



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ**

Διπλωματική Εργασία

---

Διερεύνηση Συσχέτισης Μεταξύ των Τιμών Αργού  
Πετρελαίου και Χρυσού

---

Μπατσής Παναγιώτης  
Α.Μ: mm14106

Επιβλέπων Καθηγητής: Δημήτριος Δαμίγος

Οκτώβριος 2020

*Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή*

*Δαμίγος Δημήτριος*  
*Επίκουρος Καθηγητής*

*Καλιαμπάκος Δημήτριος*  
*Κοσμήτορας της Σχολής*

*Μενεγάκη Μαρία*  
*Επίκουρη Καθηγήτρια*

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

---

Η παρούσα διπλωματική εργασία επιχειρεί την διερεύνηση της σχέσης αιτιότητας των τιμών του αργού πετρελαίου τύπου WTI και των τιμών του χρυσού για την περίοδο 1970-2020. Παράλληλα, γίνεται μια προσπάθεια πρόβλεψης των μελλοντικών τιμών των δύο αυτών αγαθών μέσω της ανάλυσης χρονοσειρών, και συγκεκριμένα, μέσω των ολοκληρωμένων αυτοπαλίνδρομων μοντέλων κινητού μέσου όρου (Autoregressive Intergrated- Moving Average – ARIMA Models).

Η μελέτη χωρίζεται σε δύο κύρια μέρη: Στο πρώτο μέρος, που χωρίζεται σε τέσσερα κεφάλαια, γίνεται μία θεωρητική ανάλυση σχετικά με το πετρέλαιο και τον χρυσό, την χρηματοπιστωτική αγορά καθώς και τους παραγόντες που επιδρούν και επηρεάζουν τις τιμές τους. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εκτενής παρουσίαση της μεγάλης αγοράς των εμπορευμάτων (commodity market) καθώς και των αγορών του αργού πετρελαίου και του χρυσού παρουσιάζοντας τις τρέχουσες συνθήκες που επικρατούν. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μία ιστορική αναδρομή των σημαντικότερων σταθμών της πορείας των τιμών του πετρελαίου και του χρυσού τα τελευταία πενήντα χρόνια. Το τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων εμπειρικών ερευνών από την υπάρχουσα βιβλιογραφία που αφορούν την συσχέτιση των τιμών του πετρελαίου και του χρυσού με διάφορους χρηματοοικονομικούς παράγοντες, ενώ εξετάζονται και τα στοιχεία συσχέτισης που παρουσιάζουν αργό πετρέλαιο και χρυσός μεταξύ τους. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται μία αναλυτική περιγραφή της μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε για την στατιστική ανάλυση καθώς και των δεδομένων που συλλέχθηκαν.

Το δεύτερο μέρος της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελείται από τα κεφάλαια 5 και 6. Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται αρχικά μια προσπάθεια πρόβλεψης των μελλοντικών τιμών αργού πετρελαίου τύπου WTI και χρυσού μέσω του μοντέλου ARIMA. Η προσέγγιση έγινε καθαρά για λόγους επίδειξης και δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα. Στην συνέχεια, δημιουργήθηκε μία πολυμεταβλητή ανάλυση με υπόδειγμα VAR προκειμένου να εντοπιστούν οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μεταβλητών. Την πολυμεταβλητή αυτή ανάλυση έρχεται να συμπληρώσει ο έλεγχος αιτιότητας κατά Granger προκειμένου να εντοπιστεί η φορά που διέπει τις τρεις μεταβλητές μας. Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο γίνεται μία παρουσίαση των συμπερασμάτων που προέκυψαν από την στατιστική ανάλυση του παρόντος θέματος.

## ABSTRACT

---

The purpose of this diploma thesis is to analyse the causality between gold and WTI crude oil prices during 1970-2020. At the same time, an attempt is made to forecast future WTI crude oil and gold prices through the use of time series analysis methods, and more specific, the Autoregressive Intergrated- Moving Average – ARIMA Models.

The thesis is divided into two main parts. In the first part, an theoretical analysis of the financial markets can be found, with a specific focus in oil and gold and the factors affecting their price movements. This part is further divided into four chapters. In the first chapter, a detailed description of the commodity market is being carried out, followed by an analysis of the current market sentiment in the crude oil and gold markets. In the second chapter, a historical review of the greatest events that shaped gold and oil prices over the last fifty years can be found, followed by an literature analysis of the main findings of previous research regarding the correlation between gold and crude oil prices (third chapter). In the fourth chapter, the methodology utilised for data collection and statistical analysis is described.

The second part of this thesis consists of the two final chapters. In the fifth chapter, an effort is made to forecast future WTI crude oil and gold prices through the use of the ARIMA model. This was done for demonstration purposes only and does not reflect a realistic forecasting approach. Therefore, a multivariate VAR analysis is used, followed by Granger Causality tests in order to better understand the causality between the variables. In the final sixth chapter, a presentation, analysis and evaluation of the main findings of the time series analysis can be found.

## Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ABSTRACT.....	4
Περιεχόμενα.....	5
Κατάλογος Συντομογραφιών.....	7
Κατάλογος Διαγραμμάτων και Πινάκων.....	8
Κατάλογος Εικόνων.....	9
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Πρώτες Ύλες, Πετρέλαιο και Χρυσός.....	12
1.1 Εμπορεύματα.....	12
1.2 Πετρέλαιο.....	16
1.3 Χρυσός.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Ιστορική Αναδρομή.....	25
2.1 Εισαγωγή.....	25
2.2 Ιστορική Ανάλυση Πετρελαίου.....	25
2.3 Ιστορική Ανάλυση Χρυσού.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	30
3.1 Εισαγωγή.....	30
3.2 Βασικές Μακροοικονομικές Έννοιες.....	30
3.3 Συσχέτιση Τιμών Πετρελαίου με Μακροοικονομικούς Παράγοντες.....	31
3.4 Συσχέτιση Τιμών Χρυσού με Μακροοικονομικούς Παράγοντες.....	33
3.5 Πετρέλαιο και Χρυσός.....	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Μεθοδολογία και Περιγραφή Δεδομένων.....	41
4.1 Εισαγωγή.....	41
4.2 Βασικές Έννοιες – Χαρακτηριστικά των Χρονοσειρών.....	41
4.2.1 Στασιμότητα.....	41
4.3 Στοχαστικά Υποδείγματα Χρονοσειρών.....	44
4.3.1 Αυτοπαλίνδρομο Υπόδειγμα τάξης (p), AR(p).....	44
4.3.2 Υπόδειγμα Κινητού Μέσου τάξης q, MA(q).....	45
4.3.3 Μικτό Υπόδειγμα ARMA(p,q).....	45

4.3.4	Αυτοπαλίνδρομο Ολοκληρωμένο Υπόδειγμα Κινητού Μέσου ARIMA (p,d,q) .....	46
4.4	Υπόδειγματα Αυτοπαλίνδρομων Διανυσμάτων .....	47
4.5	Έλεγχος αιτιότητας κατά Granger.....	49
4.6	Συλλογή Δεδομένων.....	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Στατιστική Ανάλυση και Αποτελέσματα .....		52
5.1	Εισαγωγή.....	52
5.2	Πρόβλεψη με Χρήση Μοντέλων ARIMA(p,d,q).....	52
5.3	Πολυμεταβλητό Υπόδειγμα VAR.....	71
5.4	Έλεγχος Αιτιότητας κατά Granger.....	75
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Συμπεράσματα.....		77
Βιβλιογραφία.....		78

## Κατάλογος Συντομογραφιών

A.E.Π	Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν
Δ.Τ.Κ	Δείκτης Τιμών Καταναλωτή
ΟΠΕΚ	Οργανισμός Πετρελαιοπαραγωγικών Χωρών
ΣΜΕ	Συμβόλαιο Μελλοντικής Εκπλήρωσης
ACF	Autocorrelation Function
ADF	Augmented Dickey-Fuller
AIC	Akaike Information Criterion
AR	Autoregressive
ARIMA	Autoregressive Intergrated Moving Average
ARMA	Autoregressive Moving Average
BIC	Bayesian Information Criterion
DF	Dickey-Fuller
MA	Moving Average
PACF	Partial Autocorrelation Function
P.P.I	Producer Price Index
S&P 500	Standard & Poor's 500
VAR	Vector Autoregressive
WTI	West Texas Intermediate
WGC	World Gold Council

## Κατάλογος Διαγραμμάτων και Πινάκων

Διάγραμμα 1-1:Μεταβολή παραγωγής στις χώρες του ΟΡΕC (2018) .....	17
Διάγραμμα 1-2: Κυριότερες χώρες παραγωγής χρυσού (2018). .....	21
Διάγραμμα 3-1: Τιμή χρυσού και Πληθωρισμός (1970-2020).....	34
Διάγραμμα 3-2: Πραγματικές τιμές Χρυσού και Πετρελαίου (1970-2020).....	37
Διάγραμμα 3-3: Αναλογία Πετρελαίου προς Χρυσό (1970-2020).....	40
Διάγραμμα 4-1: Αναλογία S&P 500 προς δείκτη τιμών παραγωγού (PPI) (1970-2020).....	51
Διάγραμμα 5-1: Διάγραμμα Διασποράς Πρόβλεψης Τιμών Πετρελαίου. ....	61
Διάγραμμα 5-2: Διάγραμμα Διασποράς Πρόβλεψης Τιμών Χρυσού. ....	70
Πίνακας 3-1: Συγκεντρωτικός Πίνακας των παραμέτρων των σημαντικότερων βιβλιογραφικών αναφορών.....	40
Πίνακας 5-1: Συγκεντρωτικός Πίνακας Υποδειγμάτων ARIMA. ....	59
Πίνακας 5-2:12μηνη πρόβλεψη των τιμών του πετρελαίου. ....	61
Πίνακας 5-3: Συγκεντρωτικός Πίνακας Υποδειγμάτων ARIMA. ....	69



## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2-1: Εξέλιξη Τιμής Πετρελαίου (δολ/βαρέλι) .....	27
Εικόνα 2-2: Εξέλιξη Τιμής Χρυσού .....	29
Εικόνα 5-1: Οι Γραφικές Παραστάσεις των ACF και PACF της χρονοσειράς Oil με lag 40.....	53
Εικόνα 5-2: Γραφική αναπαράσταση Αυτοσυσχετίσεων (ACF) και Μερικών Αυτοσυσχετίσεων (PACF) χρονοσειράς D.Oil.....	54
Εικόνα 5-3: Οι νέες Γραφικές Παραστάσεις των ACF και PACF της χρονοσειράς D.Oil με lag 40..	55
Εικόνα 5-4: Το Dickey-Fuller test της χρονοσειράς D.Oil.....	56
Εικόνα 5-5: Τα υποδείγματα ARIMA (1,1,1) και (1,1,2).....	58
Εικόνα 5-6: Το υπόδειγμα ARIMA (1,1,5).....	60
Εικόνα 5-7: Οι Γραφικές Παραστάσεις των ACF και PACF της χρονοσειράς Gold με lag 40....	63
Εικόνα 5-8: Κορρελόγραμμα της μεταβλητής D.Gold.....	64
Εικόνα 5-9: Οι νέες Γραφικές Παραστάσεις των ACF και PACF της χρονοσειράς D.Gold με lag 40.....	65
Εικόνα 5-10: Το Dickey-Fuller test της χρονοσειράς D.Gold .....	66
Εικόνα 5-11: Τα υποδείγματα ARIMA (1,1,1) και (1,1,5).....	68
Εικόνα 5-12: Διαδικασία επιλογής Υστερήσεων (VAR Lag Length selection).....	71
Εικόνα 5-13: Έλεγχος Συνολοκλήρωσης του δείγματος με τη μέθοδο Johansen.....	72
Εικόνα 5-14: Ποιοτικά αποτελέσματα υποδείγματος VAR με εξαρτημένη μεταβλητή το πετρέλαιο(d.Oil).....	73
Εικόνα 5-15: Ποιοτικά αποτελέσματα υποδείγματος VAR με εξαρτημένη μεταβλητή τον χρυσό(d.Gold).....	74
Εικόνα 5-16: Ποιοτικά αποτελέσματα υποδείγματος VAR με εξαρτημένη μεταβλητή την αναλογία S&P500/PPI(d.Ratio).....	75
Εικόνα 5-17: Έλεγχος αιτιότητας κατά Granger .....	76

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

Το αργό πετρέλαιο και ο χρυσός αποτελούν διαχρονικά τα δύο πιο σημαντικά αγαθά με τη μεγαλύτερη εμπορευσιμότητα στην αγορά πρώτων υλών. Το πετρέλαιο σήμερα αποτελεί τη σπουδαιότερη φυσική πηγή ενέργειας ενώ είναι και το πιό δημοφιλές αγαθό στις διεθνείς χρηματιστηριακές αγορές. Η τιμή του εμφανίζει τις πιο έντονες διακυμάνσεις από οποιαδήποτε άλλη πρώτη ύλη ενώ οι επιδράσεις των απότομων αυτών αυξομειώσεων επιδρούν αρνητικά τόσο στις εθνικές όσο και στην παγκόσμια οικονομία.

Ο χρυσός, απο την άλλη πλευρά, είναι το σημαντικότερο πολύτιμο μέταλλο λόγω της μεγάλης του ιστορίας ως νομισματικό μέσο και της σπανιότητάς του. Έχει υπάρξει για πολλά χρόνια η βάση του παγκόσμιου νομισματικού συστήματος, καθώς η αξία των συναλλαγμάτων καθορίζονταν σύμφωνα με την τιμή του. Παραδοσιακά στην παγκόσμια ιστορία, ο χρυσός έχει χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις κατά τις οποίες οι επενδυτές δεν εμπιστεύονται είτε την οικονομική είτε την πολιτική κατάσταση που επικρατεί κάθε φορά, με αποτέλεσμα να στρέφονται μαζικά προς τον χρυσό.

Η πρώτη σχέση μεταξύ πετρελαίου και χρυσού ξεκινάει περίπου στις αρχές της δεκαετίας του 1930 όταν οι πετρελαιοπαραγωγικές χώρες της Μέσης Ανατολής προεξάρχουσας της Σαουδικής Αραβίας επέλεξαν να εισπράττουν χρυσό έναντι των πωλήσεων πετρελαίου. Στα επόμενα χρόνια και κυρίως απο το 1970 και μετά η σχέση αυτή διατηρήθηκε μέσα από το φίλτρο του πληθωρισμού. Η άνοδος της τιμής του πετρελαίου τροφοδοτούσε την ανησυχία για άνοδο των τιμών των αγαθών ενώ ταυτόχρονα ενίσχυε την ελκυστικότητα των επενδύσεων σε χρυσό ως αντιστάθμισμα στην ισχυροποίηση των πληθωριστικών πιέσεων.

Γίνεται λοιπόν φανερό πως η ιστορική αναδρομή των τιμών αυτών των εμπορευμάτων καθώς και οι παράγοντες επηρεασμού τους είναι χρήσιμες για την πρόβλεψη της μεταβλητότητας των τιμών τους καθώς και της μεταξύ τους συσχέτισης. Στα πλαίσια της στατιστικής ανάλυσης που θα πραγματοποιήσουμε παρακάτω, θα προσπαθήσουμε να προβλέψουμε και να αναλύσουμε την στατιστική σχέση μεταξύ των τιμών του πετρελαίου και του χρυσού για την περίοδο 1970-2020, περίοδος η οποία περιλαμβάνει ιστορικά γεγονότα παγκόσμιας σημασίας όπως οι δύο πετρελαϊκές κρίσεις -1973 και 1979- και η οικονομική κρίση του 2008.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ, ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΚΑΙ ΧΡΥΣΟΣ

---

### 1.1 Εμπορεύματα

Τα βασικά εμπορεύματα (commodities) είναι μια σειρά από πρωτογενείς πόρους που είναι διαπραγματεύσιμοι σε προσυμφωνημένες μετρήσιμες ποσότητες και έχουν κάποια βασικά πρότυπα ποιότητας. Τα εμπορεύματα αυτά, σχεδόν πάντα χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες στην παραγωγή άλλων αγαθών ή υπηρεσιών, και ως εκ τούτου η μεγαλύτερη ζήτηση έρχεται από χώρες που είναι πιο ανεπτυγμένες τεχνολογικά ενώ αντίθετα η παραγωγή τους γίνεται από χώρες που βρίσκονται ακόμα στο στάδιο της ανάπτυξης.

Τα βασικά εμπορεύματα χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες μερικές από τις οποίες είναι οι ενεργειακές πρώτες ύλες (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, γαιάνθρακας), τα μεταλλευτικά προϊόντα (χρυσός, ασήμι, αλουμίνιο, χαλκός, νικέλιο και σιδηρομεταλλεύματα) και τα αγροτικά/κτηνοτροφικά προϊόντα (σιτηρά, καφές, ρύζι, κρέας).

Παρόλο που οι πρώτες ύλες έχουν φυσική υπόσταση συνήθως αντιμετωπίζονται ως χρηματοοικονομικά στοιχεία. Ως μέσο επένδυσης διαφέρουν σημαντικά από άλλα επενδυτικά στοιχεία και η κύρια διαφορά έγκειται στο ότι κατά βάση είναι καταναλωτικά και όχι επενδυτικά αγαθά. Η αξία του εμπορεύματος πρέπει να έχει σημαντική διακύμανση, ώστε να δημιουργείται αβεβαιότητα, γεγονός που σημαίνει τόσο αυξημένο κίνδυνο αλλά και ως εκ τούτου αυξημένες δυνατότητες κέρδους. Ένα άλλο στοιχείο διαφοροποίησης με τα υπόλοιπα επενδυτικά στοιχεία είναι η ετερογένεια. Κάθε πρώτη ύλη έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και η τιμή της εξαρτάται από ένα πλήθος ανόμοιων παραγόντων.

Οι τιμές των εμπορευμάτων επηρεάζουν και επηρεάζονται από διάφορους ενδογενείς και κυρίως εξωγενείς παράγοντες, όπως οι κακές καιρικές συνθήκες, η κερδοσκοπία και τα παγκόσμια γεγονότα, με αποτέλεσμα οι τιμές τους να χαρακτηρίζονται από υψηλή μεταβλητότητα, η οποία σε πολλές περιπτώσεις δεν μπορεί να προβλεφθεί και δημιουργεί προβλήματα αστάθειας και αβεβαιότητας στις αγορές. Ο προσδιορισμός του ρόλου της κερδοσκοπίας στην αγορά βασικών εμπορευμάτων αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα στάδια εξέτασης, προκειμένου να καταστεί δυνατή η διερεύνηση της ύπαρξης κερδοσκοπικών αυξήσεων σε περιόδους αύξησης των τιμών. Στην περίπτωση της κερδοσκοπίας, ο R.Kaufmann (2011), καθηγητής του πανεπιστημίου της Βοστώνης, θεωρεί ότι για την κερδοσκοπία στην αγορά πετρελαίου, μεγάλο μερίδιο φέρουν οι κινήσεις των μεγάλων επενδυτικών εταιριών, οι οποίες δημιουργούν τάσεις, τις οποίες ακολουθούν και οι υπόλοιποι επενδυτές, νομίζοντας ότι έτσι θα αποκομίσουν μεγαλύτερο κέρδος. Τα φυσικά καιρικά φαινόμενα είναι ο κυριότερος

προσδιοριστικός παράγοντας της πορείας των τιμών των εμπορευμάτων, ιδιαίτερα στον αγροτικό κλάδο. Αν οι συνθήκες κριθούν κατάλληλες ή ιδανικές για την παραγωγή ενός δημητριακού προϊόντος σε μία χρονική στιγμή, τότε είναι πολύ πιθανό η παραγωγή να είναι αυξημένη και κατά συνέπεια η υπερπροσφορά - σε συνδυασμό ενδεχομένως με άλλους παράγοντες - να οδηγήσει τις τιμές σε πτώση (Γεωργιάδης & Βασιλείου, 1995). Στον ορυκτό πλούτο συγκεκριμένα, μπορούν να εμφανιστούν πληθώρα προβλημάτων που αφορούν τα δικαιώματα εκμετάλλευσης. Μια γεωπολιτική απειλή, επίσης, ιδιαίτερα στον τομέα των μεταλλευτικών προϊόντων, δίνεται να επηρεάσει τις τιμές.

Η προσέγγιση της αγοράς πρώτων υλών μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, αλλά ο πιο διαδεδομένος και άμεσος τρόπος είναι οι συναλλαγές να βασίζονται σε προθεσμιακά ή άλλα παράγωγα συμβόλαια (Engelke & Yuen, 2008). Τα Συμβόλαια Μελλοντικής Εκπλήρωσης (SME- futures contracts) είναι συμφωνίες μεταξύ ενός αγοραστή και ενός πωλητή για την αγοραπωλησία συγκεκριμένων μονάδων ενός στοιχειώδους αγαθού ή τίτλου σε συγκεκριμένη στιγμή στο μέλλον σε τιμή που προσδιορίζεται τη στιγμή της συμφωνίας. Αποτέλεσαν τις πρώτες οργανωμένες αγορές παραγωγών και δημιούργησαν τη βάση πάνω στην οποία στηρίχθηκαν τα άλλα παράγωγα αξιόγραφα που ακολούθησαν, όπως τα δικαιώματα και τα συμβόλαια ανταλλαγών. Οι δυνατότητες διαπραγμάτευσης στην δευτερογενή αγορά καθώς και τα άλλα πλεονεκτήματα που σχετίζονται με την εξασφάλιση των συναλλασσομένων τα καθιστά ως τα πλέον εύχρηστα και επιθυμητά σε σχέση με τα προθεσμιακά συμβόλαια (forward contracts). Βέβαια η χρησιμότητα των τελευταίων δεν θα πρέπει να παραβλέπεται καθώς η χρήση τους είναι διαδεδομένη στις τράπεζες και στις μεγάλες επιχειρήσεις.

Οι προθεσμιακές συμφωνίες δημιουργήθηκαν για να καλύψουν ανάγκες και κινδύνους που παρουσιάζονταν στον αγροτικό τομέα, καθώς οι παραγωγοί και οι αγοραστές αναζητούσαν τρόπο να μειώσουν την αβεβαιότητα των τιμών. Προβλήματα όπως η εποχικότητα και οι καιρικές μεταβολές προκαλούσαν απότομη άνοδο ή πτώση των τιμών. Πρώτοι οι Ιάπωνες εισήγαγαν την προθεσμιακή διαπραγμάτευση τον 15ο αιώνα με προθεσμιακές πράξεις ρυζιού. Το Chicago Board of Trade έγινε η πρώτη οργανωμένη αγορά προθεσμιακών συμβολαίων της Βόρειας Αμερικής το 1848, όταν οι συναλλασσόμενοι μετακινήθηκαν ουσιαστικά από το δρόμο, όπου συναλλάσσονταν, στο χώρο του χρηματιστηρίου.

Κάθε συμβόλαιο περιέχει τυποποιημένα χαρακτηριστικά, ως προς την υποκείμενη αξία, το μέγεθος του συμβολαίου, τον τρόπο καθορισμού της τιμής του, τις ημερομηνίες λήξης, το χρόνο παράδοσης και γενικότερα εκτέλεσης, την ημερήσια διακύμανση της τιμής καθώς και τα όρια κάθε θέσης.

Κατά πλειοψηφία, όταν τα προθεσμιακά συμβόλαια πλησιάζουν στη λήξη τους δεν πραγματοποιείται παράδοση, αλλά είτε ανανεώνονται, είτε γίνεται κάποιος διακανονισμός με μετρητά. Οι επενδυτές μπορεί να έχουν κέρδη από μετακινήσεις

στην τιμή τους χωρίς να εμπλακούν με λογιστικά θέματα και κόστη αποθήκευσης που απαιτεί μια άμεση αγορά. Είναι σύνηθες τακτική στην προθεσμιακή αγορά πρώτων υλών οι επενδυτές να πουλάνε συμβόλαια ελπίζοντας σε μία πτώση της τιμής στο μέλλον, παρά το αντίθετο (Garner, 2010).

