόσο, εάν η προσφορά πετρελαίου υπερβαίνει τη ζήτηση ή εάν η αύξηση της ζήτησης είναι χαμηλότερη από την αναμενόμενη, μπορεί να οδηγήσει σε πτώση των τιμών του πετρελαίου παρά τη συνολική οικονομική ανάπτυξη. Η αύξηση της προσφοράς λόγω τεχνολογικών εξελίξεων γεώτρησης μπορεί μερικές φορές να ξεπεράσει τις αυξήσεις της ζήτησης, προκαλώντας καθοδική πίεση στις τιμές του πετρελαίου.

Σε γενικές γραμμές επιβεβαιώθηκε η συμπεριφορά των τιμών του πετρελαίου σχετικά με τους παράγοντες προσφοράς, ζήτησης, αλλά και χρηματοοικονομικούς παράγοντες. Οι αρχικές μεταβλητές που ερευνήθηκαν δεν αποδείχθηκαν όλες ικανές να εξηγήσουν τη μεταβολή των τιμών του πετρελαίου, όμως προέκυψαν μεταβλητές από διαφορετικές κατηγορίες παραγόντων στα δύο μοντέλα που σημαίνει πως οι τιμές του αργού πετρελαίου επηρεάζονται από ένα μεγάλο εύρος εξωγενών παραγόντων. Δεδομένου του ότι η ανάλυση επιβεβαίωσε τις υποθέσεις της γραμμικής παλινδρόμησης μπορούμε να ισχυριστούμε πως τα παραπάνω αποτελέσματα είναι αντιπροσωπευτικά χρησιμοποιώντας τα συγκεκριμένα δεδομένα και ανεξάρτητες μεταβλητές. Το robust μοντέλο που προέκυψε με τη μέθοδο LTS δείχνει να είναι πιο κοντά στην ήδη υπάρχουσα βιβλιογραφία σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν τις τιμές του αργού πετρελαίου.

Όσον αφορά τους περιορισμούς της εργασίας μπορούμε να ανφέρουμε τα εξής. Σε περίπτωση που αλλάξει ο αριθμός των ανεξαρτήτων μεταβλητών και προστεθούν νέες μεταβλητές ή νέα δεδομένα από άλλες χρονικές περιόδους, τα αποτελέσματα είναι πιθανό να παρουσιάσουν μεγάλη μεταβολή. Ένας ακόμα περιορισμός που θα μπορούσαμε να εντοπίσουμε αφορά την υιοθέτηση κάποιων άλλων σειρών δεδομένων με διαφορετική συχνότητα ή χρονική περίοδο. Ωστόσο, ένα τόσο ευρύ θέμα δεν μπορεί να καλυφθεί εύκολα και απαιτείται περαιτέρω έρευνα για την υποστήριξη της εγκυρότητας των αποτελεσμάτων. Υπάρχει ένας τεράστιος αριθμός τόσο από τις μεταβλητές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν όσο και πιο περίπλοκες οικονομετρικές τεχνικές που μπορούν να εφαρμοστούν. Όπως είναι κατανοητό απαιτείται περαιτέρω έρευνα προκειμένου να ενισχυθεί ακόμη περισσότερο η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων αυτής της μελέτης.