Παρόλο που ένα συμβόλαιο ΣΜΕ απαιτεί έναν αγοραστή και έναν πωλητή για να δημιουργηθεί, δεν υπάρχει καμία απολύτως προϋπόθεση ώστε να γνωρίζει ο ένας τον άλλον ή να έχουν επιτύχει μια προσυμφωνία. Αντίθετα, οι διαπραγματευτές που είναι μέλη ενός χρηματιστηρίου είτε συναθροιζόμενοι στην αίθουσα συναλλαγών μέσω της διαδικασίας της δημοπρασίας είτε χρησιμοποιώντας ένα κοινό σύστημα συναλλαγών μέσω υπολογιστών, γνωστοποιούν σε όλους τις προθέσεις τους όσον αφορά στην αγορά ή πώληση ενός συγκεκριμένου αριθμού μονάδων ενός συμβολαίου ΣΜΕ, σε μία ορισμένη τιμή.

Η συναλλαγή των συμβολαίων πρώτων υλών πραγματοποιείται σε ειδικευμένα χρηματιστήρια παραγωγών, τα οποία προσφέρουν την δυνατότητα συμμετοχής σε αυτά χωρίς τον κίνδυνο αθέτησης. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι το New York Mercantile Exchange (NYMEX) και το International Petroleum Exchange (IPE) που είναι γνωστά για τα προϊόντα πετρελαίου, το Chicago Mercantile Exchange (CME) και το London International Financial Futures and Options Exchange (LIFFE), γνωστά για τα χρηματοπιστωτικά προϊόντα, το Chicago Board of Trade (CBOT) για τις κρατικές ομολογίες και τα αγροτικά προϊόντα και τα London Metals Exchange (LME) και Tokyo Commodity Exchange (TOCOM) για τα μέταλλα, κ.λπ.

Πέρα από τον όγκο συναλλαγών που έχει στο ενεργητικό του κάθε χρηματιστήριο παραγωγών, μια ακόμα παράμετρος της ισχύος των χρηματιστηρίων είναι και η διαρκής ανάπτυξη σε προϊόντα και η επέκταση σε άλλες διεθνείς αγορές όπως προκύπτει από τη στρατηγική που αναπτύσσουν πολλά χρηματιστήρια. Συγκεκριμένα, η αύξηση των τιμών του πετρελαίου στη διάρκεια του 2004 ώθησε τις συναλλαγές ΣΜΕ και δικαιωμάτων του NYMEX στα ύψη. Αντίστοιχη αύξηση των συναλλαγών παρουσίασε και το IPE που προσφέρει παράγωγα για το αργό πετρέλαιο Brent της Βόρειας Θάλασσας.

Εναλλακτικοί τρόποι συμμετοχής στην αγορά των βασικών εμπορευμάτων είναι με άμεση επένδυση σε πρώτες ύλες ή με έμμεση επένδυση σε μετοχές εταιριών που διαχειρίζονται φυσικούς πόρους, σε αμοιβαία κεφάλαια πρώτων υλών (Engelke & Yuen, 2008). Η άμεση επένδυση είναι η αγορά πρώτων υλών στις τρέχουσες τιμές τους, η οποία όμως δεν προτιμάται από τους επενδυτές, διότι υπάρχουν κόστη αποθήκευσης, μεταφοράς κλπ. Η αγορά μετοχών εταιριών που αγοράζουν ή πωλούν πρώτες ύλες είναι μία διαφορετική στρατηγική επένδυσης καθώς οι επενδυτές δεν αποκτούν άμεση έκθεση στις πρώτες ύλες, αλλά θα πρέπει να συνυπολογίζουν τα χαρακτηριστικά και τους κινδύνους κάθε εταιρίας. Γενικά οι μετοχές τέτοιων εταιριών, αν και συσχετίζονται με τις τιμές των πρώτων υλών, δεν αντανακλούν αποτελεσματικά την επίδοση της αγοράς αυτής.

Τέλος, υπάρχει ένας αυξανόμενος αριθμός προθεσμιακών δεικτών πρώτων υλών, η χρησιμότητα των οποίων έγκειται στο γεγονός ότι προσφέρουν γρήγορη και επαρκή πληροφόρηση για τις επιτευχθείσες μεταβολές από τη μία περίοδο στην άλλη, με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν μια σαφή εικόνα για το είδος των πολιτικών και των αποφάσεων που θα πρέπει να αναληφθούν από αυτούς που έχουν την ευθύνη.

Οι κυριότεροι δείκτες πρώτων υλών είναι ο Commodity Research Bureau (CRB), ο Goldman Sachs Commodity Index (S&P GSCI) και ο Bloomberg Commodity Index (BCOM). Περιέχουν ένα αντιπροσωπευτικό καλάθι πρώτων υλών λαμβάνοντας υπόψιν για κάθε μια την κατανάλωση, την οικονομική σημαντικότητα, τη ρευστότητα και την εμπορευσιμότητα. Οι δείκτες βασίζονται κυρίως σε παλαιότερες επενδυτικές στρατηγικές χρησιμοποιώντας κυρίως ενεργά προθεσμιακά συμβόλαια.

Ο CRB αποτελεί τον παλαιότερο δείκτη από τους τρεις καθώς εισήχθει στην αγορά το 1957 και υπολογίζει το μη σταθμισμένο γεωμετρικό μέσο προθεσμιακών τιμών 27 βασικών εμπορευμάτων. Ο S&P GSCI είναι πιά πρόσφατος δείκτης εμπορευμάτων ο οποίος εισήχθει στην αγορά το 1991. Αποτελείται από 20 περίπου πρώτες ύλες ενώ δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα στον τομέα της ενέργειας, με συνέπεια τα προϊόντα της ενέργειας να έχουν στάθμιση 60-70%. Μια παραλλαγή αυτού του δείκτη, με λιγότερο βάρος στην ενέργεια, είναι ο S&P Goldman Sachs Light Energy Commodity Index (S&P GSLE) ο οποίος περιέχει τις ίδιες πρώτες ύλες με τον S&P GSCI με διαφορά ότι τα βάρη των ενεργειακών πρώτων υλών διαιρούνται με το τέσσερα, και τα υπόλοιπα διαιρούνται αναλογικά ώστε να αθροίζουν στη μονάδα.

Ο δείκτης εμπορευμάτων BCOM αποτελεί ένα καλάθι 22 διαφορετικών προθεσμιακών συμβολαίων χωρισμένα σε 7 τομείς παραγωγής. Βασικό χαρακτηριστικό του είναι ότι καμία πρώτη ύλη δεν μπορεί να συμμετέχει με λιγότερο από το 2% ή με περισσότερο από 15% του δείκτη, και κανένας τομέας δεν μπορεί να αντιπροσωπεύει περισσότερο από το 33% του δείκτη.

Από τις αρχές της δεκαετίας του 2000, οι τιμές των πρώτων υλών παρουσιάζουν έντονη διακύμανση, προωθούμενη από τη ζήτηση που προέρχεται από τις βιομηχανοποιημένες οικονομίες αυξάνοντας έτσι το ενδιαφέρον για συναλλαγές και μετατρέποντας την αγορά των εμπορευμάτων σε ένα προνομιακό χώρο επενδύσεων. Από το 2002 και έπειτα, οι τιμές πολλών πρώτων υλών παρουσίασαν κατακόρυφη αύξηση φτάνοντας ακόμη και σε πρωτοφανή επίπεδα, το καλοκαίρι του 2008. Βραχυπρόθεσμα, οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν την προσφορά και τη ζήτηση είναι τα δημογραφικά στοιχεία, ο καιρός, οι εμπορικές ροές, οι πολιτικές κρίσεις και οι έλεγχοι των εξαγωγών. Όπως σημειώνει η Machiko Nissanke, καθηγήτρια οικονομικών στο Πανεπιστήμιο του Λονδίνου, ένας από τους κύριους μηχανισμούς μετάδοσης της παγκόσμιας χρηματοπιστωτικής κρίσης του 2008-2009 στον αναπτυσσόμενο κόσμο ήταν η σύνδεση που διατηρεί με την αγορά πρώτων υλών, η οποία εμφανίστηκε με ραγδαία πτώση των τιμών σε ολόκληρο το τελευταίο τρίμηνο το 2008.

## 1.2 Πετρέλαιο

Σήμερα, το πετρέλαιο, και οι υδρογονάνθρακες γενικότερα είναι ο παράγων που επηρεάζει καίρια, πολύ περισσότερο από οποιονδήποτε άλλο φυσικό πόρο, τις εξελίξεις στη διεθνή οικονομία, ενώ παράλληλα αποτελεί παγκόσμια βασική αιτία γεωπολιτικής αστάθειας. Στην σχετικά σύντομη πορεία του, τα τελευταία 150 χρόνια, το πετρέλαιο αναδείχθηκε ως το βασικό καύσιμο μιας ολόκληρης εποχής και αποτέλεσε την κινητήρια δύναμη για την βιομηχανική και οικονομική ανάπτυξη του αιώνα που πέρασε. Παγκοσμίως, εξορύσσονται πάνω από 250 διαφορετικά είδη αργού, οι διαφορές των οποίων εντοπίζονται κυρίως στις φυσικές ιδιότητες και στο ποσοστό θείου που περιέχουν. Το αργό πετρέλαιο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη φυσική του μορφή άμεσα για βιομηχανικές ή εμπορικές εφαρμογές και για αυτό θα πρέπει να υποστεί επεξεργασία μέσω των διεργασιών διύλισης, πυρόλησης, αποθείωσης και υδρογόνωσης. Τα κύρια προϊόντα αυτής της επεξεργασίας είναι η βενζίνη, το υγραέριο, το πετρέλαιο θέρμανσης, η κηροζίνη, τα λιπαντικά και η άσφαλτος.

Το πετρέλαιο, μαζί με το φυσικό αέριο, διατηρούν τα πρωτεία όσον αφορά την συμμετοχή τους στο παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο, αφού όλα μαζί καλύπτουν σχεδόν το 54% των ενεργειακών αναγκών του πλανήτη, με το πετρέλαιο να καταλαμβάνει, το 32% της παγκόσμιας ενεργειακής ζήτησης.

Η παραγωγή του αργού είναι συγκεντρωμένη σε συγκεκριμένες περιοχές της υφηλίου με το 31% της παραγωγής να γίνεται στη Μέση Ανατολή όπου και βρίσκονται αποδεδειγμένα περισσότερα από 59% των παγκόσμιων αποθεμάτων.

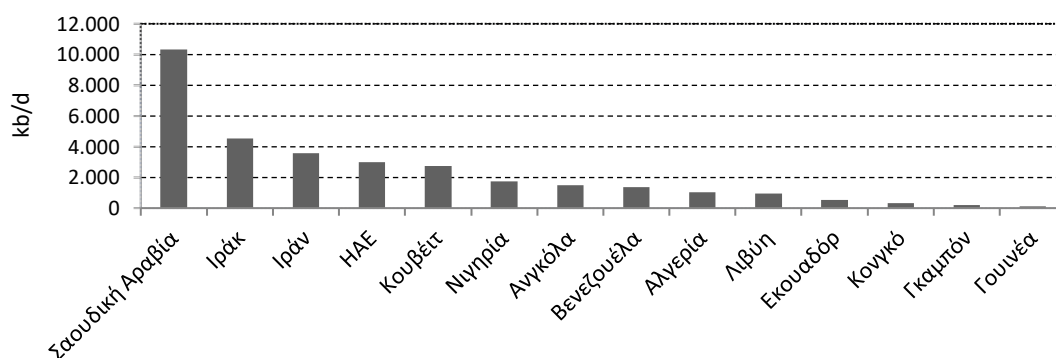
Η παραγωγή πετρελαίου παγκοσμίως αυξάνεται συνεχώς για δύο κυρίως λόγους. Ο πρώτος έχει να κάνει με την αύξηση του πληθυσμού της γής και τις πρόσθετες ανάγκες που δημιουργεί κάθε νέα πληθυσμιακή ομάδα. Ο δεύτερος έχει σχέση με το καταναλωτικό πρότυπο που ακολουθείται και το οποίο καθορίζει την ενεργειακή κατανάλωση κάθε νοικοκυριού αλλά και κάθε ανθρώπινης μονάδας. Αυτό είναι που καθορίζει την αύξηση της ζήτησης, αλλά και τους ρυθμούς της. Όπως επίσης θεωρείται ο παράγων-κλειδί για το αν το πετρέλαιο και τα προϊόντα του, και η πρόσβαση σε αυτά είναι, και θα παραμείνει για αρκετά χρόνια ακόμα, η βασική πρώτη ύλη που επιτρέπει την βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης για δισεκατομμύρια ανθρώπους, είτε αυτό χρησιμοποιείται για μεταφορές, για την παραγωγή ηλεκτρισμού η για θέρμανση.

Ένα από τα σημαντικότερα και πιο καθοριστικά γεγονότα της σύγχρονης ιστορίας του πετρελαίου, αλλά και μία εξέλιξη με τεράστιες επιπτώσεις στην παγκόσμια οικονομία είναι η ίδρυση και η δραστηριοποίηση ενός οργανισμού από χώρες εξαγωγείς, του Organization of Petroleum Exporting Countries (δηλαδή του Οργανισμού Πετρελαιοπαραγωγικών Χωρών), γνωστού με το ακρώνυμο OPEC. Ο OPEC ιδρύθηκε το 1960 στη Βαγδάτη από πέντε χώρες, τη Σαουδική Αραβία, το Κουβέιτ, το Ιράκ, το



Ιράν και τη Βενεζουέλα λόγω της πληθώρας των γιγαντιαίων κοιτασμάτων που ανακαλύπτονταν στην Μ. Ανατολή και στη συνέχεια προστέθηκαν Κατάρ, Ινδονησία, Λιβύη, Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, Αλγερία, Γκαμπόν, Ανγκόλα, Νιγηρία και Ισημερινός.

Σήμερα, παράγεται πετρέλαιο σχεδόν σε όλον τον κόσμο, πενήντα χώρες όμως θεωρούνται επισήμως ως πετρελαιοπαραγωγικές. Αυτές χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες: όσες είναι μέλη του OPEC και όσες είναι εκτός του οργανισμού. Ο OPEC σήμερα ελέγχει το 36% της παγκόσμιας παραγωγής (BP Statistical Review of World Energy, 2018) και το 50% περίπου των εξαγωγών αργού σε παγκόσμιο επίπεδο ενώ οι χώρες μέλη του οργανισμού ελέγχουν σε μεγάλο βαθμό τη διαμόρφωση των διεθνών τιμών γιατί μπορούν να αυξομειώνουν την παραγωγή τους, ανταποκρινόμενες στις ανάγκες της κατανάλωσης με γνώμονα την διατήρηση των τιμών στα επίπεδα που επιθυμούν. Το Δεκέμβριο του 2018 οι χώρες του OPEC παρήγαγαν συνολικά 35.01 mb/d (εκ.βαρέλια<sup>1</sup> αργού την ημέρα), ενώ οι εκτός OPEC 48.14 mb/d. Επομένως, το σύνολο της παγκόσμιας παραγωγής έφθασε τα 83.16 mb/d.



Διάγραμμα 1-1:Μεταβολή παραγωγής στις χώρες του OPEC (2018)

Πηγή: OPEC Annual Report 2018.

Στον τομέα της ζήτησης, υπάρχουν τεράστιες ανισότητες καθώς οι δέκα μεγαλύτερες χώρες καταναλώνουν περίπου το 60% του διαθέσιμου αργού πετρελαίου, με τις ΗΠΑ να αποτελούν τον μεγαλύτερο καταναλωτή αργού ενώ παράλληλα συμβάλλουν στη δημιουργία ενός παγκόσμιου καταναλωτικού προτύπου. Το πρότυπο αυτό, αναπόφευκτα δημιουργεί επιπλέον ζήτηση και αθροιστικά επιφέρει μεταβολές κλίμακας στο ενεργειακό ισοζύγιο κάθε χώρας οδηγώντας σε μεγαλύτερες καταναλώσεις. Χαρακτηριστικά, σύμφωνα με την έκθεση του IEA<sup>2</sup> World Energy Outlook 2018 η εκτιμώμενη αύξηση στην ζήτηση τα επόμενα χρόνια θα είναι +0.7% ή 0.34 εκ.βαρέλια την ημέρα. Η αιτία αυτής της αύξησης προέρχεται από την αλματώδη οικονομική ανάπτυξη που συντελείται κυρίως σε χώρες της Ασίας (Κίνα, Ινδία, Ινδονησία) αλλά και στην Νότια Αμερική και την Αφρική.

<sup>1</sup> 1 βαρέλι ισούται με 159 λίτρα.

<sup>2</sup> IEA: International Energy Agency.

Λόγω της απότομης ανόδου των τιμών του αργού μετά το 1973, και ιδίως μετά την Ιρανική Επανάσταση το 1979 και την αναστάτωση που δημιουργήθηκε στις διεθνείς αγορές από τις μεγάλες ανισότητες που προέκυψαν στα ισοζύγια τρέχουσων συναλλαγών, μεταξύ πετρελαιοεξαγωγικών και πετρελαιοεισαγωγικών χωρών, άρχισε να παρατηρείται ενδιαφέρον για την χρηματιστηριακή αξιοποίηση της βασικής πρώτης ύλης που ήταν το πετρέλαιο. Παράλληλα, χρηματοοικονομικοί οργανισμοί και οι κυβερνήσεις των πετρελαιοεισαγωγικών χωρών (ΗΠΑ, Μ. Βρετανία, Γαλλία, Γερμανία) επιθυμούσαν να δούν τις τιμές του αργού να διαμορφώνεται μέσα από περισσότερο διαφανείς διεργασίες που να αντανakλούν με λογικότερο τρόπο τον τεράστιο όγκο των χρηματοροών. Με άλλα λόγια, κυβερνήσεις και εταιρίες πίστευαν ότι ο καθορισμός των τιμών μέσω χρηματιστηριακών πράξεων θα έβαζε ένα τέλος στην αυθαιρεσία του OPEC. Έτσι, μετά από πολύμηνη και σε βάθος μελέτη, στις 30 Μαρτίου 1983, το χρηματιστήριο εμπορευμάτων της Νέας Υόρκης (New York Merchandise Exchange – NYMEX) λάνσαρε το πρώτο παράγωγο πετρελαίου βασισμένο στην ποικιλία WTI (West Texas Intermediate).

Η επιτυχία ήταν άμεση με χιλιάδες συμβόλαια να διαπραγματεύονται σε καθημερινή βάση. Σε λιγότερο από ένα χρόνο ακολούθησε το Λονδίνο και η εισαγωγή ενός άλλου παραγώγου με βάση την ποικιλία Brent της Βόρειας Θάλασσας με διαπραγμάτευση στο London Commodities Exchange και αργότερα στο International Petroleum Exchange (IPE). Η ταχεία ανάπτυξη της Βόρειας Θάλασσας τις δεκαετίες του '70 και '80 ως της βασικής πετρελαιοπαραγωγικής περιοχής της Ευρώπης, έφερε το πετρέλαιο πιο κοντά στις χρηματαγορές καθώς υπήρχαν πια πραγματικά συμβόλαια πετρελαίου που μπορούσαν να εγγραφούν τα συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης στο City του Λονδίνου.

Οι περισσότερες αγοραπωλησίες αργού βασίζονται σε μεσο-(και μακρο)πρόθεσμες συμφωνίες μεταξύ παραγωγών και εταιριών εμπορίας πετρελαίου. Η τιμή με την οποία θα κλειστεί μια συμφωνία εξαρτάται από δύο βασικούς παράγοντες: την αγορά spot και την αγορά παραγώγων, αλλά και τη μεταξύ τους αλληλεπίδραση. Στις αγορές spot, που αναφέρονται σε φυσικά, δηλαδή πραγματικά φορτία αργού ή προϊόντων, ένας αγοραστής μπορεί να αγοράσει ένα φορτίο τάνκερ, δηλαδή ένα cargo, καθώς το αργό φορτώνεται στο πλοίο. Και στη συνέχεια, κατά τη διάρκεια της μεταφοράς, ο κάτοχος αυτού του φορτίου μπορεί να το μεταπωλήσει σε άλλους αγοραστές, και αυτοί σε άλλους κ.ο.κ. Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που ένα φορτίο αργού έχει αλλάξει τριάντα αγοραστές από τη στιγμή που έγινε η φόρτωση μέχρι να φθάσει στις πύλες του διυλιστηρίου. Η αλυσίδα μεταπώλησης των φορτίων spot, όσο μακριά και αν είναι, βασίζεται σε πραγματικές ποσότητες και συνήθως εκπροσωπεί ένα 30% του συνολικού όγκου πετρελαίου που εμπορεύεται παγκοσμίως σε καθημερινή βάση (L. Maugeri, 2006).

Οι χρόνοι εκπλήρωσης των συμβολαίων αυτών ξεκινούν από τον έναν μήνα και φθάνουν ακόμα και πέντε χρόνια στο ICE, ενώ στο NYMEX η πλειονότητα των συμβολαίων έχει διάρκεια μέχρι πέντε μήνες το πολύ.

Με το πετρέλαιο να αποτελεί αντικείμενο χρηματιστηριακής διαπραγμάτευσης, είναι φυσικό και αναμενόμενο να υπεισέρχεται ο παράγων της κερδοσκοπίας, στην διαμόρφωση της τιμής του. Πράγματι, υπάρχουν περιπτώσεις, ιδίως όταν οι τιμές βρίσκονται σε ταχεία άνοδο ή πτώση, όπου η κερδοσκοπία αναδεικνύεται ως ο κύριος λόγος καθορισμού των τιμών. Εδώ αξίζει να παρατηρήσουμε την περίπτωση της κρίσης της Αιγύπτου–Λιβύης, όπου από τα 95 δολάρια το βαρέλι που ήταν η τιμή για την ποικιλία Brent στα μέσα Ιανουαρίου 2011 αυτή εκτινάχτηκε στα 125 δολάρια τον Απρίλιο του ίδιου έτους. Οι λόγοι που οδήγησαν την τιμή σε τόσο υψηλά επίπεδα ήταν κυρίως ψυχολογικοί, λόγω της μεγάλης αβεβαιότητας που επικρατούσε για εβδομάδες στην Αίγυπτο και τη Λιβύη και τους φόβους που εκφράζονταν για εξάπλωση της κρίσης ευρύτερα της κρίσης στη Βόρεια Αφρική και τη Μέση Ανατολή.

Πολλοί επενδυτές έσπευσαν τότε να αγοράσουν σε ελαφρά υψηλότερες τιμές, ευελπιστώντας σε μία άνοδο των τιμών λόγω της κρίσης, όπως και έγινε εν τέλει (στις 28/4 το Brent είχε φθάσει τα 126.5 δολάρια το βαρέλι). Με την τιμή του Brent να αγγίζει τα 125 δολάρια έφθασαν και οι πρώτες πληροφορίες περί ενδεχόμενης εκτόνωσης της κρίσης μέσω πολιτικού διαλόγου, ενώ παράλληλα, αποφεύχθηκαν διακοπές στην λειτουργία της διώρυγας του Σουέζ ή των εξαγωγών LNG<sup>3</sup>. Τότε, δρώντας με καθαρά κερδοσκοπικά κριτήρια, πολλοί επενδυτές άρχισαν να πώλουν, εκτιμώντας ότι βραχυπρόθεσμα οι τιμές δεν θα αυξάνονταν άλλο. Άρα, εδώ έχουμε την επικράτηση μιας καθαρά κερδοσκοπικής λογικής που οδήγησε την τιμή προς τα κάτω, με τους πωλητές να αποβλέπουν σε ένα γρήγορο κέρδος μέσω «σορταρίσματος» (δηλ. Short selling).