References

- [1] L. Yan, “Analysis of the international oil price fluctuations and its influencing factors,” *American Journal of Industrial and Business Management*, vol. 02, pp. 39–46, 01 2012.
- [2] Q. Guan, “The period model and policies of the fluctuation of international oil price,” *International Petroleum Economics*, vol. 01, p. 26, 2008.
- [3] Z. Ding, Z. Liu, Y. Zhang, and R. Long, “The contagion effect of international crude oil price fluctuations on chinese stock market investor sentiment,” *Applied Energy*, vol. 187, no. C, pp. 27–36, 2017. [Online]. Available: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:appene:v:187:y:2017:i:c:p:27-36>
- [4] P. Sadorsky, “Oil price shocks and stock market activity,” *Energy Economics*, vol. 21, no. 5, pp. 449–469, 1999. [Online]. Available: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:eneeco:v:21:y:1999:i:5:p:449-469>
- [5] L. Kilian and C. Park, “The impact of oil price shocks on the u.s. stock market,” *International Economic Review*, vol. 50, no. 4, pp. 1267–1287, 2009. [Online]. Available: <http://www.jstor.org/stable/25621509>
- [6] F. Doko Tchatoka, V. Masson, and S. Parry, “Linkages between oil price shocks and stock returns revisited,” *Energy Economics*, vol. 82, no. C, pp. 42–61, 2019. [Online]. Available: <https://ideas.repec.org/a/eee/eneeco/v82y2019icp42-61.html>
- [7] S. J. Okullo and F. Reynès, “Imperfect cartelization in opec,” *Energy Economics*, vol. 60, pp. 333–344, 2016. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988316302912>
- [8] A. Pierru, J. Smith, and T. Zamrik, “Opec’s impact on oil price volatility: The role of spare capacity,” *Energy Journal*, vol. 39, pp. 103–122, 04 2018.
- [9] A. M. Reza, “The price of oil and conflict in opec,” *The Energy Journal*, vol. 5, no. 2, pp. 29–33, 1984. [Online]. Available: <http://www.jstor.org/stable/41321678>
- [10] A. Wood, C. Mason, and D. Finnoff, “Opec, the seven sisters, and oil market dominance: An evolutionary game theory and agent-based modeling approach,” *Journal of Economic Behavior Organization*, vol. 132, 07 2016.
- [11] G. Chevillon and C. Riffart, “Physical market determinants of the price of crude oil and the market premium,” *Energy Economics*, vol. 31, no. 4, pp. 537–549, 2009. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988309000103>
- [12] A. Cologni and M. Manera, “On the economic determinants of oil production,” *Energy Economics*, vol. 44, no. C, pp. 68–79, 2014. [Online]. Available: <https://ideas.repec.org/a/eee/eneeco/v44y2014icp68-79.html>
- [13] A. Loutia, C. Mellios, and K. Andriosopoulos, “Do opec announcements influence oil prices?” *Energy Policy*, vol. 90, pp. 262–272, 2016. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421515302007>
- [14] R. K. Kaufmann, “The role of market fundamentals and speculation in recent price changes for crude oil,” *Energy Policy*, vol. 39, no. 1, pp. 105–115, 2011. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421510007044>