Είναι φανερό, λοιπόν, ότι στην προκειμένη περίπτωση και κατά την έναρξη της κρίσης (ελέω Αραβικής Άνοιξης), ο κερδοσκοπικός παράγοντας προσέθεσε ένα 8.9% στην τιμή ή 8 δολάρια το βαρέλι μέσα σε μία μόνο εβδομάδα.

Σήμερα, η διεθνής κοινότητα είναι πολύ περισσότερο προετοιμασμένη σε σύγκριση με το παρελθόν, προκειμένου να αντιμετωπίσει τις υψηλές τιμές πετρελαίου. Σε κάθε περίπτωση, ο OPEC μπορεί, αν το θέλει, να παίξει εξισορροπιστικό ρόλο, έχοντας την δυνατότητα να βοηθήσει στην επίτευξη πιο σταθερών τιμών και μάλιστα άμεσα, κάτω από 100 δολάρια το βαρέλι, μέσω της αυξομείωσης της παραγωγής του. Θα είναι και προς όφελος του ίδιου του OPEC και των πετρελαιοπαραγωγών γενικότερα, να κρατήσουν τις τιμές σε λογικά επίπεδα, ώστε οι πελάτες τους, δηλαδή οι πετρελαιοεισαγωγικές χώρες, να κρατούν την κατανάλωση σε σχετικά υψηλά επίπεδα. Οι εκτιμήσεις είναι ότι ο OPEC, σε συντονισμό με τους G20 και σε συνεργασία με άλλους μεγάλους παραγωγούς εκτός οργανισμού, όπως η Ρωσία, από εδώ και πέρα θα

---

<sup>3</sup> LNG: Liquefied Natural Gas.

διαδραματίσει πιο ενεργό ρόλο, αυξομειώνοντας την παραγωγή του με στόχο την εξισορρόπηση των τιμών.

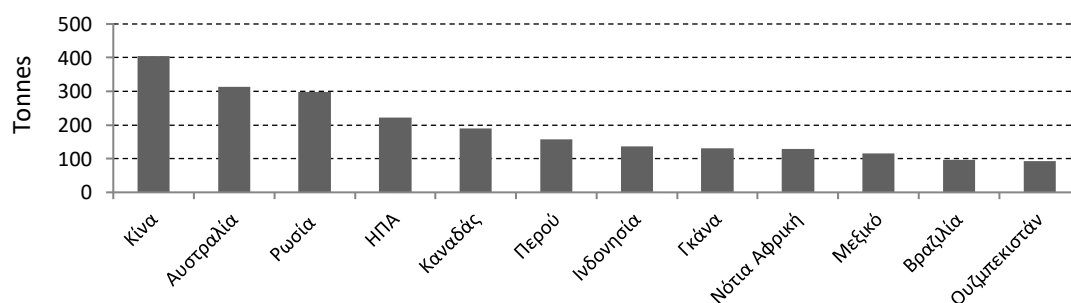
Ακόμα, θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη η ανάκαμψη της αμερικάνικης παραγωγής υδρογονανθράκων και η πολύ ρεαλιστική προοπτική της ενεργειακής ανεξαρτησίας των ΗΠΑ μέχρι το 2025 και της ανάδειξης τους σε καθαρό εξαγωγέα (net exporter) αργού πετρελαίου, αλλάζοντας ουσιαστικά τις παραμέτρους της μέχρι σήμερα κατανομής της παγκόσμιας παραγωγικής δυναμικότητας. Όπως προκύπτει από την πιο πρόσφατη έκθεση του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (IEA), μέχρι το 2023 εκτιμάται ότι η συνολική παραγωγή αργού των ΗΠΑ, από συμβατικά και μη κοιτάσματα (συμπεριλαμβανομένου και του σχιστολιθικού), θα έχει διαμορφωθεί στα 16.9 εκ. Βαρέλια την ημέρα, δημιουργώντας έτσι μια νέα πραγματικότητα στο παγκόσμιο πετρελαϊκό ισοζύγιο.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό του πετρελαίου είναι ότι χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερη μεταβλητότητα σε σχέση με άλλες πρώτες ύλες. Ανεμένεται, δηλαδή, να έχει τις μεγαλύτερες απώλειες σε σχέση με τις υπόλοιπες πρώτες ύλες στο ίδιο χρονικό διάστημα. Μία ακόμα βασική ιδιαιτερότητα του πετρελαίου και βασική αρχή της παγκόσμιας οικονομίας είναι η αρνητική του σχέση με το αμερικανικό δολάριο (European Central Bank, 2014). Λόγου χάρη, όσο η ισοτιμία δολαρίου-ευρώ χειροτερεύει εις βάρος του δολαρίου, τόσο επηρεάζει ανοδικά τις τιμές του αργού, καθώς οι περισσότερες πετρελαιοπαραγωγικές χώρες, με το να εισάγουν προϊόντα της ευρωζώνης, της Ιαπωνίας ή της Ν. Κορέας, προσπαθούν να αντισταθμίσουν τις απώλειες της αγοραστικής τους δύναμης αυξάνοντας την τιμή του αργού και των προϊόντων του.

Η τιμή του πετρελαίου, όπως αναφέρθηκε, μετά την οικονομική κρίση συνεχίζει να είναι ψηλά και τα αίτια θα πρέπει να αναζητηθούν αλλού. Για πάνω από είκοσι χρόνια, οι ανακαλύψεις νέων κοιτασμάτων αργού είναι δυσανάλογες της αυξανόμενης ζήτησης. Επομένως ο σύγχρονος άνθρωπος, προκειμένου τουλάχιστον να διατηρήσει το σημερινό βιωτικό του επίπεδο θα πρέπει να βρεί σύντομα νέα κοιτάσματα για παραγωγή. Ένα ενδιαφέρον στοιχείο για την μελλοντική παραγωγή πετρελαίου είναι ότι ένα αρκετά μεγάλο τμήμα αυτής της παραγωγής πρόκειται να προέλθει από κοιτάσματα που βρίσκονται σε ιδιαίτερα μεγάλα βάθη όπως αυτά που απαντώνται ανοικτά της Βραζιλίας, στον Κόλπο του Μεξικού αλλά και στην Ανατολική Μεσόγειο. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του IEA (World Energy Outlook, 2017) από την παραγωγή κοιτασμάτων σε βαθιά και πολύ βαθιά νερά σε ΗΠΑ, Βραζιλία, Μεξικό, Δυτική Αφρική και άλλες περιοχές υπολογίζεται ότι θα προέλθει το 50% της νέας παραγωγής πετρελαίου την επόμενη εικοσιπενταετία.

### 1.3 Χρυσός

Ο χρυσός ανήκει στην κατηγορία των πολύτιμων μετάλλων. Από την αρχαιότητα, ο χρυσός ενέκαθεν θεωρούνταν από τους ανθρώπους ένδειξη πλούτου και ευημερίας ενώ χρησιμοποιήθηκε ευρέως ως μέσο εμπορικών συναλλαγών καταλήγοντας έτσι να γίνει η βάση του παγκόσμιου νομισματικού συστήματος. Υπολογίζεται ότι διαχρονικά ο άνθρωπος έχει εξορύξει περίπου 185.000 τόνους χρυσού, από τους οποίους περίπου τα δύο τρίτα έχουν εξορυχθεί από το 1950 κι έπειτα. Κάθε χρόνο, ή παγκόσμια εξόρυξη προσθέτει περίπου 2.500 – 3.000 τόνους στο συνολικό απόθεμα χρυσού (WGC<sup>4</sup>). Η κύρια πηγή χρυσού, περίπου 60% είναι μέσω εξόρυξης με το υπόλοιπο 40% να καλύπτεται μέσω της ανακύκλωσης, κυρίως εξοπλισμού πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών. Η αγορά μέσω της ανακύκλωσης επιτρέπει στην αγορά χρυσού να απορροφά αποτελεσματικά σοκ ή ελλείψεις στην παραγωγή (WGC, 2011). Οι περιοχές εξόρυξης χρυσού είναι διασκορπισμένες ανά την υφήλιο, με καμία περιοχή να μην έχει πάνω από το 20% της παραγωγής. Η μεγαλύτερη παραγωγός χώρα είναι η Κίνα με 400 τόνους το 2018 και ακολουθεί η Αυστραλία και η Ρωσία με περίπου 300 τόνους, ενώ τουλάχιστον άλλες 100 χώρες αναφέρουν παραγωγή χρυσού. Αποτέλεσμα της γεωγραφικής διαφοροποίησης είναι ότι ο χρυσός εμφανίζεται λιγότερο επιρρεπής σε γεωπολιτικούς ή άλλους κινδύνους, όπως αλλαγές στο κλίμα, γεγονός που οδηγεί στη χαμηλή μεταβλητότητα του, σε σχέση με το πετρέλαιο και άλλες πρώτες ύλες.



Διάγραμμα 1-2: Κυριότερες χώρες παραγωγής χρυσού (2018).  
Πηγή: World Gold Council Report 2018.

Ο όρος που χρησιμοποιείται για την καθαρότητα του χρυσού και τη σύνθεση των κραμάτων του είναι τα καράτια, όπου ο καθαρός χρυσός είναι 24 καράτια. Η "επι τοις χιλίοις" καθαρότητα (millesimal fineness) είναι ένα σύστημα που δηλώνει την καθαρότητα του σε χιλιοστά ανά μονάδα μάζας. Για παράδειγμα, ένα κράμα που περιέχει 80% χρυσό σηματοδοτείται σαν "800".

Το μεγαλύτερο ποσοστό του χρυσού, περίπου το 51% των παγκόσμιων διαθέσιμων αποθεμάτων, χρησιμοποιείται στην κοσμηματοποιία. Τα τελευταία χρόνια, πάνω από το 60% αυτής της ζήτησης προέρχεται από Ινδία, Κίνα, Τουρκία και Μέση Ανατολή,

<sup>4</sup> WGC: World Gold Council.

χώρες που ο χρυσός ανέκαθεν υπήρξε σύμβολο κοινωνικής θέσης. Το ποσοστό του διαθέσιμου χρυσού που βρίσκεται σε μορφή νομισμάτων και ράβδων ξεπερνάει το 40% με την Ευρωπαϊκή Ένωση και τις ΗΠΑ να έχουν τα μεγαλύτερα αποθέματα σε χρυσό με 10.725,73 και 8.133,53 τόνους αντίστοιχα τον Ιούνιο του 2019 (IMF<sup>5</sup>). Ισχυρά αποθέματα σε χρυσό συγκεντρώνει τα τελευταία χρόνια και η Κίνα προκειμένου να προστατέψει το κινέζικο νόμισμα σε περιπτώσεις οικονομικής αστάθειας. Τα τελευταία χρόνια, ο χρυσός εδραιώθηκε και ως αναγκαίο και αξιόπιστο συστατικό σε τεχνολογικές εφαρμογές, ιδιαίτερα στους κλάδους της ηλεκτρονικής, της ιατρικής και της οδοντιατρικής λόγω της θερμικής του αγωγιμότητας και της ανθεκτικότητας του στη διάβρωση. Σε τέτοιες εφαρμογές χρησιμοποιείται περίπου το υπόλοιπο 9% των παγκόσμιων αποθεμάτων με το ποσοστό αυτό να εμφανίζει συνεχώς ανοδικές τάσεις (WGC, 2020).

Διαχρονικά, ο χρυσός εκτός από την σπανιότητα του ως πολύτιμο μέταλλο απέκτησε και μεγάλη σπουδαιότητα ως νομισματικό μέσο. Αρχικά, το παγκόσμιο νομισματικό σύστημα βασίστηκε στο χρυσό ως το μοναδικό μέσο διεθνών πληρωμών μέσω του Κανόνα του Χρυσού (1870–1914) και έπειτα με την συμφωνία Bretton Woods (1944–1971).

Σύμφωνα με τον Κανόνα του Χρυσού κάθε χώρα έπρεπε να καθόρισει μια συγκεκριμένη τιμή του εθνικού της νομίσματος σε σχέση με τον χρυσό και έτσι οι κεντρικές τράπεζες της κάθε χώρας να έχουν αποθέματα χρυσού ίσα με την αξία των νομισμάτων που κόβουν και εκδίδουν. Το νομισματικό σύστημα Bretton Woods προέκυψε μετά το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου από 44 έθνη και προσδιόριζε σταθερές ισοτιμίες μεταξύ των νομισμάτων των χωρών που υπήρχαν σε αυτό. Επρόκειτο για ένα διεθνές σύστημα με βάση το Αμερικανικό δολάριο το οποίο προέβλεπε στην διατήρηση της συναλλαγματικής ισοτιμίας εντός εύρους  $\pm 1\%$  από την επίσημη ισοτιμία και καθορισμό της τιμής του χρυσού στα 35 δολάρια ανά ουγγιά<sup>6</sup>.

Το εν λόγω σύστημα αν και είχε θεαματικά αποτελέσματα αρχικά, καταργήθηκε το 1971 λόγω της έλλειψης πλεονασμάτων της οικονομίας των ΗΠΑ και του πολέμου στο Βιετνάμ, όπου οι ΗΠΑ προκείμενου να μπορέσουν να χρηματοδοτούν το στρατό τους έπρεπε να τυπώσουν δολάρια.

Η πιο γνωστή και διαδεδομένη άποψη για το χρυσό είναι ότι είναι αποτελεσματικό μέσο αντιστάθμισης έναντι του πληθωρισμού. Η εμπιστοσύνη πολλών επενδυτών στον χρυσό οφείλεται στην προστασία που τους παρέχει σε περιόδους οικονομικής ύφεσης, καθώς όταν φοβούνται ότι το νόμισμά τους μπορεί να πληγεί από τον πληθωρισμό, και κατά συνέπεια να επηρεαστούν τα κεφάλαιά τους, τείνουν να αναζητούν περισσότερο χρυσό (Baur & Mc Dermott, 2010).

<sup>5</sup> IMF: International Monetary Fund.

<sup>6</sup> 1 ουγγιά ισούται με 31,10 γραμμάρια.

Σε μακροπρόθεσμη βάση, ο χρυσός έχει την τάση να ξεπερνά τα άλλα εμπορεύματα. Ενώ ο χρυσός δεν έχει μεγάλη μεταβλητότητα σε σχέση με άλλα εμπορεύματα, παρουσιάζει σταθερά υψηλή απόδοση. Με ετήσιο ποσοστό απόδοσης 7,7% κατά την εικοσαετία 1999-2019 η απόδοση του χρυσού είναι μεγαλύτερη από όλες τις κατηγορίες επενδυτικών προϊόντων πλην των REITs (Real Estate Investment Trusts) (J.P Morgan Asset Management). Ως αποτέλεσμα, η συσχέτιση του με τις υπόλοιπες πρώτες ύλες, σε επίπεδο αποδόσεων παραμένει σχετικά χαμηλή, με εξαίρεση τα υπόλοιπα πολύτιμα μέταλλα. Ιδιαίτερα έντονη είναι η συσχέτιση του με το ασήμι, διότι και τα δύο αυτά μέταλλα χρησιμοποιούνται σε παρόμοιες εφαρμογές ενώ η συσχέτιση μειώνεται όσον αφορά μέταλλα που χρησιμοποιούνται με μεγαλύτερη συχνότητα στη βιομηχανία, όπως ο χαλκός, ο λευκόχρυσος και το νικέλιο. Αναφορικά με άλλα χρηματοπιστωτικά στοιχεία, όπως οι μετοχές και τα ομόλογα, ο συντελεστής συσχέτισης είναι κοντά στο μηδέν με εξαίρεση σε περιόδους οικονομικής ύφεσης που γίνεται αρνητικός λόγω της μεγάλης ζήτησης των επενδυτών σε χρυσό για προστασία.

Από τον Σεπτέμβριο του 1919, το Λονδίνο αποτελεί το παγκόσμιο κέντρο για τον καθορισμό της τιμής του χρυσού. Την 12<sup>η</sup> του Σεπτεμβρίου του 1919, οι τότε πέντε τράπεζες-μέλη (N.M Rothchild & Sons, Mocatta & Goldsmith, Samuel Montagu & Co, Pixley & Abell και Sharps & Wilkings) καθόρισαν για πρώτη φορά τιμή του χρυσού στις 4,94 λίρες την ουγγιά. Μέχρι το 1968 η τιμή καθοριζόταν σε στερλίνες, αλλά έκτοτε υπολογίζεται σε δολάρια. Επιπλέον, μέχρι εκείνη την χρονιά η τιμή καθοριζόταν μία φορά την ημέρα, αλλά από τότε και έπειτα εισάχθηκε η απογευματινή τιμή στις 15:00 για να εξυπηρετεί καλύτερα την αγορά της Αμερικής.

Στις 20 Μαρτίου του 2015 η τιμή χρυσού LBMA (London Bullion Market Association – Σύνδεσμος Αγοράς Χρυσού του Λονδίνου) αντικατέστησε το ιστορικό fix του Λονδίνου. Η τιμή πλέον καθορίζεται μέσω ηλεκτρονικής πλατφόρμας με κλήσεις συνδιάσκεψης δύο φορές την ημέρα. Στόχος αυτής της αλλαγής είναι να αυξηθεί η διαφάνεια στη διαδικασία ανεύρεσης τιμών και να αυξηθεί ο αριθμός των συμμετεχόντων που συμμετέχουν στον καθορισμό της τιμής αναφοράς του χρυσού. Η τιμή του χρυσού καθορίζεται σε δολάρια αν και είναι διαθέσιμη και σε 16 άλλα ισχυρά νομίσματα, αλλά οι τιμές αυτές είναι ενδεικτικές. Ο κύριος στόχος της συγκεκριμένης διαδικασίας είναι να επιτευχθεί μια τιμή για τον χρυσό για τη ρύθμιση των συμβάσεων μεταξύ των χωρών της αγοράς πολύτιμων μετάλλων του Λονδίνου. Ο καθορισμός της τιμής του χρυσού παρέχει επίσης ένα σημείο αναφοράς για την τιμολόγηση προϊόντων χρυσού και των παραγώγων του στις παγκόσμιες αγορές.

Η ικανότητα πρόβλεψης των τιμών του χρυσού είναι μία μεγάλη πρόκληση για τους ερευνητές, δεδομένης της οικονομικής και χρηματοπιστωτικής τους σημασίας. Οι Ismail, Yahya & Shabri (2009) προσπάθησαν να δημιουργήσουν ένα μόντελο πρόβλεψης των τιμών χρυσού χρησιμοποιώντας Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση. Προκειμένου να μελετήσουν τις τιμές του χρυσού χρησιμοποίησαν τους εξής οκτώ οικονομικούς δείκτες: 1) τον μελλοντικό δείκτη του Commodity Research Bureau (CRB

future index), την αναλογία Δολαρίου/Ευρώ, 3) τον πληθωρισμό, 4) το χρηματικό απόθεμα, 5) τον γενικό χρηματιστηριακό δείκτη της Νέας Υόρκης (NYSE, New York Stock Exchange), 6) τον δείκτη Standard & Poor 500, 7) τις αποδόσεις των κρατικών ομολόγων (Treasury Bill), 8) τον δείκτη του αμερικανικού δολαρίου (US Dollar index). Αναλύοντας τους παραπάνω δείκτες με την κατάλληλη μεθοδολογία κατέληξαν στο ότι ο μελλοντικός δείκτης CRB, η ισοτιμία δολαρίου/ευρώ, ο πληθωρισμός και το χρηματικό απόθεμα είχαν την μεγαλύτερη επιρροή στην πρόβλεψη της τιμής του χρυσού σε σχέση με τους υπόλοιπους δείκτες.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό του χρυσού είναι ότι αποτελεί σημαντικό στοιχείο διαφοροποίησης ενός επενδυτικού χαρτοφυλακίου. Ο επενδυτικός χρυσός είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός σε περιόδους χρηματοοικονομικών κρίσεων, κατά τις οποίες οι επενδυτές αποσύρουν κεφάλαια από αγορές υψηλού επενδυτικού ρίσκου. Αποτελεί επίσης μέσο βελτίωσης της σχέσης ρίσκου/απόδοσης ενός χαρτοφυλακίου ενώ σύμφωνα με μελέτες η ύπαρξη χρυσού σε ποσοστό από 2% έως και 5% σε ένα μέσο χαρτοφυλάκιο θα επιτύγχανε μεγαλύτερες αποδόσεις σε συνδυασμό με μειωμένο ρίσκο. Σημαντικό είναι να αναφερθεί, ότι ο επενδυτικός χρυσός δεν ενέχει κίνδυνο αντισυμβαλλόμενου όπως οι υπόλοιπες μορφές επένδυσης, πράγμα που σημαίνει ότι από τη στιγμή που υπάρχει στην κατοχή κάποιου, δεν εξαρτάται από κάποιον άλλον να εκπλήρωσει τη συμφωνία ή να τηρήσει μια υπόσχεση για τη διατήρηση της αξίας του πολύτιμου μετάλλου.

Αυτός ο δυναμισμός αντικατοπτρίζει τη διπλή φύση του χρυσού ως επένδυσης και ως καταναλωτικού αγαθού. Όταν η οικονομία εισέρχεται σε φάση ανάπτυξης, η ζήτηση τείνει να αυξάνεται σε αντικείμενα όπως τα κοσμήματα και οι τεχνολογικές συσκευές λειτουργώντας έτσι υπέρ του χρυσού. Αντίθετα, σε περιόδους συστημικού κινδύνου, οι συμμετέχοντες στις αγορές αναζητούν ρευστά επενδυτικά στοιχεία υψηλής ποιότητας, όπως ο χρυσός, προκειμένου να διατηρήσουν τα κεφάλαια τους και να ελαχιστοποιήσουν τις απώλειες.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

---

### 2.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μια ιστορική αναδρομή των σημαντικότερων σταθμών της πορείας των τιμών του πετρελαίου και του χρυσού στο πέρασμα των χρόνων. Συγκεκριμένα, γίνεται μια παράθεση ιστορικών στοιχείων, η γνώση των οποίων είναι απαραίτητη για να κατανοήσουμε πως τα δύο αυτά εμπορεύματα έφτασαν να συναλλάσσονται στην σημερινή τους τιμή.

Η χρονική περίοδος στην οποία αναφερόμαστε είναι τα τελευταία πενήντα, περίπου, χρόνια από το 1970 έως σήμερα. Σε αυτή την περίοδο θα εξετάσουμε συνοπτικά τα πολύπλοκα ιστορικά φαινόμενα και γεγονότα που επηρέασαν, σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό τις τιμές του πετρελαίου και του χρυσού.

### 2.2 Ιστορική Ανάλυση Πετρελαίου

Η ιστορία του πετρελαίου είναι έντονα συνυφασμένη με την πορεία της ανθρώπινης εξέλιξης και ευημερίας, στιγματίζεται όμως διαχρονικά και από εντάσεις, εφοδιαστικά σοκ και άλλα πολιτικά και ιστορικά γεγονότα. Μετά τη λήξη του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, είναι γεγονός ότι οι περισσότερες χώρες του πλανήτη γεύτηκαν τη μεγαλύτερη περίοδο οικονομικής ανάπτυξης στην ιστορία των κοινωνιών της αγοράς. Από το 1950 μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1970 οι οικονομίες αναπτύσσονταν με αρκετά χαμηλά ποσοστά ανεργίας και πληθωρισμού, με τις τιμές του πετρελαίου να κυμαίνονται σε τιμές από 2 έως 3 δολάρια το βαρέλι (\$/bbl).

Στις αρχές της δεκαετίας του 1970 η μεγάλη αύξηση της ζήτησης του πετρελαίου στον ανεπτυγμένο και αναπτυσσόμενο κόσμο, σε συνδιασμό με τη σταδιακή κάμψη της παραγωγής του αμερικανικού αργού είχαν σημάνει απότομα και οριστικά το τέλος της φθηνής ενέργειας. Σε αυτό το πλαίσιο, τον Οκτώβριο του 1973 τα μέλη του OPEC ανακοινώνουν ότι σταματάνε να προμηθεύουν με πετρέλαιο τις ΗΠΑ και τους συμμάχους της ως απάντηση στην αμερικανική ανάμειξη στον πόλεμο του Γιομ Κιπούρ, στο πλευρό του Ισραήλ. Το αποτέλεσμα αυτού, ήταν το Μάρτιο του 1974 η τιμή του πετρελαίου να εκτοξευτεί από τα 3 στα 20 δολάρια το βαρέλι με τη δραματική αυτή άνοδο να έχει άμεσο αντίκτυπο και στις τιμές άλλων προϊόντων. Ως αποτέλεσμα των παραπάνω, ο OPEC κατέστησε σαφές στην διεθνή κοινότητα ότι έλεγχε σε μεγάλο βαθμό τις τιμές της παγκόσμιας αγοράς πετρελαίου.

Έξι χρόνια αργότερα, το 1979, ξέσπασε η δεύτερη πετρελαϊκή κρίση ως αποτέλεσμα των ταραχών της επανάστασης στο Ιράν. Αιτία ήταν η πτώση του Σάχη του Ιράν και η άνοδος φανατικών μουσουλμάνων στην εξουσία με αποτέλεσμα να πυροδοτηθεί το

δεύτερο στη σειρά πετρελαϊκό επεισόδιο μέσα σε μια δεκαετία. Ως εκ τούτου, το 1980 η τιμή του αργού έφτασε τα 35-40 δολάρια το βαρέλι με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν σοβαρές επιπτώσεις στις χρηματοπιστωτικές αγορές, συμπεριλαμβανομένων των αγορών μετοχών, ομολόγων και εμπορευμάτων. Αξίζει εδώ να αναφερθεί ότι τα αποτελέσματα της κρίσης του '79 είναι ανάλογα με εκείνα της πρώτης πετρελαϊκής κρίσης, με διαφορετική ωστόσο ένταση και διάρκεια σε κάθε χώρα.

Μετά το 1980 οι τιμές του πετρελαίου έπεφταν για έξι συνεχόμενα χρόνια και κορυφώθηκαν το 1986 με μία πτώση της τάξης του 46%. Αυτό ήταν το αποτέλεσμα της μειωμένης ζήτησης και της υπερβολικής παραγωγής, οδηγώντας έτσι τον OPEC στο να χάσει την συνοχή του. Στον αντίποδα, ο OPEC προχώρησε σε μειώσεις των τιμών του αργού κατά 10 δολάρια ανά βαρέλι προσδοκώντας έτσι σε μια αύξηση της ζήτησης σε μια εποχή όπου η παγκόσμια ζήτηση για πετρέλαιο και ενέργεια γενικότερα κορυφωνόταν.

Η τρίτη, και πιο σύντομη πετρελαϊκή κρίση εξελίχθηκε στο δεύτερο μισό του 1990 ως αποτέλεσμα της κρίσης του Περσικό Κόλπο μεταξύ Ιράκ και Κουβέιτ όπου και εκδηλώθηκαν φόβοι για προβλήματα στην προμήθεια και τη διανομή του πετρελαίου. Οι φόβοι αυτοί τελικά δεν επαληθεύτηκαν με αποτέλεσμα οι τιμές να επανέλθουν πολύ γρήγορα στα προ της κρίσης επίπεδα. Το επεισόδιο αυτό αν και κράτησε μόνο έξι μήνες είχε ως αποτέλεσμα την εκτόξευση της τιμής του αργού (WTI) από τα 17 δολάρια στα 39 δολάρια ανά βαρέλι.

Το 1997 και καθώς ο OPEC αύξανε συνεχώς την παραγωγή του οι χώρες της Ασίας κατέρρεαν οικονομικά. Η υποτίμηση του νομίσματος της Ταϊλάνδης τον Ιούλιο εκείνης της χρονιάς δημιούργησε μια οικονομική κρίση για τις Ασιατικές χώρες όπως η Ινδονησία, η Μαλαισία, οι Φιλιππίνες, η Σιγκαπούρη και η Κίνα, βιώνοντας έτσι την πιο σημαντική επιβράδυνση της οικονομίας τους τα τελευταία 25 χρόνια. Ως εκ τούτου, στη σύνοδο που πραγματοποίησε ο OPEC στη Τζακάρτα της Ινδονησίας τον Νοέμβριο του 1997 συμφωνήθηκε η αύξηση της μέγιστης τιμής του πλαφόν παραγωγής κατά 10% για πρώτη φορά μέσα σε 4 χρόνια με την τιμή του πετρελαίου να επιστρέφει σε επίπεδα \$15/bbl. Από το 1998 μέχρι και το 2008 η τιμή συνεχώς αυξανόταν, εξαίρωντας μόνο την περίοδο μετά τις επιθέσεις της 11<sup>ης</sup> Σεπτεμβρίου 2001, περίοδος με σημαντική επιβράδυνση των ρυθμών ανάπτυξης κυρίως στις ΗΠΑ.

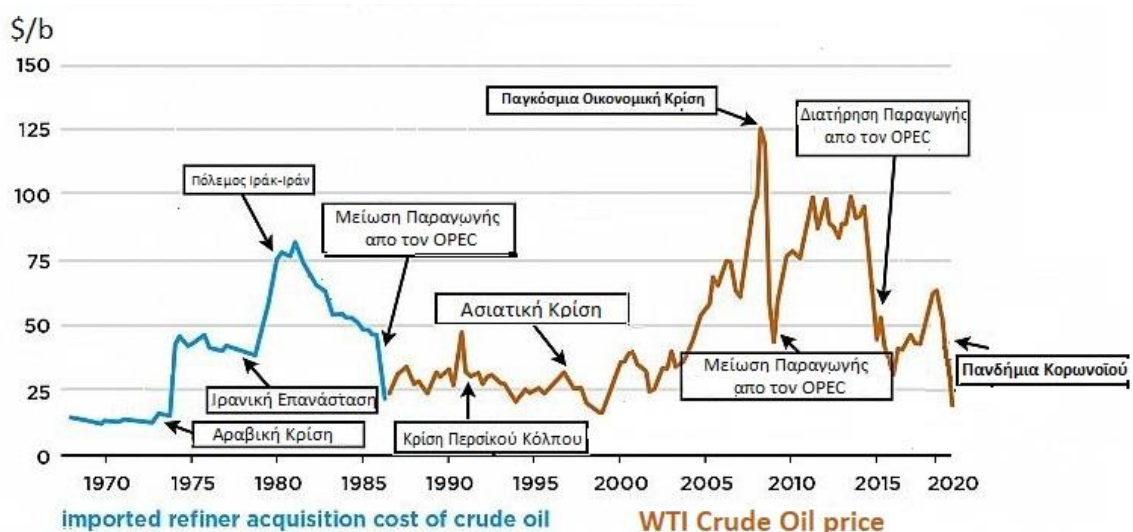
Το έτος 2008 το διεθνές χρηματοπιστωτικό σύστημα περνά από τη μεγαλύτερη κρίση έπειτα από την ύφεση του 1929 με την τιμή του "μαύρου χρυσού" να ξεπερνάει κάθε όριο αγγίζοντας τον Ιούνιο του 2008 τα 140 δολάρια το βαρέλι. Στην εκτόξευση των πετρελαϊκών τιμών συνέλαβαν οι κερδοσκοπικές κινήσεις με αφορμή την πτώση του δολαρίου αλλά και διάφορες γεωπολιτικές αναταραχές σε περιοχές εξόρυξης της Νιγηρίας.

Ένα χρόνο αργότερα, εν μέσω του χάους της παγκόσμιας οικονομικής κατάρρευσης, το αργό άρχισε να διαγράφει πτωτική πορεία με την τιμή του να φτάνει τα 40 δολάρια το βαρέλι. Η ανάκαμψη όμως ήρθε γρήγορα, περνώντας τελικά μια τετραετία (2010-2014) στο εύρος των \$80 με \$110 το βαρέλι.

Οι ομοιότητες της κρίσης του 2008 με τις δύο προηγούμενες του 1973 και του 1979 στις πετρελαϊκές τιμές έχουν απασχολήσει κατά καιρούς πλήθος ερευνητών. Η σημαντικότερη ομοιότητα είναι ότι και στις τρεις περιπτώσεις προηγήθηκαν περίοδοι σημαντικής οικονομικής ανάπτυξης (Kesicki, 2010). Επιπλέον, και στις τρεις αυτές κρίσεις η αύξηση των τιμών του πετρελαίου συνδέεται μερικώς με την υποχώρηση του αμερικανικού νομίσματος ενώ σημαντικό ρόλο έπαιξαν και οι γεωπολιτικές συγκρούσεις που έλαβαν μέρος σε πετρελαιοπαραγωγικές χώρες προκαλώντας έτσι πανικό και ανησυχία στις παγκόσμιες αγορές.

Λίγο αργότερα, το 2015, και ενώ η ζήτηση του πετρελαίου ήταν στα υψηλότερα επίπεδα από το 2010 και μετά, η μεγάλη προσφορά σε συνδυασμό με το ισχυρό πλέον δολάριο οδήγησαν τις τιμές σε δραστική πτώση με αποτέλεσμα οι τιμές να πέσουν από τα \$90 το βαρέλι στα \$47 (IEA).

Στις αρχές του 2020, οι διεθνείς εξελίξεις λόγω της πανδημίας του κορωνοϊού και κυρίως η αδυναμία συμφωνίας μεταξύ Σαουδικής Αραβίας και Ρωσίας για μείωση της παραγωγής τον περασμένο Μαρτίου επηρέασαν αρνητικά την παγκόσμια πετρελαϊκή αγορά, ενώ τα μέτρα του lockdown προκάλεσαν δραματική πτώση στη ζήτηση. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, τον Απρίλιο του 2020 η τιμή του αργού πετρελαίου (WTI) έπεσε «υπό του μηδενός» για πρώτη φορά στην ιστορία των πετρελαϊκών αγορών. Αυτή η εξέλιξη οδήγησε την αγορά του πετρελαίου σε μια πρωτοφανή κατάρρευση διεθνώς δημιουργώντας έντονη αβεβαιότητα, τόσο στον τομέα της ενέργειας όσο και στην παγκόσμια οικονομία εν γένει.



Εικόνα 2-1: Εξέλιξη Τιμής Πετρελαίου (δολ/βαρέλι).

### 2.3 Ιστορική Ανάλυση Χρυσού

Η ιστορία της οικονομικής ζωής του πλανήτη από τα αρχαία χρόνια είναι έντονα συνυφασμένη με τον χρυσό. Μετά την λήξη του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου και της μεγάλης ύφεσης που ακολούθησε, η επανεκκίνηση του διεθνούς εμπορίου αποτέλεσε μείζον θέμα της διεθνούς κοινότητας, με την θέσπιση του συστήματος Bretton Woods αναμφίβολα να συμβάλει σημαντικά στην αναβίωση και αναπτέρωση της μεταπολεμικής παγκόσμιας οικονομίας

Το 1971 η συνθήκη Bretton Woods, η οποία συνδίαζε το πλεονέκτημα του κλασικού κανόνα του χρυσού που είναι η συναλλαγματική σταθερότητα με το πλεονεκτήμα των κυμαινόμενων ισοτιμιών, δηλαδή τη δυνατότητα για ανεξάρτητες εθνικές συναλλαγματικές πολιτικές, καταργείται. Μπαίνοντας έτσι στην εποχή των κυμαινόμενων συναλλαγματικών ισοτιμιών, με τον πληθωρισμό εκείνη την εποχή να αυξάνεται ραγδαία, η τιμή του χρυσού άρχισε να αυξάνεται με αποτέλεσμα το καλοκαίρι του 1972 η ουγγιά να έχει ξεπεράσει τα \$60.

Οι δύο σημαντικότερες κρίσεις που έπληξαν τη διεθνή οικονομική κοινότητα κατά το δεύτερο μισό του 20ου αιώνα συνέβησαν το 1973 και 1979 αντιστοίχως. Η δραματική εκτόξευση των τιμών του πετρελαίου εκείνες τις χρονιές οδήγησε σε τρομακτική άνοδο του πληθωρισμού και τη διεθνή οικονομία σε μακροχρόνια ύφεση με τις αυξήσεις να διαχύονται και στα υπόλοιπα προϊόντα, όπως ο χρυσός. Αποτέλεσμα των παραπάνω ήταν στο τέλος της δεκαετίας του 1970 η τιμή του πολύτιμου μετάλλου να έχει διαμορφωθεί σε ιστορικά υψηλά επίπεδα ξεπερνώντας τα \$650 ανά ουγγιά.

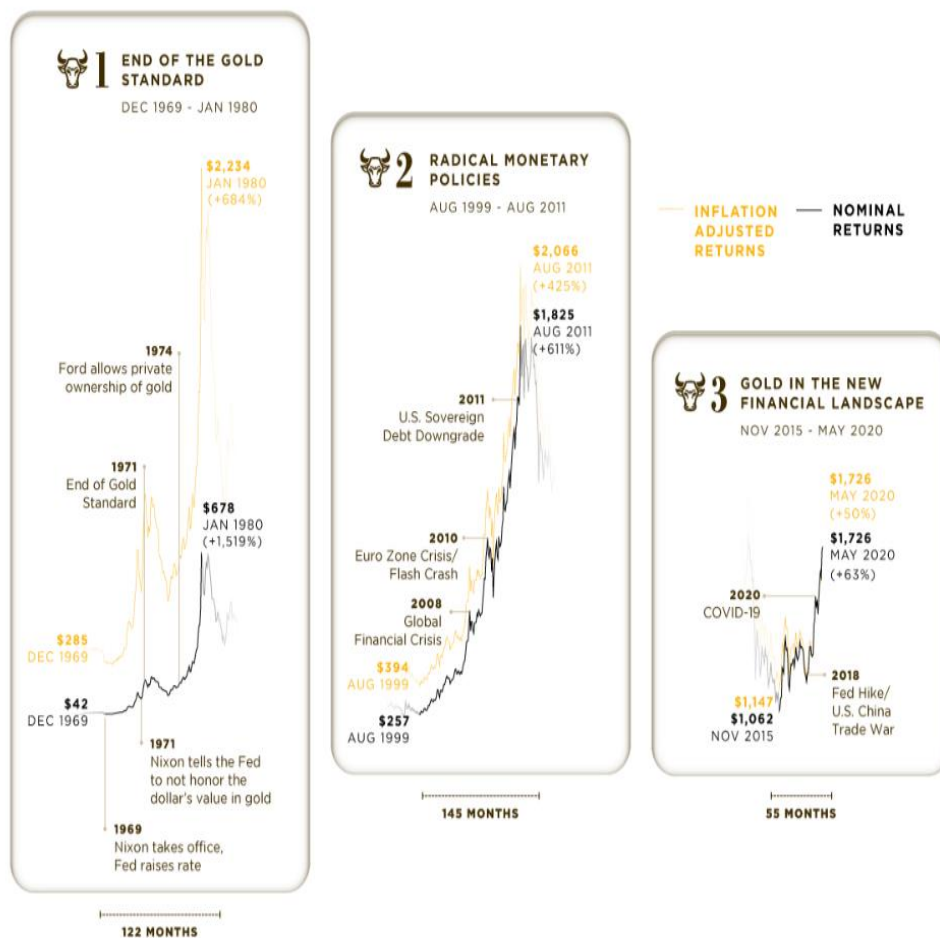
Τις δύο επόμενες δεκαετίες του '80 και του '90 η τιμή του χρυσού κινήθηκε πτωτικά κυρίως λόγω των ανακαλύψεων νέων μεγάλων κοιτασμάτων κυρίως σε Αυστραλία και Βραζιλία το 1982. Ως αποτέλεσμα, η τιμή του χρυσού κυμαινόταν σε σταθερά επίπεδα από \$250/oz έως \$450/oz. Μελετώντας την πορεία της τιμής του χρυσού από το 2000 και μετά παρατηρούμε ότι προκύπτει ένα εντελώς διαφορετικό μοτίβο. Από το 2001 και μετά, οι επιθέσεις της 11<sup>ης</sup> Σεπτεμβρίου 2001 και η υποτίμηση του δολαρίου που ακολούθησε, δημιούργησαν ανοδικές τάσεις στο χρυσό με την τιμή του να αγγίζει τα \$700 ανά ουγγιά μέχρι το τέλος του 2007.

Από το 2008 και εν μέσω της παγκόσμιας οικονομικής ύφεσης, ο χρυσός επιβεβαίωσε την φήμη του «ασφαλούς καταφυγίου» που κατέχει σε περιόδους αβεβαιότητας με την τιμή του να διατηρείται σε υψηλά επίπεδα και να βρίσκεται μια ανάσα από τα 1.000 δολάρια ανά ουγγιά. Επιπλέον, η ανησυχία των επενδυτών φοβούμενοι την απότομη αύξηση των τιμών του πετρελαίου και του επερχόμενου αποπληθωρισμού τους στρέφει στην ασφάλεια του χρυσού με αποτέλεσμα στις αρχές του 2009 η τιμή του πολύτιμου μετάλλου να ξεπερνά τα \$1.150/oz καθιστώντας έτσι ξεκάθαρο ότι ο χρυσός έχει κερδίσει εκ νέου την πολύτιμη λάμψη του. Στην πορεία σημειώθηκε μια συνεχής άνοδος των τιμών ανά έτος, μέχρι τον Σεπτέμβριο του 2011 όπου η τιμή του χρυσού καταγράφει νέο ιστορικό υψηλό και να φτάνει τα \$1.896,50/oz (spot τιμή

05/09/2011) με την τιμή όμως να εκτονώνεται λίγους μήνες αργότερα και να σταθεροποιείται στα \$1500-\$1750/oz. Είναι γεγονός, ότι η αύξηση της τιμής του χρυσού από τον Σεπτέμβριο του 2001 έως τον Σεπτέμβριο του 2011 άγγιξε το 510%, με επτά χρονιές στην ίδια περίοδο να έχει απόδοση πάνω από 20% ανά έτος.

Τα επόμενα χρόνια η τιμή του χρυσού κινήθηκε πτωτικά με τον Νοέμβριο του 2015 η τιμή ανά ουγγιά να έχει υποχωρήσει στο χαμηλότερο σημείο από την οικονομική κρίση του 2008 φθάνοντας τα \$1.162/oz.

Λίγα χρόνια αργότερα, η κρίση του κορωνοϊού προκάλεσε έντονη ανησυχία στην παγκόσμια ενεργειακή αγορά. Με την σειρά της, η μειωμένη ζήτηση και η αδυναμία συμφωνίας μεταξύ Ρωσίας και Σ. Αραβίας, της ηγέτιδας δύναμης του OPEC, οδήγησαν σε απότομη πτώση των τιμών του αργού δημιουργήσε αδυναμία πρόβλεψης ακόμη και βραχυπρόθεσμα της κατάστασης στις αγορές. Αποτέλεσμα της παραπάνω αβεβαιότητας ήταν οι επενδυτές να στραφούν στην «ασφάλεια» που τους παρέχει ο χρυσός εκτοξεύοντας σε επίπεδα ρεκόρ την τιμή του ξεπερνώντας για πρώτη φορά το όριο των 2.000 δολαρίων ανά ουγγιά.



Εικόνα 2-2: Εξέλιξη Τιμής Χρυσού.  
Πηγή: <https://www.visualcapitalist.com/>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

---

### 3.1 Εισαγωγή

Το παρόν κεφάλαιο αφορά στη βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας και περιλαμβάνει την αναλυτική περιγραφή των αποτελεσμάτων που έχουν προκύψει από έρευνες συναφείς με το αντικείμενο που μελετάτε. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται εμπειρικές μελέτες που αφορούν τόσο στη συσχέτιση των τιμών του πετρελαίου όσο και των τιμών του χρυσού με διάφορους μακροοικονομικούς παράγοντες όπως ο πληθωρισμός, το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ή Α.Ε.Π), τα επιτόκια και η συναλλαγματική ισοτιμία. Το κεφάλαιο κλείνει με μία εκτένη παρουσίαση των σημαντικότερων ερευνών που ασχολούνται με τη συσχέτιση μεταξύ πετρελαίου και χρυσού. Για κάθε εργασία γίνεται συνοπτική αναφορά στα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, στη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε και στα συμπεράσματα που προέκυψαν. Τέλος, με βάση τη βιβλιογραφική ανασκόπηση προσδιορίστηκε το ακριβές αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας και επιχειρήθηκε να επιλεγεί η καταλληλότερη μεθοδολογία.

### 3.2 Βασικές Μακροοικονομικές Έννοιες

Ο όρος **πληθωρισμός** (inflation) αναφέρεται στη συνεχή αύξηση του γενικού επιπέδου τιμών μιας οικονομίας σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, που προκαλεί πτώση στην αγοραστική δύναμη. Για την μέτρηση του πληθωρισμού μιας οικονομίας, χρησιμοποιείται ο δείκτης τιμών καταναλωτή (Consumer Price Index) που μετρά τις μεταβολές των τιμών των καταναλωτικών αγαθών και υπηρεσιών.

Ο όρος **Α.Ε.Π** (Gross Domestic Product – GDP) ορίζεται ως η συνολική αγοραία αξία όλων των τελικών προϊόντων και υπηρεσιών που παράγονται σε μια χώρα στη διάρκεια μιας ορισμένης χρονικής περιόδου και αποτελεί το κυριότερο μακροοικονομικό μέγεθος. Ο βασικός στόχος μέτρησής του είναι η απόκτηση ενός μέτρου της συνολικής ποσότητας αγαθών και υπηρεσιών που παράγονται για την αγορά σε μία δεδομένη χώρα κατά μία δεδομένη χρονική περίοδο.

Με τον όρο **επιτόκιο** (interest rate) εννοείται η ποσοστιαία απόδοση που υπόσχεται ένας οφειλέτης στο δανειστή του. Δηλαδή, δείχνει πόσο γρήγορα η ονομαστική αξία ενός τοκοφόρου στοιχείου αυξάνει διαχρόνικα.

Με τον όρο **συναλλαγματική ισοτιμία** (exchange rate) εννοείται η ισοτιμία με την οποία ένα νόμισμα μπορεί να ανταλλαγεί με ένα άλλο νόμισμα. Η ισοτιμία αυτή μεταβάλλεται διαρκώς στις παγκόσμιες αγορές συναλλάγματος, στις οποίες κάθε είδος νομίσματος αποτελεί αντικείμενο διαπραγμάτευσης.



Με τον όρο **S&P 500** (Standar & Poor's 500) εννοείται ο χρηματιστηριακός δείκτης που μετρά την απόδοση των μετοχών των 500 μεγαλύτερων εισηγμένων εταιρειών (βάση αξίας) σε χρηματιστήρια των Ηνωμένων Πολιτειών.

Με τον όρο **Δείκτης Τιμών Παραγωγού** (Producer Price Index – PPP) εννοείτε η μέτρηση της μηνιαίας μεταβολής των τιμών των προϊόντων που παράγονται στο εσωτερικό μιάς χώρας και διατίθενται στην εγχώρια ή παγκόσμια αγορά.

### 3.3 Συσχέτιση Τιμών Πετρελαίου με Μακροοικονομικούς Παράγοντες

Ο καθορισμός των τιμών του πετρελαίου πραγματοποιείται όχι μόνο από τους κανόνες της προσφοράς και της ζήτησης αλλά και από χρηματοοικονομικούς παράγοντες (πληθωρισμός, συναλλαγματική ισοτιμία), πολιτικά γεγονότα (Wang et al., 2011) αλλά και πανδημίες (Icheck and Marinč, 2018).