- [15] A. Dagoumas, T. Perifanis, and M. Polemis, “An econometric analysis of the Saudi Arabia’s crude oil strategy,” *Resources Policy*, vol. 59, no. C, pp. 265–273, 2018. [Online]. Available: <https://ideas.repec.org/a/eee/jrpoli/v59y2018icp265-273.html>
- [16] A. Behar and R. Ritz, “Opec vs us shale: Analyzing the shift to a market-share strategy,” *Energy Economics*, vol. 63, no. C, pp. 185–198, 2017. [Online]. Available: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:eneeco:v:63:y:2017:i:c:p:185-198>
- [17] E. Bataa, M. Izzeldin, and D. R. Osborn, “Changes in the global oil market,” *Energy Economics*, vol. 56, pp. 161–176, 2016. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988316300470>
- [18] K. Drachal, “Forecasting spot oil price in a dynamic model averaging framework — have the determinants changed over time?” *Energy Economics*, vol. 60, pp. 35–46, 2016. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014098831630264X>
- [19] D. Caldara, M. Cavallo, and M. Iacoviello, “Oil Price Elasticities and Oil Price Fluctuations,” Board of Governors of the Federal Reserve System (U.S.), International Finance Discussion Papers 1173, Jul. 2016. [Online]. Available: <https://ideas.repec.org/p/fip/fedgif/1173.html>
- [20] L. Liu, Y. Wang, C. Wu, and W. Wu, “Disentangling the determinants of real oil prices,” *Energy Economics*, vol. 56, no. C, pp. 363–373, 2016. [Online]. Available: <https://ideas.repec.org/a/eee/eneeco/v56y2016icp363-373.html>
- [21] J. P. Byrne, M. Lorusso, and B. Xu, “Oil prices, fundamentals and expectations,” *Energy Economics*, vol. 79, pp. 59–75, 2019, energy Markets Dynamics in a Changing Environment. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988318301786>
- [22] Z. Su, M. Lu, and L. Yin, “Oil prices and news-based uncertainty: Novel evidence,” *Energy Economics*, vol. 72, pp. 331–340, 2018. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988318301464>
- [23] B. C. Prest, “Explanations for the 2014 oil price decline: Supply or demand?” *Energy Economics*, vol. 74, no. C, pp. 63–75, 2018. [Online]. Available: <https://ideas.repec.org/a/eee/eneeco/v74y2018icp63-75.html>
- [24] J.-M. Kim and H. Jung, “Dependence Structure between Oil Prices, Exchange Rates, and Interest Rates,” *The Energy Journal*, vol. 0, no. Number 2, 2018. [Online]. Available: <https://ideas.repec.org/a/aen/journal/ej39-2-jung.html>
- [25] R. Espinasa, E. ter Horst, S. G. Reyes, O. Manzano, G. Molina, and R. Rigobon, “A micro-based model for world oil market,” *Energy Economics*, vol. 66, pp. 431–449, 2017. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014098831730213X>
- [26] A. Jadidzadeh and A. Serletis, “How does the U.S. natural gas market react to demand and supply shocks in the crude oil market?” *Energy Economics*, vol. 63, no. C, pp. 66–74, 2017. [Online]. Available: <https://ideas.repec.org/a/eee/eneeco/v63y2017icp66-74.html>
- [27] J. Güntner, “How do oil producers respond to oil demand shocks?” *Energy Economics*, vol. 44, 07 2014.

- [28] T. Perifanis and A. Dagoumas, “Living in an era when market fundamentals determine crude oil price,” *The Energy Journal*, vol. 40, pp. pp. 317–336, 2019. [Online]. Available: <https://www.jstor.org/stable/27139287>
- [29] M. Lorusso and L. Pieroni, “Causes and consequences of oil price shocks on the UK economy,” *Economic Modelling*, vol. 72, no. C, pp. 223–236, 2018. [Online]. Available: <https://ideas.repec.org/a/eee/ecmode/v72y2018icp223-236.html>
- [30] L. Juvenal and I. Petrella, “Speculation in the oil market,” *Journal of Applied Econometrics*, vol. 30, no. 4, pp. 621–649, 2015. [Online]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jae.2388>
- [31] Q. Wang and X. Sun, “Crude oil price: Demand, supply, economic activity, economic policy uncertainty and wars – From the perspective of structural equation modelling (SEM),” *Energy*, vol. 133, no. C, pp. 483–490, 2017. [Online]. Available: <https://ideas.repec.org/a/eee/energy/v133y2017icp483-490.html>
- [32] C. M. Jones and G. Kaul, “Oil and the stock markets,” *The journal of Finance*, vol. 51, no. 2, pp. 463–491, 1996.
- [33] P. Sadorsky, “Oil price shocks and stock market activity,” *Energy Economics*, vol. 21, no. 5, pp. 449–469, 1999. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988399000201>
- [34] J. Miller and R. Ratti, “Crude oil and stock markets: Stability, instability, and bubbles,” *Energy Economics*, vol. 31, no. 4, pp. 559–568, 2009. [Online]. Available: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:eneeco:v:31:y:2009:i:4:p:559-568>
- [35] Y. Wang, C. Wu, and L. Yang, “Oil price shocks and stock market activities: Evidence from oil-importing and oil-exporting countries,” *Journal of Comparative Economics*, vol. 41, no. 4, pp. 1220–1239, 2013. [Online]. Available: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:jcecon:v:41:y:2013:i:4:p:1220-1239>
- [36] M. Starr-McCluer, “Stock market wealth and consumer spending,” *Economic Inquiry*, vol. 40, no. 1, pp. 69–79, 2002. [Online]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1093/ei/40.1.69>
- [37] L. Li, L. Yin, and Y. Zhou, “Exogenous shocks and the spillover effects between uncertainty and oil price,” *Energy Economics*, vol. 54, no. C, pp. 224–234, 2016. [Online]. Available: <https://ideas.repec.org/a/eee/eneeco/v54y2016icp224-234.html>
- [38] A. Salisu and T. Oloko, “Modeling oil price–us stock nexus: A varma–bekk–agarch approach,” *Energy Economics*, vol. 50, no. C, pp. 1–12, 2015. [Online]. Available: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:eneeco:v:50:y:2015:i:c:p:1-12>
- [39] S. Degiannakis, G. Filis, and C. Floros, “Oil and stock returns: Evidence from european industrial sector indices in a time-varying environment,” *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, vol. 26, pp. 175–191, 2013. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S104244311300036X>
- [40] N. Sariannidis and E. Drimbetas, “Impact of international volatility and the introduction of Individual Stock Futures on the volatility of a small market,” *European Research Studies Journal*, vol. 0, no. 3, pp. 119–119, 2008. [Online]. Available: <https://ideas.repec.org/a/ers/journal/vxiy2008i3p119-.html>