Οι μεταβολές των τιμών του πετρελαίου είναι ζωτικής σημασίας για την κατανόηση του πληθωρισμού σε βραχυπρόθεσμο ορίζοντα, καθώς συνδέονται μεταξύ τους με σχέση αίτιου – αποτελέσματος. Η σχέση μεταξύ των πετρελαϊκών σοκ και του πληθωρισμού έχει αποτελέσει αντικείμενο έρευνας της διεθνούς ακαδημαϊκής κοινότητας εδώ και αρκετές δεκαετίες, με το μεγαλύτερο μέρος της βιβλιογραφίας να συγκλίνει στην άποψη ότι μια αύξηση στην τιμή του πετρελαίου προκαλεί αρνητικές επιπτώσεις στον πληθωρισμό.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1980, ο Thoresen (1982) υποστηρίζει ότι οι μεταβολές των τιμών του πετρελαίου είναι καθοριστικής σημασίας για τον πληθωρισμό, καθώς η σχέση μεταξύ πετρελαιοπαραγωγικών και πετρελαιοεισαγωγικών χωρών είναι αλληλοεξαρτόμενη. Το 1996 μια ομάδα ερευνητών με κύριους καθοδηγητές τους Rotemberg και Woodford, βρήκαν ότι μια αύξηση κατά 1% στην τιμή του πετρελαίου σχετίζεται με μια μείωση κατά 0,25% στην παραγωγή της Αμερικανικής οικονομίας μετά την πάροδο πέντε έως επτά τριμήνων. Λίγο αργότερα, οι Barsky and Killian (2002) χρησιμοποιώντας ένα υπόδειγμα βασισμένο στην μελέτη των Rotemberg και Woodford επιβεβαίωσαν ότι τα πετρελαϊκά σοκ επηρεάζουν σε πολύ μεγάλο βαθμό την οικονομία μιάς χώρας και ευθύνονται για την αύξηση του πληθωρισμού. Το 2010 οι Castillo και Montoro, έχοντας μελετήσει το ρόλο του πετρελαίου στην οικονομική δραστηριότητα αναφέρουν ότι εφόσον το πετρέλαιο είναι δύσκολο να αντικατασταθεί πλήρως από άλλη μορφή ενέργειας, η επίδραση του στον πληθωρισμό και στην ανάπτυξη ολοένα και θα μεγαλώνει.

Ο Hooker (2002), αναφέρει ότι οι πετρελαϊκές κρίσεις έχουν χάσει πλέον την ερμηνευτική τους δύναμη σε σύγκριση με τις δεκαετίες του 1970 και του 1980. Η εφαρμογή μη-γραμμικών μοντέλων με δεδομένα από το 1962-2000, οδήγησε τον συγγραφέα στο συμπέρασμα ότι οι πετρελαϊκές κρίσεις προκαλούν πλέον μειωμένες επιπτώσεις στον πληθωρισμό και συνεπώς έχουν σταματήσει να συμβάλλουν στην δημιουργία μακροοικονομικών κρίσεων από το 1980 και μετά. Κύριος λόγος για την

αλλαγή αυτή είναι η διαφορετική νομισματική πολιτική που ασκείται σήμερα, καθώς οι κεντρικές τράπεζες είναι πιο προσηλωμένες στην καταπολέμηση του πληθωρισμού σε σχέση με παλιά. Ακόμη, μια ενδεχόμενη άνοδος των τιμών του πετρελαίου στη σημερινή εποχή είναι πιο σταδιακή, αφού οφείλεται κυρίως σε αύξηση της ζήτησης από της πετρελαιοεισαγωγικές χώρες, και όχι τόσο σε διαταραχές της προσφοράς λόγω γεωπολιτικών αναταράξεων, όπως συνέβαινε παλαιότερα.

Μία πιο λεπτομερής ανάλυση δημοσιεύθηκε το 1997 από τους Bernanke, Gentler and Watson σχετικά με την νομισματική πολιτική που ασκούν οι κεντρικές τράπεζες σε περιόδους πετρελαϊκών κρίσεων για την περίοδο 1966-1995. Χρησιμοποιώντας μηνιαία και τριμηνιαία δεδομένα με τη βοήθεια ενός υποδείγματος VAR καταλήγουν ότι η αύξηση που προκαλούν στον πληθωρισμό τα πετρελαϊκά σοκ οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην αύξηση των επιτοκίων. Η εν λόγω μελέτη, εκτείνεται και στην επίδραση που έχουν οι πετρελαϊκές κρίσεις στο ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (Α.Ε.Π) αναφέροντας πως και εδώ μεγάλο ρόλο παίζουν οι αποφάσεις που λαμβάνουν οι κεντρικές τράπεζες.

Λίγα χρόνια αργότερα, το 2007, η A.M. Herrera στηριζόμενη στην προηγούμενη έρευνα των Bernanke, Gentler and Watson, ανέπτυξε ένα διαρθρωτικό μοντέλο VAR (SVAR) για τις υποπεριόδους 1959-1979 και 1985-2006. Χρησιμοποιώντας τριμηνιαίες τιμές μεταβλητών όπως το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν, το δυνητικό προϊόν (potential output), ο δείκτης αποπληθωρισμού του Α.Ε.Π, τα ομοσπονδιακά επιτόκια κεφαλαίων (federal fund rates) και οι τιμές του πετρελαίου κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι με την πάροδο του χρόνου η αρνητική επίδραση των πετρελαϊκών σοκ στο παγκόσμιο Α.Ε.Π γίνονταν όλο και πιο μικρή.

Με τον όρο συσχέτιση αναφερόμαστε στη στατιστική μέθοδο που χρησιμοποιείται προκειμένου να μετρήσουμε τη σχέση εξάρτησης δύο ή περισσότερων μεταβλητών. Ο συντελεστής συσχέτισης είναι ένας καθαρός αριθμός ο οποίος λαμβάνει τιμές από το -1 μέχρι το 1. Η τιμή 0 μεταφράζεται ως τη μη-ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ των δύο μεταβλητών. Στις περιπτώσεις που ο συντελεστής λαμβάνει θετικές τιμές, οι δύο μεταβλητές έχουν θετική συσχέτιση, ενώ όταν λαμβάνει αρνητική τιμή, η συσχέτιση είναι αρνητική. Οι Nyangarika και Mikhaylov (2018) σε μία προσπάθεια διερεύνησης της σχέσης των τιμών του αργού πετρελαίου και του ΑΕΠ της Σαουδικής Αραβίας, της μεγαλύτερης παραγωγού πετρελαίου παγκοσμίως, με τη χρήση FIGARCH model, υπολόγισαν το συντελεστή συσχέτισης στο -0.14, καταλήγοντας έτσι στο συμπέρασμα ότι υπάρχει μη γραμμικότητα μεταξύ των τιμών του πετρελαίου και του ΑΕΠ, καθώς οι αυξήσεις στις τιμές του πετρελαίου προκαλούν άνοδο του κόστους παραγωγής και συνεπώς μείωση της οικονομικής δραστηριότητας. Σύμφωνα με την μελέτη του Hamilton (2003), η οποία θεωρείται από τις πιο πλήρεις της βιβλιογραφίας, χρησιμοποιώντας μη-γραμμικά μοντέλα παλινδρόμησης αναφέρει ότι δεν υπάρχει γραμμικότητα μεταξύ τιμών πετρελαίου και ΑΕΠ τονίζοντας ωστόσο ότι οι αυξήσεις στις τιμές του πετρελαίου επηρεάζουν την οικονομία, ενώ οι μειώσεις όχι.



Σε όμοια περίπου συμπεράσματα καταλήγουν και οι Charfeddine, Klein και Walther (2019) οι οποίοι χρησιμοποιώντας τριμηνιαίες πραγματικές και ονομαστικές τιμές πετρελαίου για το διάστημα 1947-2019 και κάνοντας χρήση του γραμμικού μοντέλου ARX σημειώνουν ότι "οι αυξήσεις στις τιμές του πετρελαίου έχουν πλέον πολύ μικρή επίδραση στο ΑΕΠ".

Σε εθνικό επίπεδο, σύμφωνα με την μελέτη της Ευαγγελίας Παπαπέτρου (2001), η ανόδος των τιμών του πετρελαίου συσχετίζεται αρνητικά με την οικονομική δραστηριότητα στην Ελλάδα λόγω της ισχυρής ενεργειακής εξάρτησης της οικονομίας της από αυτό.

Σε πολλές περιόδους έχει παρατηρηθεί ότι υπάρχει μία κοινή τάση στις τιμές του πετρελαίου και της ισοτιμίας του δολαρίου με άλλα νομίσματα. Αν και δεν υπάρχει ένα εδραιωμένο, κοινά αποδεκτό θεωρητικό υπόβαθρο που να εξηγεί τη σχέση των τιμών του πετρελαίου με την ισοτιμία του δολαρίου, ωστόσο οι υπάρχουσες έρευνες έχουν δείξει ότι κυρίως η σχέση πορεύεται από το πετρέλαιο προς την ισοτιμία και όχι αντίστροφα (Basher & Haug, 2012, Kumar, 2019).

Οι Krugman (1983), Golub (1983) και λίγο αργότερα ο Corden (1994) προσπάθησαν να αναλύσουν την σχέση μεταξύ συναλλαγματικών ισοτιμιών και πετρελαϊκών σοκ στις περιπτώσεις των χωρών εισαγωγής και εξαγωγής πετρελαίου. Χρησιμοποιώντας οικονομετρικά μοντέλα κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι στις πετρελαιοπαραγωγικές χώρες η άνοδος των τιμών του πετρελαίου προκαλεί ανατίμηση της συναλλαγματικής ισοτιμίας ενώ μια πτώση των τιμών υποτίμηση της ισοτιμίας.

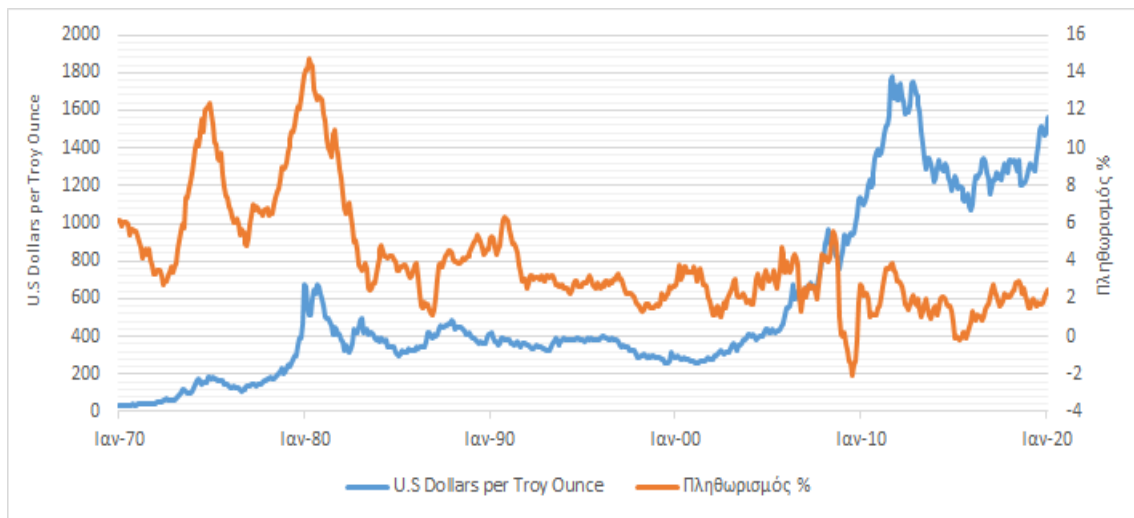
Σύμφωνα με τη μελέτη του MacDonald (1998) χρησιμοποιώντας δεδομένα της περιόδου 1990-1996 καταλήγει στο συμπέρασμα ότι οι χώρες που διαθέτουν μεγάλα αποθέματα πετρελαίου έχουν πιο ισχυρά νομίσματα σε σχέση με τις χώρες που διαθέτουν ελάχιστο ή και καθόλου πετρέλαιο. Η απλούστερη οικονομική εξήγηση της σχέσης αυτής μπορεί να εντοπιστεί στο ότι οι παραγωγοί που εξάγουν το πετρέλαιο σε δολάρια, ευνοούνται από τις υψηλότερες τιμές του όταν διολισθαίνει.

Οι Chen Chen (2007) προσεγγίζουν τη σχέση των τιμών του πετρελαίου και των συναλλαγματικών ισοτιμιών στις χώρες G-7 για τη χρονική περίοδο 1/1972 έως 10/2005. Τα συμπεράσματά τους συγκλίνουν στο ότι οι τιμές του πετρελαίου είναι ο κύριος λόγος των μεταβολών των συναλλαγματικών ισοτιμιών και ότι υπάρχει σταθερή σχέση μεταξύ των δύο αυτών μεταβλητών.

### 3.4 Συσχέτιση Τιμών Χρυσού με Μακροοικονομικούς Παράγοντες

Η εμπιστοσύνη πολλών επενδυτών στο χρυσό ως αντισταθμιστικό παράγοντα έναντι του πληθωρισμού οφείλεται σε μεγάλο βαθμό σε ιστορικούς λόγους και συγκεκριμένα στην επί πολλές δεκαετίες θέση του ως στήριγμα του παγκόσμιου νομισματικού συστήματος, καθώς και στη σχετική σταθερότητα της τιμής του συγκρινόμενο με άλλα

χρηματοοικονομικά προϊόντα. Ειδικά σε περιόδους υπερπληθωρισμού οι επενδυτές τείνουν να τοποθετούν τα χρήματά τους στο χρυσό με αποτέλεσμα τα εγχώρια νομίσματα να υποτιμούνται (Baur & McDermott, 2010).



Διάγραμμα 3-1: Τιμή χρυσού και Πληθωρισμός (1970-2020).  
Πηγή: Federal Reserve Bank of St. Louis.

Παρά την παραπάνω ερμηνεία, οι ερευνητές που έχουν ασχοληθεί με τη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ χρυσού και πληθωρισμού δεν συμφωνούν ως προς την ύπαρξη και τα χαρακτηριστικά της. Για παράδειγμα, οι Worthington & Pahlavani (2007) αναφέρουν ότι τουλάχιστον στην οικονομία των ΗΠΑ, υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών, άρα ο χρυσός είναι κατάλληλο μέσο αντιστάθμισης έναντι του πληθωρισμού είτε ως άμεση επένδυση είτε ως έμμεση με τη μορφή παραγώγων.

Ωστόσο, ολοένα και περισσότερο σήμερα αμφισβητείται η βραχυχρόνια σχέση των δύο μεταβλητών. Σύμφωνα με τη μελέτη του Ghosh D, et al (2001) οι δύο μεταβλητές συσχετίζονται μόνο μακροχρόνια, ενώ οι βραχυχρόνιες κινήσεις των τιμών του χρυσού δεν φαίνεται να έχουν σχέση με τις μεταβολές του πληθωρισμού. Σε αυτή την περίπτωση επομένως, ο χρυσός είναι κατάλληλο μέσο αντιστάθμισης μόνο για μακροχρόνιες περιόδους. Στηριζόμενοι στα ευρήματα της παραπάνω έρευνας, οι McCown & Zimmerman (2007) συμφώνησαν ότι ο χρυσός λειτουργεί ως αντιστάθμιση έναντι του αναμενόμενου πληθωρισμού μακροπρόθεσμα, αλλά όχι συνεχώς και μόνο κατά τη διάρκεια περιόδων πολύ υψηλού πληθωρισμού ( π.χ δεκαετία του 1970).

Ταυτόχρονα, υπάρχουν μελέτες που κατέληξαν σε συμπεράσματα αρνητικής σχέσης μεταξύ της τιμής του χρυσού και του πληθωρισμού ακόμα και σε μακροπρόθεσμη κλίμακα. Για παράδειγμα η έρευνα των Van Hoang, Lahiani & Heller (2016) οι οποίοι χρησιμοποιώντας τη μη-γραμμική μέθοδο συνολοκλήρωσης NARDL προσπάθησαν να διερευνήσουν αν οι επενδυτές σε Κίνα και Ινδία χρησιμοποιούν τον χρυσό ως μορφή προστασίας έναντι του πληθωρισμού με δεδομένα της περιόδου 1955-2015. Οι εν λόγω ερευνητές διαπίστωσαν ότι στις παραπάνω χώρες, μακροπρόθεσμα, υπάρχει αρνητική σχέση μεταξύ χρυσού και Δείκτη Τιμών Καταναλωτή. Σε μία άλλη έρευνα, ο

Baur (2011) χρησιμοποιώντας Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση κατέληξε στο ότι υπάρχει μη σημαντική σχέση μεταξύ της τιμής του χρυσού και του πληθωρισμού. Ωστόσο, στην ίδια έρευνα, ο Baur κατέληξε σε θετική σχέση μεταξύ των δύο παραπάνω μεταβλητών χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της Απλής Γραμμικής Παλινδρόμησης, αλλά η Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση έχει πιο αξιόπιστα αποτελέσματα καθώς συμπεριλαμβάνει περισσότερες μεταβλητές.

Οι Seemuang & R. Suprapunta, (2013) στην έρευνα τους προσπαθούν να εντοπίσουν τις μεταβολές που προκαλούνται στις τιμές του χρυσού από διάφορα μακροοικονομικά μεγέθη όπως ο πληθωρισμός, το ΑΕΠ και οι συναλλαγματικές ισοτιμίες. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων (Ordinary Least Square - OLS) και γραμμικά αυτοπαλίνδρομα μοντέλα VAR συμπεραίνουν ότι ο χρυσός αποτελεί αποτελεσματικό μέσο αντιστάθμισης απέναντι στον πληθωρισμό, αναγνωρίζοντας έτσι την θετική τους σχέση. Ακόμα, επισημαίνουν την μη ύπαρξη έντονης σχέσης μεταξύ χρυσού και ΑΕΠ ενώ όσον αφορά την σχέση μεταξύ συναλλαγματικών ισοτιμιών και χρυσού αναφέρουν πως ή αξία του δολαρίου ασκεί σημαντική επιρροή στις διακυμάνσεις των τιμές του χρυσού. Πιο συγκεκριμένα, με τα μοντέλα που ανέπτυξαν διαπιστώνουν ότι μία υποχώρηση του Αμερικανικού δολαρίου κατά 1% προκαλεί αύξηση στην τιμή του χρυσού κατά 1,3% μέσα σε ένα τρίμηνο.

Η πορεία του χρυσού, λοιπόν, εκφράζει μία αντιστρόφως ανάλογη σχέση με εκείνη του αμερικανικού δολαρίου. Συνεπώς, χρυσός και δολάριο σχετίζονται με αρνητική σχέση (Pukthuanthong & Roll, 2011). Η αποδυνάμωση του δολαρίου ενισχύει την αγοραστική δύναμη των χωρών εκτός της ζώνης του δολαρίου και οδηγεί σε άνοδο τις τιμές των εμπορευμάτων συμπεριλαμβανομένου και του χρυσού. Αντιστρόφως μία ενίσχυση του αμερικανικού νομίσματος οδηγεί σε μείωση των τιμών τους. Επομένως, ο χρυσός αποτελεί μία καλή προστασία έναντι της υποχώρησης του δολαρίου. Ίδια σχέση με το χρυσό, σύμφωνα με τους Pukthuanthong & Roll, (2011), διατηρούν και τα άλλα ισχυρά νομίσματα: Ευρώ, Λίρα Αγγλίας και Γιεν Ιαπωνίας.

Εξετάζοντας την πορεία του πληθωρισμού στις ΗΠΑ το διάστημα 1974-2020 προκύπτει ότι σε 7 από τους 12 προεδρικούς κύκλους ο πληθωρισμός κινήθηκε αρνητικά, θετικά σε 4 ενώ σε 1 ήταν μηδενικός. Πιο συγκεκριμένα, στους 5 από τους 7 προεδρικούς κύκλους που ο πληθωρισμός ήταν αρνητικός, δηλαδή ποσοστό 71,40%, ο χρυσός κατέγραψε απώλειες, υποδεικνύοντας μία κατά βάση αρνητική συσχέτιση με τον αρνητικό πληθωρισμό. Δηλαδή, κατά κανόνα, οι επενδυτές δεν θεωρούν το χρυσό ασφαλές καταφύγιο σε αποπληθωριστικές περιόδους. Στους 4 προεδρικούς κύκλους που ο πληθωρισμός ήταν θετικός, ο χρυσός κατέγραψε κέρδη. Δηλαδή σε πληθωριστικές περιόδους ο χρυσός, κατά κανόνα ανεβαίνει ενώ στον έναν προεδρικό κύκλο μηδενικού πληθωρισμού ο χρυσός κινήθηκε πτωτικά. Αξίζει να αναφερθεί ότι στις δύο προεδρικές τετραετίες 2001-2005 και 2005-2009 όπου σημειώθηκαν ταυτόχρονα αρνητικός πληθωρισμός και άνοδος του χρυσού σημειώθηκαν μεγάλες

οικονομικές κρίσεις, με τη δεύτερη να είναι η μεγαλύτερη των τελευταίων 70 και πλέον ετών.

### 3.5 Πετρέλαιο και Χρυσός

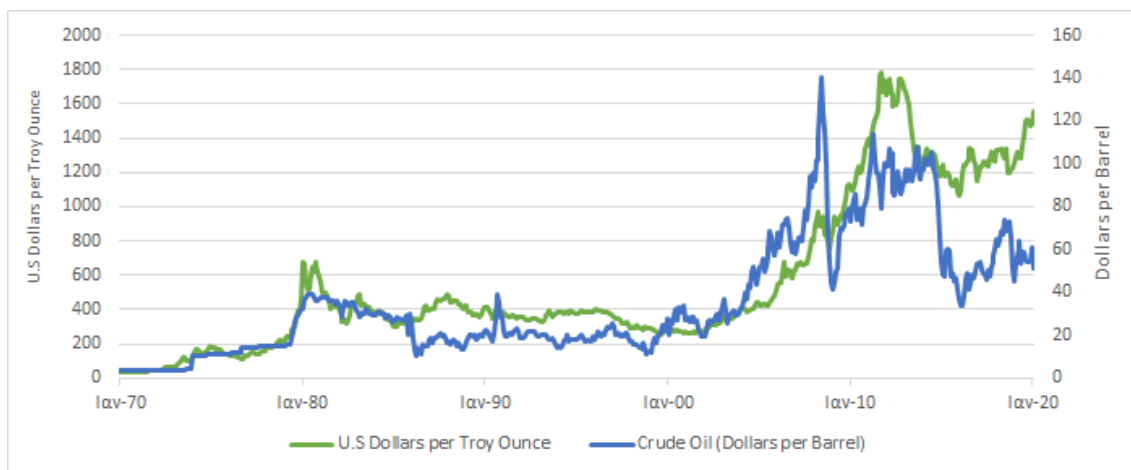
Η σχέση του πετρελαίου με τον χρυσό αποτελούσε πάντα πρόκληση για τους ερευνητές, οι οποίοι έχουν διατυπώσει κατά καιρούς διάφορες θεωρίες για το πώς η μία μεταβλητή επηρεάζει την άλλη. Οι δύο επικρατέστερες είναι ότι το αργό πετρέλαιο επηρεάζει άμεσα το χρυσό λόγω ανόδου του πληθωρισμού και ότι το πετρέλαιο επηρεάζει τις μετοχές εξορυκτικών εταιριών χρυσού. Και οι δύο αυτές θεωρίες συσχετίζουν θετικά την τιμή του αργού με την τιμή του χρυσού.

Η πρώτη θεωρία βασίζεται στο επιχείρημα ότι μια υψηλή τιμή πετρελαίου είναι επιβλαβής για μία οικονομία, μειώνοντας την οικονομική ανάπτυξη στις προηγμένες βιομηχανικά χώρες και τις μετοχικές αξίες (Le. Thai-Ha & Chang, 2011). Ως αποτέλεσμα οι επενδυτές ψάχνουν για εναλλακτικά επενδυτικά προϊόντα με σταθερή αξία όπως ο χρυσός προκειμένου να αντισταθμίσουν τον κίνδυνο. Από την άλλη πλευρά, μία αυξημένη τιμή πετρελαίου κάνει την εξόρυξη χρυσού πιο ακριβή, μειώνοντας το περιθώριο κόστους για τις εταιρίες εξόρυξης και με αυτόν τον τρόπο ανεβαίνει έμμεσα και η τιμή του. Πέρα από τις παραπάνω θεωρίες που προσπαθούν να διερευνήσουν τη μακροχρόνια σχέση μεταξύ αργού και χρυσού, είναι φανερό ότι παγκόσμιας εμβέλειας γεγονότα, όπως πόλεμοι, φυσικές καταστροφές, διπλωματικά επεισόδια και οικονομικές κρίσεις επηρεάζουν άμεσα τις τιμές των δύο αγαθών, και όχι πάντα προς την ίδια κατεύθυνση.

Πετρέλαιο και χρυσός διαπραγματεύονται σε κοινό νόμισμα, το αμερικάνικο δολάριο, με αποτέλεσμα τυχόν μεταβλητότητα του δολαρίου να δημιουργεί διακυμάνσεις στις τιμές των δύο μεταβλητών προς την ίδια κατεύθυνση. Ειδικότερα, η συνεχόμενη υποτίμηση του δολαρίου την περίοδο 2000-2008 διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο για την αυξανόμενη μεταβλητότητα στις τιμές χρυσού και πετρελαίου, κυρίως μετά το 2004. Επιπρόσθετα, οι χώρες όπου εξάγουν πετρέλαιο χρησιμοποιούν τα έσοδα από την πώληση πετρελαίου, για να επενδύσουν σε χρυσό καθώς είναι αρκετά υψηλά (Le. Thai-Ha & Chang, 2012). Έτσι, δημιουργούν μεταβλητότητα στο χρυσό προς την ίδια κατεύθυνση με το πετρέλαιο και κρατούν σε υψηλά επίπεδα την τιμή των υπόλοιπων πρώτων υλών.

Από το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο και μέχρι και το 1972 η τιμή του πετρελαίου παρουσίαζε χαμηλή μεταβλητότητα και κυμαινόταν σε τιμές από 14 έως 19 δολάρια ανά βαρέλι (\$/bbl) κυρίως λόγω της ύπαρξης του συστήματος σταθερών ισοτιμιών Bretton Woods. Από το 1971 και μετά όμως το σύστημα αυτό εγκαταλήφθηκε και η αγορά του χρυσού έγινε πιο ασταθής με αποτέλεσμα στις δύο πετρελαϊκές κρίσεις του 1974 και 1979- οι οποίες συνοδεύτηκαν με εκτόξευση του πληθωρισμού κατά 12% και 13% αντίστοιχα- η τιμή του χρυσού να παρουσιάσει μεγάλες αυξήσεις, με τα υψηλότερα

επίπεδα να εμφανίζονται το 1980. Την εικοσαετία 1980-2000, οι τιμές αργού και χρυσού ακολούθησαν μία συνεχόμενη καθοδική πορεία με το έτος 1999 να υπογράφεται από τις Κεντρικές Τράπεζες των Κρατών Μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης η συμφωνία «Central Bank Gold Agreement» στην Ουάσινγκτον των ΗΠΑ, βάσει της οποίας οι τράπεζες είχαν το δικαίωμα να πωλούν ετησίως έως και 400 τόνους χρυσού για το χρονικό διάστημα 1999-2004. Από το 2005 και μετά η συνεχής άνοδος των τιμών πετρελαίου και χρυσού ενισχύθηκε περαιτέρω, ενώ λίγο αργότερα το Μάιο του 2008, εν μέσω παγκόσμιας οικονομικής κρίσης με το αμερικάνικο δολάριο να έχει υποτιμηθεί σημαντικά, η τιμή του αργού πετρελαίου εκτινάσσεται σε νέο ιστορικό ρεκόρ, φτάνοντας τα 143,6 δολάρια το βαρέλι. Πολλοί επενδυτές τότε παρακολουθώντας τη συνεχόμενη αύξηση της τιμής του πετρελαίου κι έχοντας ανάγκη για αντιστάθμιση, στράφηκαν στην αγορά χρυσού. Το αποτέλεσμα ήταν την τετραετία 2008-2012 η τιμή του χρυσού να διπλασιαστεί και να φτάσει τα 1700 δολάρια ανά ουγκία.



Διάγραμμα 3-2: Πραγματικές τιμές Χρυσού και Πετρελαίου (1970-2020).  
Πηγή: Federal Reserve Bank of St. Louis.

Η συσχέτιση ανάμεσα σε πετρέλαιο και χρυσό είναι έντονα θετική, γεγονός που αποδεικνύεται και από την μελέτη της J. Šimáková(2011) για την περίοδο 1970-2010, η οποία με βασικά στοιχεία στατιστικής υπολόγισε τη συσχέτιση των δύο αυτών μεταβλητών στο 0,85, φανερώνοντας έτσι, μια εντονότατη θετική συσχέτιση. Βέβαια, όσο μεγαλύτερη η περίοδος που μελετάμε, τόσο μεγαλύτερη συσχέτιση ανάμεσα στα δύο προϊόντα συναντάμε (Khalfaoui, 2018).

Παρόμοια συσχέτιση έχουν διαπιστώσει και άλλοι επιστήμονες, όπως ο Cashin et al.(1999) ο οποίος εξετάζοντας τις συσχετίσεις μεταξύ επτά εμπορευμάτων (ξυλεία, σιτάρι, κακάο, πετρέλαιο, χρυσός, χαλκός και βαμβάκι) για το διάστημα 1960-1985 κατέληξε σε θετική συσχέτιση μεταξύ πετρελαίου και χρυσού υπολογίζοντας συντελεστή συσχέτισης ίσο με 0,60. Ωστόσο, υπάρχουν και έρευνες που αμφισβητούν την συσχέτιση των δύο μεταβλητών, όπως αυτή των Bhar & Hammoudeh(2011) οι

οποίοι χρησιμοποιώντας εβδομαδιαία στοιχεία για την περίοδο 1990-2006 κατέληξαν ότι μόνο σε περιόδους υψηλής μεταβλητότητας ο συντελεστής συσχέτισης πετρελαίου και χρυσού είναι αρνητικός είναι ίσος με  $-0,81$ .

Τα αποτελέσματα της συσχέτισης στη μελέτη των Gnanendra & Nishta (2018), δείχνουν ότι οι τιμές του χρυσού και του αργού πετρελαίου έχουν πολύ χαμηλή αρνητική συσχέτιση, αλλά αντίθετα καταδεικνύει ότι υπάρχει μικρή συσχέτιση μεταξύ της τιμής χρυσού και επιτοκίων.

Ο Kumar (2017) εξετάσε τη γραμμική και μη γραμμική αιτιώδη σχέση των τιμών του πετρελαίου και του χρυσού στην αγορά της Ινδίας, για μία περίοδο 26 χρόνων, από το 1990 έως το 2016. Οι παρατηρήσεις σχετικά με την αιτιώδη σχέση αυτών των δύο εμπορευμάτων έχουν απήχηση περισσότερο στις αναπτυσσόμενες χώρες και οικονομίες όπως της Ινδίας. Ο Kumar λοιπόν πραγματοποιώντας έλεγχο αιτιότητας κατά Granger με υπόδειγμα VAR καταλήγει στο ότι υπάρχει γραμμική μονόδρομη αιτιότητα από τις τιμές του πετρελαίου προς τις τιμές του χρυσού.

Οι Tang & Xiong (2012) χρησιμοποιώντας ανάλυση παλινδρόμησης συμπεραίνουν ότι οι τιμές των συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης για τις μη-ενεργειακές πρώτες ύλες αποκτούν έντονη θετική συσχέτιση με το πετρέλαιο μετά το 2004. Κύριος λόγος για αυτή την αλλαγή σύμφωνα με τους συγγραφείς αποτέλεσε η κρίση των Αμερικανικών στεγαστικών δανείων υψηλού ρίσκου (subprime loans) η οποία έλαβε χώρα το 2007 στις ΗΠΑ.

Οι Barunik et al. (2015) μελετούν τις δυναμικές συσχετίσεις μεταξύ του πετρελαίου και του χρυσού χρησιμοποιώντας τις τιμές των εμπορευμάτων αυτών κατά το χρονικό διάστημα 1987-2012. Οι ερευνητές αυτοί αναφέρουν ότι στις περιόδους που συμβαίνουν οικονομικές κρίσεις, υπάρχει ανομοιογένεια στις συσχετίσεις μεταξύ των τιμών του πετρελαίου και του χρυσού. Κατά το διάστημα οικονομικής άνθησης αντίθετα, έχουμε ομοιογένεια μεταξύ των δύο εμπορευμάτων καθώς και αύξηση των συσχετίσεών τους.

Οι Rehman et al. (2018) μελετούν το πετρέλαιο και το χρυσό κατά την περίοδο της παγκόσμιας οικονομικής ύφεσης της περιόδου 2008-2009. Μας λένε λοιπόν ότι, η ζήτηση για χρυσό από τις αγορές, κατά τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο, καρπώθηκε όλη σχεδόν την πτώση της ζήτησης για πετρέλαιο.

Πιο πρόσφατα, οι Γ. Μπαμπίνας και Θ. Παναγιωτίδης (2015), εξέτασαν την μεταβλητότητα ανάμεσα στις αποδόσεις των τιμών του πετρελαίου και του χρυσού πριν και μετά την πρόσφατη οικονομική κρίση χρησιμοποιώντας περιμετρική αυτοδύναμη μέθοδο (bootstrap) για καλύτερα αποτελέσματα. Οι εν λόγω μελετητές βρήκαν ότι για την προ κρίσης περίοδο η συσχέτιση των δύο προϊόντων είναι γραμμική με τις τιμές του πετρελαίου να επηρεάζουν τις τιμές του χρυσού και όχι αντίστροφα. Για την μετά κρίσης περίοδο διαπιστώσαν ότι ανάμεσα στις δύο μεταβλητές υπάρχει αμφίδρομη σχέση αιτιότητας και συνεπώς οι τιμές της μίας μεταβλητής έχουν την δυνατότητα πρόβλεψης των τιμών της άλλης, αλλά και το

αντίστροφο. Οι ερευνητές δικαιολογούν το φαινόμενο αυτό υποστηρίζοντας ότι στην πρώτη περίοδο η τιμή του πετρελαίου διαμορφωνόταν από τη ζήτηση και την οικονομική δραστηριότητα, ενώ ότι στη δεύτερη περίοδο υπάρχουν χαρακτηριστικά στις αγορές που σχετίζονται με την πολιτικοοικονομική αβεβαιότητα, με αποτέλεσμα η σχέση αιτιότητας των δύο αυτών πρώτων υλών να αντιστρέφεται. Ύστερα, λοιπόν, από την παραπάνω ανάλυση, είμαστε σε θέση να προβούμε στο συμπέρασμα ότι η τιμή του πετρελαίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη των τιμών του χρυσού και αντίστροφα (Paresh Kumar Narayan, Seema Narayan, Xinwei Zheng, 2010).

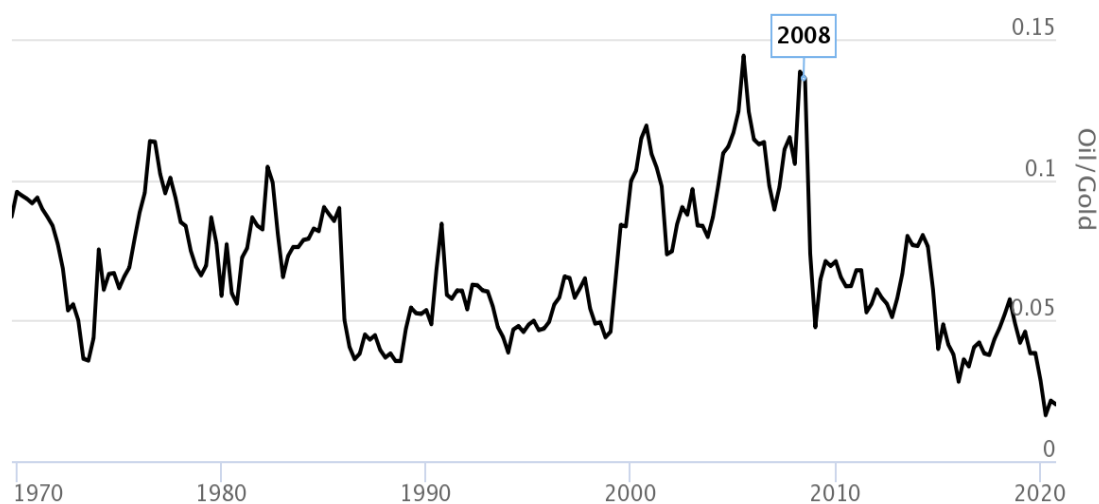
Ο πίνακας που ακολουθεί συνοψίζει τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στις έρευνες που αναφέρθηκαν παραπάνω:

Συγγραφείς	Μεταβλητές	Μοντέλο	Χρόνος	Περίοδος
Šimáková, 2011	Δείκτης τιμών καταναλωτή (CPI) 3μηνό επιτόκιο έντοκων γραμματίων Αμερικαν. Δημοσίου (TB3MS) Δείκτης βιομηχανικής Παραγωγής (IND) Δείκτης εξόρυξης Χρυσού (GMI)	Έλεγχος αιτιότητας κατά Granger	Περιλαμβάνεται η έννοια του χρόνου	1970-2010
Khalfaoui, 2018	Τιμές Χρυσού Τιμές πετρελαίου	Ανάλυση Wavelet Διμεταβλητή Ανάλυση DCC-GARCH model	Περιλαμβάνεται η έννοια του χρόνου	1/2007-10/2016
Gnanendra & S. Nishta, 2018	Μακροοικονομικούς παράγοντες που επιδρούν στην τιμή του Χρυσού Μακροοικονομικούς παράγοντες που επιδρούν στην τιμή του Πετρελαίου	Ανάλυση Παλινδρόμησης Ανάλυση Συσχέτισης	Δεν Περιλαμβάνεται η έννοια του χρόνου	4/2009-3/2017
Tang & Xiong, 2012	Ημερήσιες αποδόσεις μη-ενεργειακών εμπορευμάτων	Ανάλυση Παλινδρόμησης	Δεν Περιλαμβάνεται η έννοια του χρόνου	1973-2011
Barunik, 2015	Τιμές Χρυσού Τιμές Πετρελαίου Dow Jones U.S Broad Stock Market Index	Ανάλυση Wavelet DCC-GARCH model	Περιλαμβάνεται η έννοια του χρόνου	1/1987-12/2012
Bampinas, Panagiotidis, 2015	Τιμές Χρυσού Τιμές πετρελαίου	Έλεγχος αιτιότητας κατά Granger Hill (2007) Causality test	Περιλαμβάνεται η έννοια του χρόνου	1/2003-12/2012

Rehman, 2018	Τιμές Χρυσού Τιμές πετρελαίου Τιμές δείκτη S&P 500	ARDL Model DF-GLS & Ng-Perron tests	Περιλαμβάνεται η έννοια του χρόνου	1/1986-12/2016
--------------	--	--	------------------------------------	----------------

Πίνακας 3-1: Συγκεντρωτικός Πίνακας των παραμέτρων των σημαντικότερων βιβλιογραφικών αναφορών.

Μία από τις ευκολότερες και πιο χρήσιμες τεχνικές για να εντοπίσει κάποιος την σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών είναι να εντοπίσει την αναλογία τους (ratio), δηλαδή με πόσες μονάδες του Χ αγοράζεις μια μονάδα του Y και συγκεκριμένα πόσες συγγιές χρυσού απαιτούνται προκειμένου να αγοραστεί ένα βαρέλι πετρελαίου.



Διάγραμμα 3-3: Αναλογία Πετρελαίου προς Χρυσό (1970-2020).  
Πηγή: longtermstrends.net

Αναλύοντας το παραπάνω γράφημα συμπεραίνουμε ότι ο μέσος όρος των πενήντα χρόνων είναι 0.075, δηλαδή ότι με 0.075 συγγιές χρυσού αγοράζεις 1 βαρέλι πετρελαίου. Εντούτοις η σχέση αυτή την τελευταία δεκαετία έχει διαφοροποιηθεί λόγω της αύξησης της τιμής του χρυσού και έχει πλέον καταλήξει σε 0.05 συγγιές ανά βαρέλι. Αυτή η κλίμακα αναλογίας μεταξύ πετρελαίου και χρυσού χρησιμοποιείται για πολλά χρόνια ως δείκτης οικονομικής αποδοτικότητας από τους αναλύτες.

Ως συνέπεια των παραπάνω βιβλιογραφικών αναφορών, καταλήγουμε ότι σε περιόδους που συμβαίνουν παγκόσμιας εμβέλειας γεγονότα υπάρχουν ισχυρές αναδράσεις μεταξύ πετρελαίου και χρυσού ενώ σε μακροπρόθεσμο επίπεδο υπάρχουν αρκετές ανομοιογένειες στις συσχετίσεις των δύο αγαθών.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

### 4.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει την αναλυτική περιγραφή της μεθοδολογίας πάνω στην οποία βασίστηκε η στατιστική ανάλυση των στοιχείων της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Αρχικά παρατίθεται μια σύντομη περιγραφή των βασικών εννοιών των χρονοσειρών και των μοντέλων πρόβλεψης τους AR, MA και ARMA και στη συνέχεια πραγματοποιείται μια λεπτομερής ανάλυση της μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε για να περιγράψει την ύπαρξη σχέσης μεταξύ των μεταβλητών μας.

Το κεφάλαιο κλείνει με περιγραφή των δεδομένων που συλλέχθηκαν και επεξεργάστηκαν καθώς και το πρόγραμμα με το οποίο πραγματοποιήθηκε η οικονομετρική ανάλυση.

### 4.2 Βασικές Έννοιες – Χαρακτηριστικά των Χρονοσειρών

Η ανάλυση χρονοσειρών και η πρόβλεψη δεδομένων είναι ένα από τα πλέον χρήσιμα και διαδεδομένα εργαλεία προκειμένου να στηριχθεί η λήψη αποφάσεων από διοικητικά στελέχη, επιχειρήσεις, πολυεθνικές εταιρίες και κυβερνήσεις. Βασίζεται στην επεξεργασία διαθέσιμων δεδομένων και εξάγει την απαραίτητη πληροφορία προκειμένου να παρθούν οι κατά δύναμιν σωστές αποφάσεις.

Με τον όρο Χρονοσειρά (time series) εννοούμε μια σειρά από παρατηρήσεις που παίρνονται σε ορισμένες χρονικές στιγμές ή περιόδους που ισαπέχουν μεταξύ τους. Πιο συγκεκριμένα, η χρονοσειρά αποτελείται από ένα σύνολο παρατηρήσεων μιας μεταβλητής της οποίας οι τιμές αναφέρονται με βάση κάποια χρονική περίοδο π.χ. μέρα, εβδομάδα, μήνας, τρίμηνο κ.α. Μαθηματικά η χρονοσειρά ορίζεται από ένα δείγμα τιμών  $Y_1, Y_2, \dots, Y_t$  της μεταβλητής  $Y$  για κάθε χρονική στιγμή  $t$ . Επομένως, το  $Y$  είναι μία συνάρτηση του  $t$ , και αυτό συμβολίζεται ως  $Y=f(t)$  ενώ η γραφική παράσταση της εν λόγω συνάρτησης παρουσιάζει την εξέλιξη της μεταβλητής  $Y$  στο χρόνο.

#### 4.2.1 Στασιμότητα

Στην ανάλυση χρονοσειρών η στασιμότητα (stationarity) αποτελεί μια βασική προϋπόθεση. Με τον όρο στασιμότητα πρακτικά εννοούμε κάθε σταθερή διαδικασία που έχει ως χαρακτηριστικό ότι ο μέσος, η διασπορά και η αυτοσυσχέτιση δεν αλλάζουν κατά τη διάρκεια του χρόνου. Αυτή είναι μια υπόθεση που δύσκολα μπορεί να υιοθετηθεί σε πολλά πραγματικά προβλήματα, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υπόθεση εργασίας για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων.

Μία μη στάσιμη χρονοσειρά παρουσιάζει διακυμάνσεις των τιμών της με την πάροδο του χρόνου και μπορεί να αναλυθεί σε τέσσερις συνιστώσες, οι οποίες είναι η τάση, η κυκλική συνιστώσα, η εποχικότητα και τα κατάλοιπα. Πιο συγκεκριμένα:

Η **τάση** (Trend  $T_t$ ) αντιπροσωπεύει τη διαχρονική κατεύθυνση της χρονοσειράς, η οποία μπορεί να είναι είτε αυξητική είτε με τάση μείωσης. Επίσης, μπορεί να αποτελείται είτε από μία γραμμική διαδικασία είτε από μία μη-γραμμική διαδικασία.

Η **κυκλική διακύμανση** (Cycle  $C_t$ ) αντιπροσωπεύει και αυτή τη μακροχρόνια συμπεριφορά της χρονοσειράς και αποτελείται από κυματοειδείς διακυμάνσεις οι οποίες διαρκούν περισσότερο της μίας χρονικής περιόδου. Το εύρος και η διάρκεια των διακυμάνσεων αυτών δεν είναι σταθερή.

Η **εποχικότητα** (Seasonal effect) αντιπροσωπεύει τη βραχυχρόνια συμπεριφορά της χρονοσειράς και αποτελείται από περιοδικές ταλαντώσεις οι οποίες επαναλαμβάνονται με την ίδια περίοδο και σε επόμενα χρονικά διαστήματα. Οι τιμές της χρονοσειράς αλλάζουν συμπεριφορά σε διαστήματα μικρότερα του έτους π.χ. βδομάδα, μήνα.

Τα **κατάλοιπα** (Residuals  $E_t$ ) αντιπροσωπεύουν τις βραχυχρόνιες διακυμάνσεις των τιμών της χρονοσειράς και οφείλονται σε τυχαίους παράγοντες. Συχνά, τα κατάλοιπα περιέχουν χρήσιμες πληροφορίες για την υπό εξέταση χρονοσειρά.

#### Έλεγχος της στασιμότητας

Ένας πρώτος τρόπος για να ελέγξουμε τη στασιμότητα μίας χρονολογικής σειράς είναι η κατασκευή και η μελέτη της συνάρτησης αυτοσυσχέτισης και το αντίστοιχο κορρελόγραμμα ACF της χρονολογικής σειράς. Το γράφημα ACF είναι ουσιαστικά ένα διάγραμμα ράβδων των συντελεστών συσχετισμού μεταξύ μιας χρονοσειράς και των υστερήσεων της. Η αυτοσυσχέτιση μεταξύ δύο παρατηρήσεων της χρονολογικής σειράς  $Y_t$  που απέχουν μεταξύ τους  $s$  χρονικές περιόδους ορίζεται ως:

$$\rho_s = \frac{\text{cov}(Y_t, Y_{t-s})}{\sqrt{\text{Var}(Y_t) * \text{Var}(Y_{t-s})}}$$

Ενώ η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης του δείγματος είναι:

$$r_s = \frac{\sum_{t=s}^T (Y_t - \bar{Y})}{\sum_{t=s}^T (Y_t - \bar{Y})^2}$$

όπου  $\bar{Y}$  είναι η μέση τιμή της  $Y$ . Η σειρά χαρακτηρίζεται ως στάσιμη αν οι αυτοσυσχετίσεις φθίνουν γεωμετρικά και προσεγγίζουν το μηδέν καθώς οι χρονικές υστερήσεις προσεγγίζουν το άπειρο (S. Palachy, 2019). Εάν οι σειρές έχουν μηδέν ή αρνητική αυτοσυσχέτιση στην πρώτη υστέρηση lag 1, οι πρώτες διαφορές ήταν

αρκετές για να κάνουν τη σειρά στάσιμη και δεν χρειάζεται να προχωρήσουμε σε ανώτερη τάξη διαφορών.