- [41] J. Cuñado and F. Pérez de Gracia, “Do oil price shocks matter? evidence for some european countries,” *Energy Economics*, vol. 25, no. 2, pp. 137–154, 2003. [Online]. Available: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:eneeco:v:25:y:2003:i:2:p:137-154>
- [42] “U.s. dollar index,” https://en.wikipedia.org/wiki/U.S._Dollar_Index, accessed: 2023-10-24.
- [43] B. Fattouh, L. Kilian, and L. Mahadeva, “The role of speculation in oil markets: What have we learned so far?” *Energy Journal -Cambridge Ma then Cleveland Oh-*, vol. 34, 03 2012.
- [44] B. Ewing and F. Malik, “Volatility transmission between gold and oil futures under structural breaks,” *International Review of Economics Finance*, vol. 25, no. C, pp. 113–121, 2013. [Online]. Available: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:reveco:v:25:y:2013:i:c:p:113-121>
- [45] P. Sadorsky, “Correlations and volatility spillovers between oil prices and the stock prices of clean energy and technology companies,” *Energy Economics*, vol. 34, no. 1, pp. 248–255, 2012. [Online]. Available: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:eneeco:v:34:y:2012:i:1:p:248-255>
- [46] W. Mensi, B. Makram, A. Boubaker, and S. Managi, “Correlations and volatility spillovers across commodity and stock markets: Linking energies, food, and gold,” *Economic Modelling*, vol. 32, no. C, pp. 15–22, 2013. [Online]. Available: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:ecmode:v:32:y:2013:i:c:p:15-22>
- [47] C. Ciner, “On the long run relationship between gold and silver prices a note,” *Global Finance Journal*, vol. 12, p. 299–303, 09 2001.
- [48] F. Capie, T. C. Mills, and G. Wood, “Gold as a hedge against the dollar,” *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, vol. 15, no. 4, pp. 343–352, 2005. [Online]. Available: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:intfin:v:15:y:2005:i:4:p:343-352>
- [49] M. Melvin and J. Sultan, “South african political unrest, oil prices, and the time varying risk premium in the gold futures market,” *Journal of Futures Markets*, vol. 10, no. 2, pp. 103–111, 1990. [Online]. Available: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:wly:jfutmk:v:10:y:1990:i:2:p:103-111>
- [50] Y.-J. Zhang and Y.-M. Wei, “The crude oil market and the gold market: Evidence for cointegration, causality and price discovery,” *Resources Policy*, vol. 35, no. 3, pp. 168–177, 2010. [Online]. Available: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:jrpoli:v:35:y:2010:i:3:p:168-177>
- [51] G. Bampinas and T. Panagiotidis, “On the relationship between oil and gold before and after financial crisis: Linear, nonlinear and time-varying causality testing,” Rimini Centre for Economic Analysis, Working Paper series, 2015. [Online]. Available: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:rim:rimwps:15-04>
- [52] M.-H. Chen, “Understanding world metals prices—returns, volatility and diversification,” *Resources Policy*, vol. 35, no. 3, pp. 127–140, 2010. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301420710000024>
- [53] J. Baffes, “Oil spills on other commodities,” *Resources Policy*, vol. 32, no. 3, pp. 126–134, 2007. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301420707000542>