Με παρόμοιο τρόπο δημιουργείται η γραφική παράσταση των μερικών αυτοσυσχετίσεων, PACF που είναι μια γραφική παράσταση των μερικών συντελεστών συσχέτισης μεταξύ της σειράς και των υστερήσεων της. Γενικά, η "μερική" συσχέτιση μεταξύ δύο μεταβλητών είναι η ποσότητα συσχετισμού μεταξύ τους η οποία δεν εξηγείται από τους αμοιβαίους συσχετισμούς τους με ένα συγκεκριμένο σύνολο άλλων μεταβλητών. Παραδείγματος χάριν, εάν "συνδέσουμε" μια μεταβλητή  $Y$  σε άλλες μεταβλητές  $X_1$ ,  $X_2$  και  $X_3$ , η μερική συσχέτιση μεταξύ  $Y$  και  $X_3$  είναι η ποσότητα συσχετισμού μεταξύ  $Y$  και  $X_3$  που δεν εξηγείται από τους κοινούς συσχετισμούς τους με  $X_1$  και  $X_2$ . Αυτή η μερική συσχέτιση μπορεί να υπολογιστεί ως η τετραγωνική ρίζα της μείωσης της διακύμανσης που επιτυγχάνεται προσθέτοντας το  $X_3$  στην παλινδρόμηση του  $Y$  με τις  $X_1$  και  $X_2$ . Μια μερική αυτοσυσχέτιση είναι το μέγεθος της συσχέτισης μεταξύ μίας μεταβλητής και μιας της υστέρησης, που δεν εξηγείται από συσχετισμούς σε όλες τις μικρότερες τάξεις υστέρησης.

Η αυτοσυσχέτιση μιας χρονικής σειράς  $Y$  στην 1<sup>η</sup> υστέρηση (lag-1) είναι ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ  $Y_t$  και  $Y_{t-1}$ , ο οποίος πιθανότατα είναι και ο συσχετισμός μεταξύ  $Y_{t-1}$  και  $Y_{t-2}$ . Αλλά εάν το  $Y_t$  συσχετίζεται με το  $Y_{t-1}$ , και το  $Y_{t-1}$  είναι εξίσου συσχετισμένο με το  $Y_{t-2}$ , τότε θα πρέπει επίσης να αναμένουμε να βρούμε συσχετισμό μεταξύ  $Y_t$  και  $Y_{t-2}$ . Στην πραγματικότητα, ο συντελεστής συσχέτισης που πρέπει να περιμένουμε στην υστέρηση 2 είναι το τετράγωνο της συσχέτισης του lag-1. Έτσι, ο συσχετισμός στην υστέρηση 1 "διαδίδεται" στην υστέρηση 2 και πιθανώς στις υστερήσεις υψηλότερης τάξης. Η μερική αυτοσυσχέτιση στο lag 2 είναι επομένως η διαφορά μεταξύ της πραγματικής συσχέτισης στο lag 2 και της αναμενόμενης συσχέτισης λόγω της διάδοσης της συσχέτισης στο lag 1.

Όσον αφορά πάλι την απόδειξη στασιμότητας μίας σειράς, μπορούμε να πραγματοποιήσουμε έλεγχο για μοναδιαία ρίζα με το τεστ Dickey-Fuller 11. Για αυτό το τεστ θεωρούμε το παρακάτω υπόδειγμα που, όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο είναι το AR(1) μοντέλο:

$$Y_t = a + \rho_1 Y_{t-1} + z_t$$

Και παίρνοντας πρώτες διαφορές:

$$Y_t - Y_{t-1} = a + \rho_1 Y_{t-1} + z_t - Y_{t-1}$$

το οποίο γίνεται:

$$Y_t - Y_{t-1} = a + (\rho_1 - 1)Y_{t-1} + z_t$$

Το κριτήριο των Dickey-Fuller βασίζεται στον ακόλουθο έλεγχο:

$$H_0: a = 1$$

$$H_1: a < 1$$

Η υπόθεση  $H_0$  γίνεται δεκτή αν ο δείκτης t-statistics του συντελεστή  $a$  που υπολογίζεται στο τεστ είναι μικρότερη από τον δείκτη t-statistics των Dickey-Fuller. Τότε συμπεραίνουμε ότι έχουμε μοναδιαία ρίζα και άρα η σειρά δεν είναι στάσιμη.

### 4.3 Στοχαστικά Υποδείγματα Χρονοσειρών

Υπάρχουν 4 βασικές κατηγορίες υποδειγμάτων χρονοσειρών:

1. Αυτοπαλίνδρομα Υποδείγματα ή Υποδείγματα AR (Autoregressive Models).
2. Υποδείγματα κινητών μέσων ή Υποδείγματα MA (Moving Average Models).
3. Μικτά Υποδείγματα ή Υποδείγματα ARMA (Autoregressive Moving Average Models).
4. Αυτοπαλίνδρομο Ολοκλήρωμένο Υπόδειγμα Κινητού Μέσου ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average).

Παρακάτω, περιγράφεται κάθε μια από τις παραπάνω κατηγορίες υποδειγμάτων χρονοσειρών.

#### 4.3.1 Αυτοπαλίνδρομο Υπόδειγμα τάξης (p), AR(p)

Στο αυτοπαλίνδρομο μοντέλο (AR), όπως ορίζει και το όνομα του η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής στο χρόνο εξαρτάται (ορίζεται) από προηγούμενες τιμές της. Είναι μια παλινδρόμηση που οι "ανεξάρτητες" μεταβλητές είναι η ίδια η εξαρτημένη αλλά σε προηγούμενες χρονικές στιγμές. Γενικά στα αυτοπαλίνδρομα μοντέλα η υπόθεση είναι ότι τα δεδομένα μιας χρονοσειράς «περιέχουν» την ιστορία της και χρησιμοποιώντας τις παλιότερες τιμές μπορούμε να προσδιορίσουμε τις μελλοντικές. Τα αυτοπαλίνδρομα μοντέλα στην γενική τους μορφή περιγράφονται από την εξίσωση:

$$Y_t = a_0 + a_1 Y_{t-1} + a_2 Y_{t-2} + \dots + a_p Y_{t-p} + e_t, \text{ όπου}$$

$Y_t$ : η τιμή της χρονοσειράς  $Y$  στο χρόνο  $t$ ,

$Y_{t-p}$ : η τιμή της χρονοσειράς  $Y$  στο χρόνο  $t-p$ ,

$a_0, a_1 \dots a_p$  : είναι συντελεστές,

$e_t$ : ο λευκός θόρυβος (σφάλμα που μπορεί να υπάρχει στα δεδομένα),

Η τιμή του  $p$  σε κάθε αυτοπαλίνδρομο μοντέλο ονομάζεται τάξη του μοντέλου και συμβολίζεται AR(1): Αυτοπαλίνδρομο 1ης τάξης, AR(2): Αυτοπαλίνδρομο 2ης τάξης, κλπ.

#### 4.3.2 Υπόδειγμα Κινητού Μέσου τάξης $q$ , MA( $q$ )

Η δεύτερη μεγάλη κατηγορία υποδειγμάτων χρονοσειρών είναι οι διαδικασίες κινητού μέσου (Moving Average processes). Μια χρονοσειρά  $Y$  λέγεται χρονοσειρά κινητού μέσου τάξης  $q$  (MA( $q$ )), όταν κάθε παρατήρηση  $Y_t$  εκφράζεται ως ένα σταθμισμένο άθροισμα μιας σταθεράς  $\mu$ , μιας χρονοσειράς λευκού θορύβου και  $p$  καθυστερημένων εκδοχών της χρονοσειράς λευκού θορύβου και ορίζεται από την σχέση:

$$Y_t = \mu + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_p \varepsilon_{t-p}, \text{ όπου}$$

$Y_t$ : η τιμή της χρονοσειράς  $Y$  στο χρόνο  $t$ ,

$\mu$ : ο μέσος όρος,

$\theta_0, \theta_1 \dots \theta_p$ : είναι συντελεστές,

$\varepsilon_t$ : ο λευκός θόρυβος,

Οι διαδικασίες κινητού μέσου είναι κατάλληλες για την ταυτοποίηση χρονοσειρών που οι τιμές τους έχουν ασθενέστερη αυτοσυσχέτιση καθώς τα υποδείγματα αυτής της μορφής έχουν πολύ κοντή μνήμη σε σχέση με τις αυτοπαλίνδρομες διαδικασίες. Οι διαδικασίες κινητού μέσου είναι πάντα στάσιμες καθώς αποτελούνται από όρους λευκού θορύβου που είναι πάντα στάσιμη διαδικασία.

Εάν η τάξη του μοντέλου κινητού μέσου όρου είναι  $q=1$ , τότε συμβολίζεται με MA(1) (ή ARIMA(0,0,1)) και δίνεται από την σχέση:

$$Y_t = \mu + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1}$$

Η παρατήρηση  $Y_t$  εξαρτάται από τον όρο του σφάλματος  $\varepsilon_t$  και το προηγούμενο σφάλμα  $\varepsilon_{t-1}$ , ενώ ο συντελεστής  $\theta_1$  παίρνει τιμές από  $-1$  μέχρι  $1$ . Γενικά χρησιμοποιούμε ένα MA( $q$ ) μοντέλο όταν οι συντελεστές μερικής αυτοσυσχέτισης φθίνουν εκθετικά στο μηδέν και συγχρόνως υπάρχουν  $q$  στατιστικά σημαντικοί συντελεστές αυτοσυσχέτισης.

#### 4.3.3 Μικτό Υπόδειγμα ARMA( $p,q$ )

Υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες μία στάσιμη χρονοσειρά δεν μπορεί να μοντελοποιηθεί αποκλειστικά ως AR ή MA χρονοσειρά, διότι τα δεδομένα της εμφανίζουν ιδιότητες και από τις δύο κατηγορίες. Κατά τον έλεγχο στασιμότητας των εν λόγω χρονοσειρών, τα δεδομένα τους παρουσιάζουν συναρτήσεις αυτοσυσχέτισης και μερικής αυτοσυσχέτισης οι οποίες φθίνουν με αργό ρυθμό και δεν φαίνεται να μηδενίζουν ξεκάθαρα σε κάποιο σημείο. Στις περιπτώσεις αυτές γίνεται η εφαρμογή

του συνδυασμού των αυτοπαλίνδρομων διαδικασιών AR(p) και των διαδικασιών κινητού μέσου MA(q), διαδικασία η οποία ονομάζεται μικτή ARMA (p,q) διαδικασία (AutoRegressive Moving-Average). Τα μοντέλα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο για στάσιμες χρονοσειρές αλλά μπορούν να επεκταθούν και σε μη στάσιμες χρονοσειρές, με τη χρήση της μεθόδου της διαφορίσης. Τότε ονομάζονται ολοκληρωμένα (integrated ή I) αυτοπαλινδρομικά μοντέλα κινητού μέσου όρου (autoregressive integrated moving average ή ARIMA models). Τα μη εποχιακά ARIMA μοντέλα είναι γνωστά σαν ARIMA(p, d, q) όπου:

AR : p = η τάξη του AR όρου,

I : d = η τάξη της διαφορίσης,

MA : q = η τάξη του MA όρου,

Το μοντέλο λευκού θορύβου ταξινομείται σαν ARIMA(0,0,0), ενώ το μοντέλο τυχαίου περιπάτου σαν ARIMA(0,1,0). Τα βασικά στοιχεία των AR και MA μοντέλων μπορούν να συνδυαστούν για την ανάπτυξη πλήθους μοντέλων.

Κάθε παρατήρηση  $y_t$  μιας ARMA(p,q) χρονοσειράς  $Y$  εκφράζεται ως εξής:

$$Y_t = a_0 + a_1 Y_{t-1} + \dots + a_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_p \varepsilon_{t-p}$$

Για τις παραμέτρους  $a, \varepsilon$  ισχύει ότι υπόκεινται στους περιορισμούς:  $-1 < a < \varepsilon < 1$

Με τη χρήση του ολίσθησης B το μοντέλο εκφράζεται ως εξής:

$$(1 - a_1 B - a_2 B^2 - \dots - a_p B^p) Y_t = a_0 + (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_p B^p) \varepsilon_t$$

ή

$$\Phi(B) Y_t = a_0 + \Theta(B) \varepsilon_t$$

όπου  $\Phi(B)$ ,  $\Theta(B)$  είναι πολυώνυμα χρονικών υστερήσεων p και q βαθμών αντίστοιχα.

Η στασιμότητα της διαδικασίας ARMA (p,q) ορίζεται από το αυτοπαλίνδρομο μέρος AR, οπότε η χρονοσειρά θεωρείται στάσιμη όταν το χαρακτηριστικό πολυώνυμο  $\Phi(B)$  έχει ρίζες εκτός του μοναδιαίου κύκλου. Αντίστοιχα, η αντιστρεψιμότητα της εν λόγω διαδικασίας ορίζεται από τον κινητό μέσο MA, οπότε η χρονοσειρά θεωρείται αντιστρέψιμη όταν το χαρακτηριστικό πολυώνυμο  $\Theta(B)$  παρουσιάζει ρίζες εκτός του μοναδιαίου κύκλου (S.L. Ho & M. Xie, 1998).

#### 4.3.4 Αυτοπαλίνδρομο Ολοκληρωμένο Υπόδειγμα Κινητού Μέσου ARIMA (p,d,q)

Τα μοντέλα τύπου ARMA που συμπεριλαμβάνουν τα AR και MA είναι κατάλληλα για στάσιμες χρονοσειρές. Όταν η χρονοσειρά δεν είναι στάσιμη μπορούμε να την κάνουμε στάσιμη και να εφαρμόσουμε τα μοντέλα τύπου ARMA. Η μη-στασιμότητα

οφείλεται σε περιοδικότητα ή τάση που μπορεί να προσδιοριστεί ως συνάρτηση του χρόνου, και γενικότερα μπορεί να απαλειφθεί.

Όταν η χρονοσειρά των μεταβολών του δείκτη  $\{X_t\}_{t=1}^N$  προσδιορίζεται από ένα μοντέλο ARMA(p,q) τότε η χρονοσειρά του δείκτη  $\{Y_t\}_{t=0}^N$  προσδιορίζεται από το ολοκληρωμένο αυτοπαλινδρομούμενο μοντέλο κινούμενου μέσου ή ολοκληρωμένο μικτό μοντέλο (autoregressive integrated moving average model, ARIMA). Το μοντέλο συμβολίζεται ARMA(p,1,q), όπου ο δείκτης 1 δηλώνει ότι οι πρώτες διαφορές της χρονοσειράς  $\{Y_t\}_{t=0}^N$ , δηλαδή η χρονοσειρά  $\{X_t\}_{t=1}^N$  προσδιορίζεται από το μοντέλο ARMA(p,q). Κατά αυτήν την έννοια τα ARIMA μοντέλα ορίζονται και για επανάληψη του μετασχηματισμού των πρώτων διαφορών d φορές μέχρι να πετύχουμε η παραγόμενη χρονοσειρά να είναι στάσιμη και το μοντέλο συμβολίζεται ARIMA(p,d,q).

Γενικά η χρήση των πρώτων διαφορών αποτελεί καλή πρακτική για την δημιουργία στάσιμων σειρών. Στα χρηματοοικονομικά όμως, πολλές φορές αντί για τις πρώτες διαφορές χρησιμοποιείτε η αριθμητική απόδοση,  $X_t = \frac{y_t - y_{t-1}}{y_t}$  καθώς οι πρώτες διαφορές σε χρονοσειρά τυχαίου περιπάτου δίνουν σαν αποτελέσματα, λευκό θόρυβο. Στη γενική περίπτωση όμως οι πρώτες διαφορές δίνουν μια στάσιμη χρονοσειρά  $\{X_t\}_{t=1}^N$  με συσχετίσεις που μπορούν να περιγραφούν από μοντέλα τύπου ARMA(p,q). Αν η  $\{X_t\}_{t=1}^N$  δεν είναι στάσιμη επαναλαμβάνουμε το μετασχηματισμό των πρώτων διαφορών στη  $\{X_t\}_{t=1}^N$  μέχρι να προκύψει στάσιμη χρονοσειρά.

Ο συνδυασμός μετασχηματισμού πρώτων διαφορών σε μια μη-στάσιμη χρονοσειρά  $\{Y_t\}_{t=0}^N$  και του μοντέλου ARMA(p,q) στη στάσιμη χρονοσειρά  $\{X_t\}_{t=1}^N$  είναι το μοντέλο ARIMA. Επιτρέποντας d επαναλήψεις των πρώτων διαφορών για να φτάσουμε σε στάσιμη χρονοσειρά και να προσαρμόσουμε κάποιο ARMA(p,q) μοντέλο, τα μοντέλα ARIMA συμβολίζονται ως ARIMA(p,d,q). Τα μοντέλα αυτά λέγονται και Box-Jenkins μοντέλα γιατί οι Box και Jenkins πρότειναν πρώτοι μια ολοκληρωμένη διαδικασία εκτίμησης γραμμικών μοντέλων τύπου ARMA σε μη-στάσιμες χρονοσειρές.

#### 4.4 Υπόδειγματα Αυτοπαλίνδρομων Διανυσμάτων

Τα διανυσματικά αυτοπαλίνδρομα υποδείγματα (Vector Autoregressive Models) αποτελούν οικονομετρικά υποδείγματα τα οποία χρησιμεύουν στην ανάλυση πολυμεταβλητών χρονοσειρών και στον προσδιορισμό των γραμμικών αλληλεξαρτήσεων μεταξύ αυτών. Έχουν αποδειχθεί πιο αποτελεσματικά στην πρόβλεψη συστημάτων αλληλοσχετιζόμενων μεταβλητών. Αποτελούν προέκταση των μονομεταβλητών αυτοπαλίνδρομων υποδειγμάτων (AR) επιτρέποντας παραπάνω από μια μεταβλητές. Ένα μονομεταβλητό αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα (AR) περιέχει μια μόνο μεταβλητή σε ένα γραμμικό μοντέλο, όπου η τρέχουσα τιμή αυτής ερμηνεύεται από τιμές που είχε η μεταβλητή αυτή κάποιες υστερήσεις πίσω.

Το VAR υπόδειγμα είναι ένα σύστημα  $n$  εξισώσεων, που περιέχει  $n$  ενδογενείς μεταβλητές, κάθε μεταβλητή της οποίας εξηγείται από τις δικές της υστερήσεις αλλά και από τις τρέχουσες και παρελθούσες τιμές των υπόλοιπων  $n-1$  μεταβλητών. Όλες οι μεταβλητές ενός VAR υποδείγματος χειρίζονται συμμετρικά, κάθε μεταβλητή έχει τη δικιά της εξίσωση η οποία περιγράφει την εξέλιξή της βασιζόμενη τόσο στις δικές της υστερήσεις όσο και στις υστερήσεις των υπολοίπων μεταβλητών. Αυτό που ελέγχεται είναι αν οι συντελεστές είναι στατιστικά σημαντικοί, γιατί αυτό δείχνει αλληλεπίδραση μεταξύ των μεταβλητών με υστερήσεις. Η μαθηματική παρουσίαση ενός Διανυσματικού Αυτοπαλίνδρομου Μοντέλου τάξης  $p$ , VAR( $p$ ) έχει ως εξής:

$$Y_t = a_1 Y_{t-1} + \dots + a_p Y_{t-p} + \beta I_t + \varepsilon_t, \text{ όπου}$$

$Y_t$ : είναι το διάνυσμα των ενδογενών μεταβλητών.

$I_t$ : είναι το διάνυσμα από εξωγενείς μεταβλητές.

$a_1, \dots, a_p, \beta$ : είναι οι μήτρες των συντελεστών που θα εκτιμηθούν.

$\varepsilon_t$ : είναι το διάνυσμα διαταρακτικών όρων (J. Mayr & D. Ulbricht, 2007).

Για την έγκυρη εκτίμηση ενός υποδείγματος VAR, θα πρέπει να ικανοποιείται και η υπόθεση της στασιμότητας. Για να επιτευχθεί η στασιμότητα των μεταβλητών είναι απαραίτητος ο μετασχηματισμός των δεδομένων, όπως η λήψη των πρώτων ή δεύτερων διαφορών, ή ο λογαριθμικός μετασχηματισμός. Διαφορετικά, θα μπορούσε στην εξειδίκευση του VAR συστήματος να συμπεριληφθεί και ένα διάνυσμα μη στοχαστικών μεταβλητών όπως η τάση ή ψευδομεταβλητές και να εκτιμηθεί το VAR σύστημα στις αρχικές τιμές μετασχηματισμένες ανάλογα (Lütkepohl, 2005).

Ένα άλλο σημαντικό ζήτημα που αφορά την εκτίμηση των VAR υποδειγμάτων είναι ο αριθμός των χρονικών υστερήσεων, δηλαδή η τάξη του VAR υποδείγματος. Στις περιπτώσεις που η τάξη του VAR υποδείγματος είναι μεγάλη, υπάρχει σοβαρό πρόβλημα στην ανάλυση του υποδείγματος. Συνήθως, η τάξη του VAR υποδείγματος είναι άγνωστη, οπότε αρχικά πρέπει να προσδιοριστεί.

Τα υποδείγματα VAR χρησιμοποιούνται μόνο για βραχυχρόνιες προβλέψεις και αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μεταβλητών που διέπουν το σύστημα. Σύμφωνα με τον Enders (1995), τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται συμπληρωματικά στην VAR (πέρα από τον έλεγχο αιτιότητας κατά Granger) για την ανάδειξη αυτών των αλληλεπιδράσεων και την διενέργεια προβλέψεων είναι η ανάλυση αιφνίδιων αντιδράσεων (Impulse Response Analysis) και η ανάλυση διάσπασης της διακύμανσης (Variance Decomposition Analysis).

Η ανάλυση των αιφνίδιων αντιδράσεων μελετά την εύρεση των στατιστικών σημαντικών σχέσεων αιτιότητας μεταξύ των μεταβλητών και ποιά από αυτές επηρεάζει τις μελλοντικές τιμές της άλλης χωρίς όμως να φανερώνει το πρόσημο της επίδρασης (θετικό ή αρνητικό) ή τη διάρκεια της. Πρακτικά, η ανάλυση των αιφνίδιων



αντιδράσεων μελετά πως θα επηρεαστεί ένα διάνυσμα  $Y_t$  από μια διαταραχή στο παρόν ή στο παρελθόν και στηρίζεται στη μετατροπή ενός διανυσματικού αυτοπαλίνδρομου υποδείγματος (VAR) σε διανυσματικό υπόδειγμα κινητού μέσου όρου (Vector Moving Average, VMA) (W. Enders, 1995).

Η μέθοδος της διάσπασης διακύμανσης εξετάζει τις αλληλεπιδράσεις των μεταβλητών ενός συστήματος VAR με ένα διαφορετικό τρόπο. Σύμφωνα με τον Βάμβουκα (2008), η ανάλυση της διάσπασης της διακύμανσης μας δίνει την δυνατότητα να εκτιμήσουμε την μελλοντική μεταβολή της κάθε ενδογενούς μεταβλητής λόγω της ταυτόχρονης μεταβολής των υπολοίπων ενδογενών μεταβλητών. Γενικότερα, σύμφωνα με τον Lütkerohli (2006), η μέθοδος της διάσπασης της διακύμανσης μπορεί να μας δείξει την ποσότητα της πληροφορίας, που κάθε μια από τις ενδογενείς μεταβλητές του συστήματος ξεχωριστά, συμβάλλει στις άλλες μεταβλητές του υποδείγματος. Έτσι, μας παρέχει πληροφορίες για τη σχετική σημασία της κάθε τυχαίας καινοτομίας στον επηρεασμό των ενδογενών μεταβλητών του υποδείγματος VAR. Η μέθοδος VD επισημαίνει το πόσο (σε ποσοστό) από την αλλαγή μιας μεταβλητής, οφείλεται από την διαταραχή (σοκ) της ίδιας και πόσο οφείλεται από τις διαταραχές στις άλλες μεταβλητές.