- [54] T. Saadi Sedik and S. Cevik, "A barrel of oil or a bottle of wine: How do global growth dynamics affect commodity prices?" International Monetary Fund, IMF Working Papers 2011/001, 2011. [Online]. Available: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:imf:imfwpa:2011/001>
- [55] X. Du, C. L. Yu, and D. Hayes, "Speculation and volatility spillover in the crude oil and agricultural commodity markets: A bayesian analysis," Agricultural and Applied Economics Association, 2009 Annual Meeting, July 26-28, 2009, Milwaukee, Wisconsin 49276, 2009. [Online]. Available: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:ags:aaea09:49276>
- [56] M. Fatimah, A. Arshad, and A. Awad, "The long run relationship between petroleum and cereals prices: Evidence from cointegration tests," 01 2008.
- [57] J. Piesse and C. Thirtle, "Three bubbles and a panic: An explanatory review of recent food commodity price events," *Food Policy*, vol. 34, no. 2, pp. 119–129, 2009. [Online]. Available: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:jfpoli:v:34:y:2009:i:2:p:119-129>
- [58] A. Plourde and G. C. Watkins, "Crude oil prices between 1985 and 1994: how volatile in relation to other commodities?" *Resource and Energy Economics*, vol. 20, no. 3, pp. 245–262, September 1998. [Online]. Available: <https://ideas.repec.org/a/eee/resene/v20y1998i3p245-262.html>
- [59] L. Yan, "Analysis of the international oil price fluctuations and its influencing factors," *American Journal of Industrial and Business Management*, vol. 02, pp. 39–46, 01 2012.
- [60] "Global terrorism databse," <https://www.start.umd.edu/gtd/>, accessed: 2023-10-30.
- [61] "Energy information administration-wti spot price," <https://www.eia.gov/dnav/pet/>, accessed: 2023-10-30.
- [62] "Jodi-oil database," <https://www.jodidata.org/oil/>, accessed: 2023-11-7.
- [63] "Quarterly gdp," <https://data.oecd.org/gdp/quarterly-gdp.htmindicator-chart>, accessed: 2023-11-5.
- [64] "Marketwatch," <https://www.marketwatch.com/>, accessed: 2023-11-15.
- [65] N. Shrestha, "Detecting multicollinearity in regression analysis," *American Journal of Applied Mathematics and Statistics*, vol. 8, pp. 39–42, 06 2020.
- [66] Z. Ke and Z. Zhang, "Testing autocorrelation and partial autocorrelation: Asymptotic methods versus resampling techniques," *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, vol. 71, 09 2017.
- [67] C. H. Franklin, "Maximum likelihood estimation," in *Encyclopedia of Social Measurement*, K. Kempf-Leonard, Ed. New York: Elsevier, 2005, pp. 653–664. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B0123693985001729>
- [68] R. Elvezio, "The main contributions of robust statistics to statistical science and a new challenge," *METRON*, vol. 79, pp. 127–135, 06 2020.
- [69] "Eberly college of science," <https://online.stat.psu.edu/stat462/node/170/: :text=In>
- [70] M. Hubert and M. Debruyne, "Minimum covariance determinant," vol. 2, pp. 36–43, 01 2010.
- [71] H. Bostanchi, "Wti oil price prediction modeling and forecasting," 2017.

- [72] A. Yousefi and T. S. Wirjanto, “The empirical role of the exchange rate on the crude-oil price formation,” *Energy Economics*, vol. 26, no. 5, pp. 783–799, 2004.
- [73] G. Cifarelli and G. Paladino, “Oil price dynamics and speculation: A multivariate financial approach,” *Energy economics*, vol. 32, no. 2, pp. 363–372, 2010.