#### 4.5 Έλεγχος αιτιότητας κατά Granger

Ο καθορισμός της σχέσης αιτιότητας μεταξύ οικονομικών μεταβλητών εισήχθη από τον Granger (1969) και είναι γνωστή ως «αιτιότητα κατά Granger» (Granger Causality). Με βάση τον Granger, μια μεταβλητή  $X$  αιτιάζει μια άλλη  $Y$ , αν όλη η πρόσφατη και προηγούμενη πληροφόρηση γύρω από τις τιμές της μεταβλητής αυτής βοηθούν στην καλύτερη πρόβλεψη των τιμών της  $Y$ . Στο παραπάνω ορισμό, ο Granger περιορίζεται στις αμερόληπτες προβλέψεις των ελαχίστων τετραγώνων, χρησιμοποιώντας για την ακρίβεια των προβλέψεων την διακύμανση των σφαλμάτων πρόβλεψης μιας περιόδου στο μέλλον. Προκειμένου να δώσουμε μια εικόνα της αιτιότητας κατά Granger, θεωρούμε το διμεταβλητό υπόδειγμα VAR(p), που περιγράφει την διαχρονική δυναμική δύο χρονολογικών σειρών, έστω  $Y_t, X_t$ , της μορφής:

$$X_t = a + \sum_{i=1}^p \beta_i X_{t-i} + \sum_{i=1}^p \gamma_i Y_{t-i} + u_t \quad (1)$$

$$Y_t = a' + \sum_{i=1}^p b_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^p c_i X_{t-i} + v_t \quad (2)$$

$$i = 1, 2, \dots, p$$

Στο υπόδειγμα (1) οι τρέχουσες τιμές της μεταβλητής  $X_t$  είναι συνάρτηση των τιμών της, τις προηγούμενες χρονικές περιόδους καθώς και των προηγούμενων τιμών της μεταβλητής  $Y_t$  και στο υπόδειγμα (2), οι τιμές της μεταβλητής  $Y_t$  είναι συνάρτηση των προηγούμενων τιμών της καθώς και των προηγούμενων τιμών της μεταβλητής  $X_t$ .

Επίσης υποθέτουμε ότι τα κατάλοιπα είναι ασυσχέτιστα,  $\text{cov}(u_t, v_t) = 0$  και ότι οι χρονολογικές σειρές είναι στάσιμες. Η τελευταία υπόθεση της στασιμότητας των χρονολογικών σειρών  $Y_t, X_t$ , έχει ιδιαίτερη βαρύτητα, διότι εάν δεν ισχύει τίθεται το θέμα της πλασματικής παλινδρόμησης (Dufour & Renault, 1998).

Η σχέση αιτίου και αιτιατού βάσει των σχέσεων (1) και (2), μπορούν να διατυπωθούν ως εξής:

- Εάν οι συντελεστές  $c_i$ , του υποδείγματος (2) είναι στατιστικά σημαντικοί, (δηλαδή διάφοροι του μηδενός) και οι συντελεστές  $\gamma_i$ , του υποδείγματος (1), είναι μη στατιστικά σημαντικοί (δηλαδή είναι μηδενικοί), τότε υπάρχει μονόδρομη σχέση αιτιότητας κατά Granger από την  $X$  προς την  $Y$ , ( $X \rightarrow Y$ ).
- Εάν οι συντελεστές  $c_i$ , του υποδείγματος (2), είναι μη στατιστικά σημαντικοί (δηλαδή είναι μηδενικοί) και οι συντελεστές  $\gamma_i$ , του υποδείγματος 1, είναι στατιστικά σημαντικοί (διάφοροι του μηδενός), τότε υπάρχει μονόδρομη σχέση αιτιότητας κατά Granger από την  $Y$  προς την  $X$ , ( $Y \rightarrow X$ ).
- Εάν οι συντελεστές  $c_i, \gamma_i$ , είναι στατιστικά σημαντικοί και στις δύο εξισώσεις, (1) και (2), τότε υπάρχει αμφίδρομη σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών, δηλαδή έχουμε αιτιότητα κατά Granger και προς τις δύο κατευθύνσεις, ( $X \leftrightarrow Y$ ).
- Εάν οι συντελεστές  $c_i, \gamma_i$ , δεν είναι στατιστικά σημαντικοί και στις δύο εξισώσεις τότε δεν υπάρχει αιτιότητα κατά Granger, δηλαδή οι μεταβλητές  $Y_t, X_t$ , είναι ανεξάρτητες.

Ο έλεγχος υποθέσεων αιτιότητας είναι:

$H_0$ : η μεταβλητή  $X$ , δεν προκαλεί κατά Granger (δεν αιτιάζεται) της  $Y$ , (εάν  $c_i = 0$ )

$H_1$ : η μεταβλητή  $X$ , προκαλεί κατά Granger (αιτιάζεται) της  $Y$ , εάν ( $c_i \neq 0$ )

$H_0$ : η μεταβλητή  $Y$ , δεν προκαλεί κατά Granger, (δεν αιτιάζεται) της  $X$ , (εάν  $\gamma_i = 0$ )

$H_1$ : η μεταβλητή  $Y$ , προκαλεί κατά Granger (αιτιάζεται) της  $X$ , (εάν  $\gamma_i \neq 0$ )

## 4.6 Συλλογή Δεδομένων

Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής είναι η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ τιμής πετρελαίου, χρυσού και της αναλογίας S&P500/PPI για την περίοδο 01/1970-04/2020.

Η αναλογία S&P500/PPI αντιπροσωπεύει τον λόγο των μετοχών προς τα εμπορεύματα σε παγκόσμιο επίπεδο. Όταν ο λόγος αυξάνεται οι αποδόσεις των μετοχών είναι μεγαλύτερες από εκείνες των εμπορευμάτων ενώ όταν ο λόγος μειώνεται τα εμπορεύματα εμφανίζουν καλύτερες αποδόσεις από τις αντίστοιχες των μετοχών.

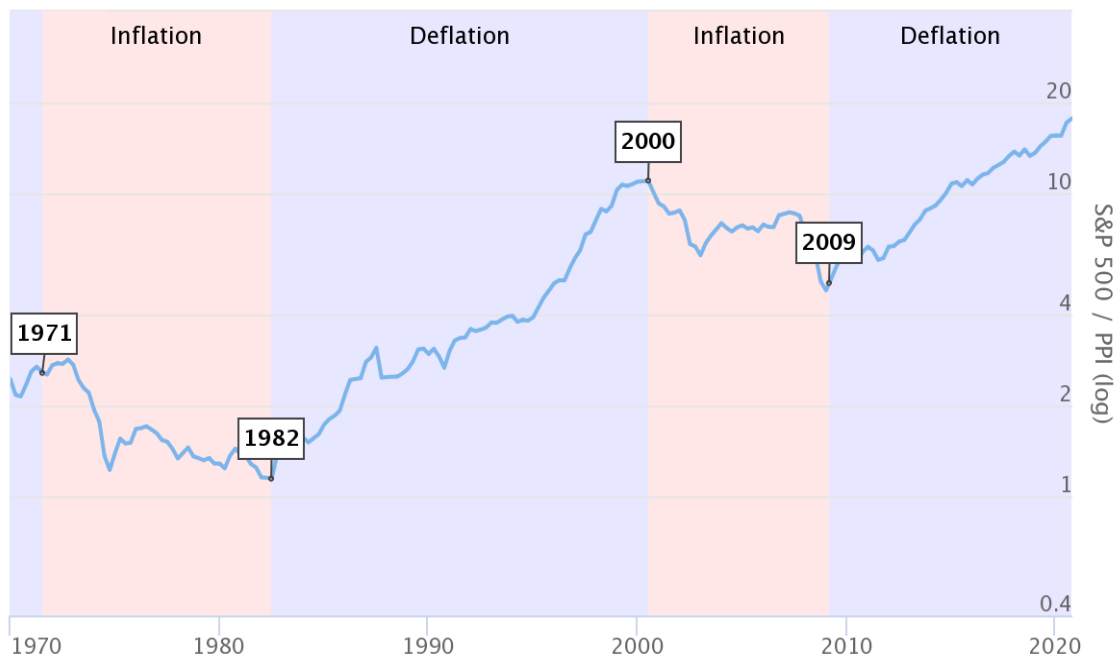
Για την επίτευξη του στόχου της διπλωματικής εργασίας απαιτήθηκε η συλλογή δεδομένων στα οποία περιλαμβάνονται οι πιο πρόσφατες διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με τις τιμές πετρελαίου και χρυσού, τον χρηματιστηριακό δείκτη S&P500 και

του δείκτη Producer Price Index. Η διαδικασία της συλλογής δεν ήταν εφικτή με τη χρήση μόνο μίας βάσης δεδομένων, συνεπώς αναζητήθηκαν περισσότερες από μία βάσεις διεθνών οργανισμών και ιστοσελίδων.

Το μεγαλύτερο μέρος των στοιχείων προήλθε έπειτα από αναζήτηση στη βάση δεδομένων FRED της Federal Reserve Bank of St. Louis. Στη βάση αυτής της υπηρεσίας είναι δυνατή η εύρεση διαφόρων οικονομικών και χρηματοπιστωτικών στοιχείων τα οποία καλύπτουν ένα μεγάλο χρονικό εύρος. Συγκεκριμένα, για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας αντλήθηκαν από τη βάση της Federal Reserve Bank of St. Louis χρονοσειρές που περιλαμβάνουν τις μηνιαίες τιμές του αργού πετρελαίου WTI για την περίοδο 01/1970-04/2020. Από την ίδια βάση δεδομένων αντλήθηκαν και οι χρονοσειρές με τις μηνιαίες τιμές της αναλόγιας S&P500/PPI. Για την συλλογή των χρονοσειρών με τις μηνιαίες τιμές του χρυσού χρησιμοποιήθηκε η βάση δεδομένων του Παγκόσμιου Συμβουλίου Χρυσού (World Gold Council) για την περίοδο 01/1970-04/2020.

Οι τιμές για το αργό πετρέλαιο παρέχονται σε δολάρια Ηνωμένων Πολιτειών ανά βαρέλι, ενώ οι τιμές για το χρυσό σε δολάρια Ηνωμένων Πολιτειών ανά ουγγιά. Θα πρέπει να τονιστεί ότι οι τιμές που χρησιμοποιήθηκαν είναι αποπληθωρισμένες για λόγους διαχρονικής συγκρισιμότητας. Για την στατιστική επεξεργασία των παραπάνω δεδομένων έγινε χρήση του οικονομετρικού λογισμικού STATA.

S&P 500 / Producer Price Index (log)



Διάγραμμα 4-1: Αναλογία S&P 500 προς δείκτη τιμών παραγωγού (PPI) (1970-2020).  
 Πηγή: longtermstrends.net

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### 5.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει την αναλυτική περιγραφή της μεθοδολογίας και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Μετά τη συλλογή και την επεξεργασία των στοιχείων στο πρόγραμμα Microsoft Excel, ακολούθησε η στατιστική ανάλυση στο οικονομετρικό πρόγραμμα STATA. Αρχικά εφαρμόστηκε ένα Αυτοπαλίνδρομο Μοντέλο Κινητού Μέσου όρου (ARIMA) για την διενέργεια προβλέψεων των μελλοντικών τιμών πετρελαίου και χρυσού μέσω της ανάλυσης χρονοσειρών. Η στατιστική ανάλυση συνεχίστηκε με την διενέργεια μιάς πολυμεταβλητής παλινδρόμησης (VAR) η οποία συνοδεύτηκε με έλεγχο αιτιότητας κατά Granger για να βρεθεί η φορά που διέπει τις μεταβλητές.

Τέλος στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται και περιγράφονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την στατιστική ανάλυση και επιχειρείται προσπάθεια εξήγησης τους με βάση τη λογική και στοιχεία από τη σχετική βιβλιογραφία.

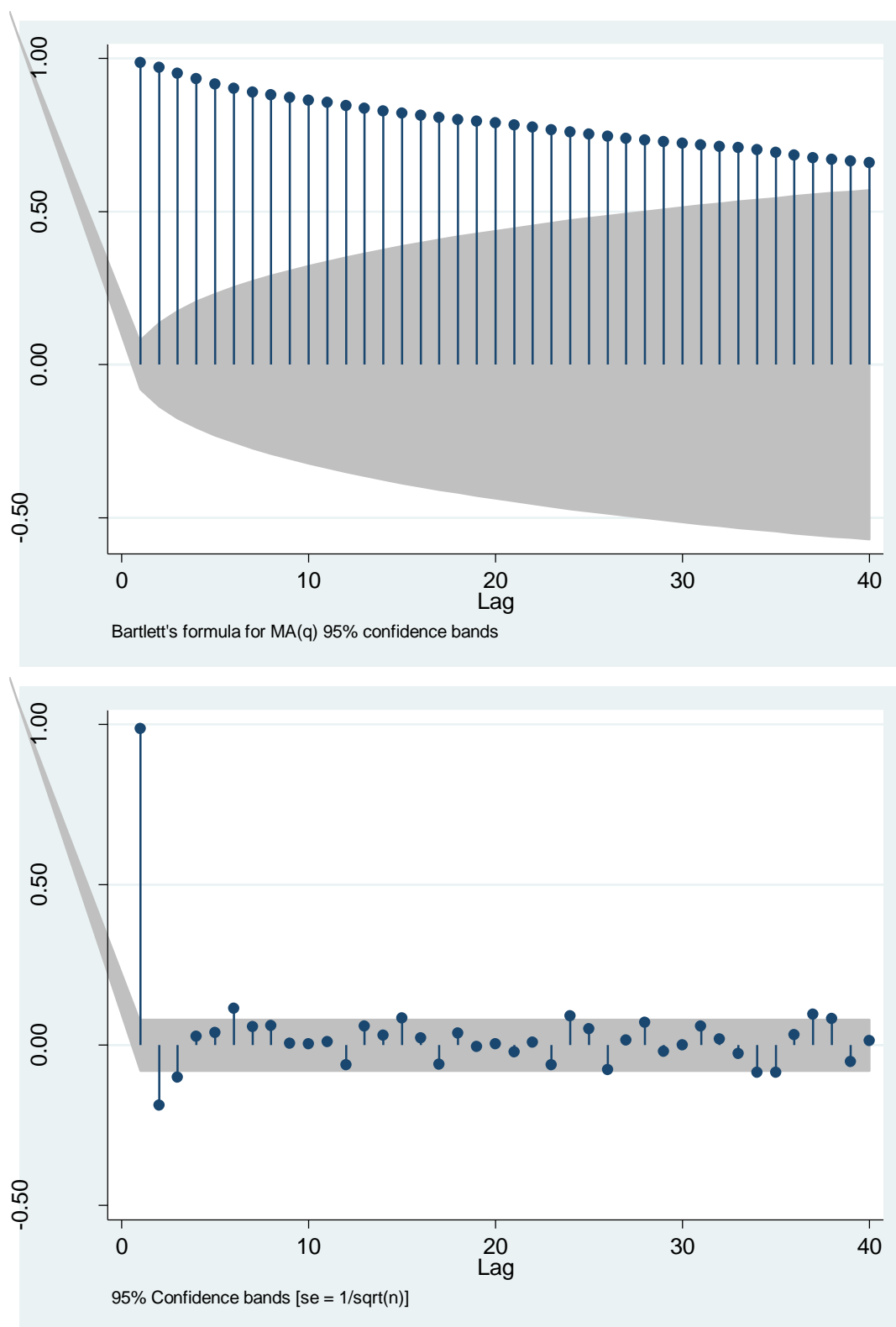
### 5.2 Πρόβλεψη με Χρήση Μοντέλων ARIMA(p,d,q)

Μετά τη συλλογή και την επεξεργασία των στοιχείων στο excel, ακολούθησε η στατιστική ανάλυση των στοιχείων. Σε πρώτο επίπεδο θα κάνουμε μία πρόβλεψη των μελλοντικών τιμών των χρονοσειρών αργού πετρελαίου και χρυσού. Παρακάτω ακολουθεί η ανάπτυξη ενός μοντέλου ARIMA ως προγνωστικό εργαλείο για τις τιμές των αποδόσεων των spot μηνιαίων τιμών του αργού πετρελαίου τύπου WTI και των τιμών του χρυσού με την τεχνική Box – Jenkins. Σύμφωνα με τη μεθοδολογία Box – Jenkins η ανάπτυξη του μοντέλου θα πραγματοποιηθεί ακολουθώντας τα εξής βήματα:

#### Μοντέλο ARIMA για Πετρέλαιο:

##### 1) Ταυτοποίηση (Identification)

Σε αυτό το βήμα θα προσδιοριστεί εάν η χρονοσειρά είναι στάσιμη ή μη, μέσω των γραφημάτων αυτοσυσχετίσεων (ACF) και μερικών αυτοσυσχετίσεων (PACF). Σε αυτό το σημείο θα γίνει προσπάθεια καθορισμού της τιμής  $p$ , δηλαδή η τάξη της αυτοπαλίνδρομης διαδικασίας AR και ο καθορισμός της τιμής  $q$ , δηλαδή η τάξη της διαδικασίας κινητού μέσου MA.



Εικόνα 5-1: Οι Γραφικές Παραστάσεις των ACF και PACF της χρονοσειράς Oil με lag 40.

Απο την γραφική παράσταση ACF βλέπουμε ότι αρκετές τιμές αυτοσυσχέτισης βρίσκονται πιο πάνω από τη γκρι γραμμή στατιστικής σημαντικότητας. Τα επίπεδα αυτοσυσχέτισης βαίνουν φθίνοντα με αργό ρυθμό το οποίο αποτελεί ένδειξη μη-στασιμότητας. Αντίστοιχα στην γραφική παράσταση PACF βλέπουμε ότι η πρώτη, η

δεύτερη, η Τρίτη υστέρηση βρίσκονται πιο πάνω από τη γραμμή στατιστικής σημαντικότητας, στοιχεία τα οποία αποτελούν ενδείξεις μη-στασιμότητας. Επίσης, η PACF βαίνει φθίνουσα άρα έχουμε ενδείξεις AR και MA στοιχείων.

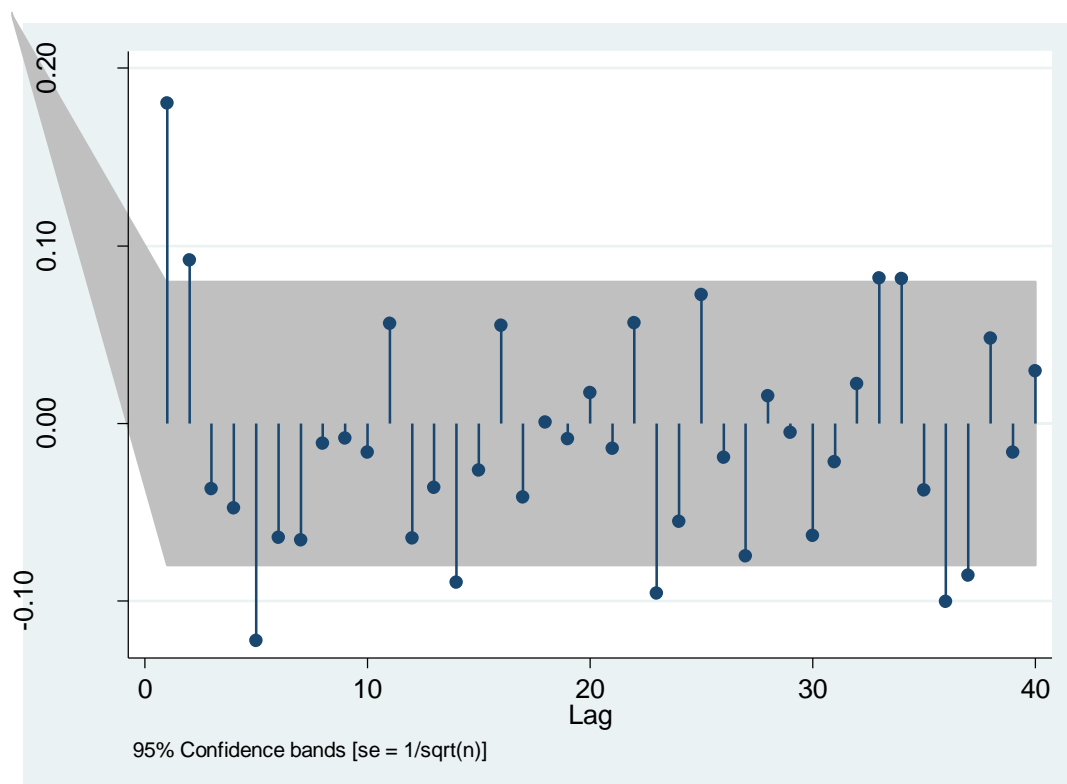
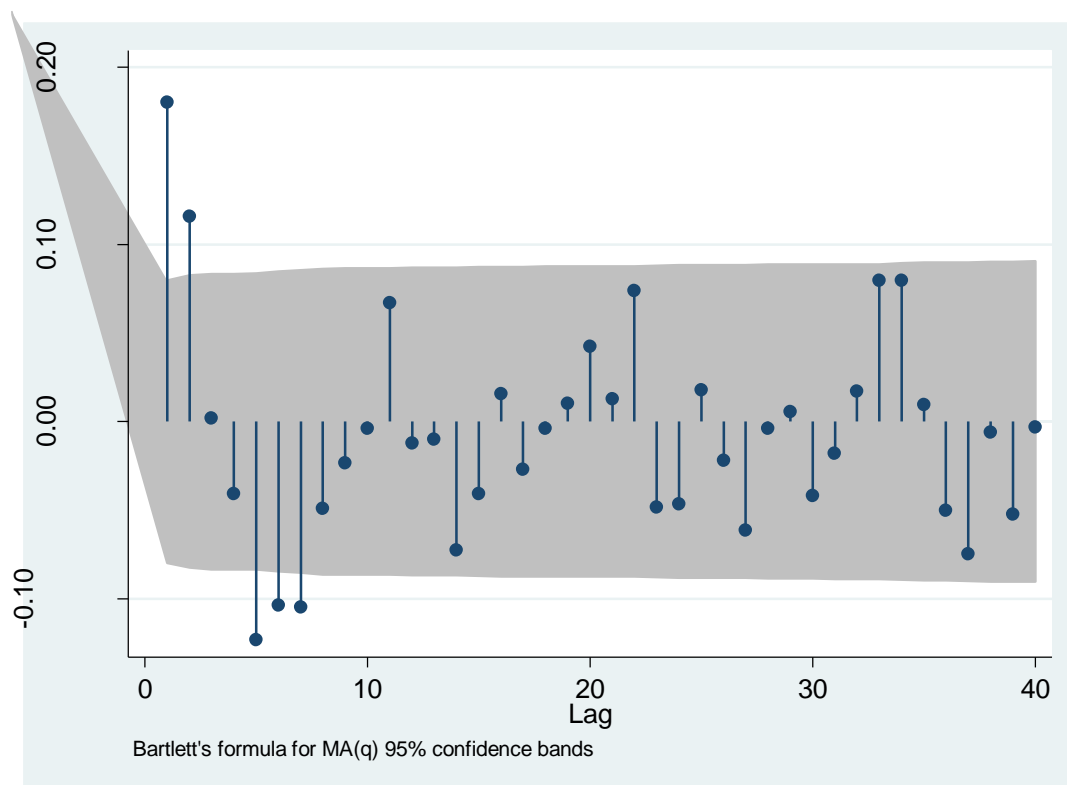
Η μη-στασιμότητα της χρονοσειράς αποτελεί σοβαρό πρόβλημα στην ανάλυση μας και συνεπώς για να πραγματοποιήσουμε την πρόβλεψη μας θα πρέπει να μετασχηματίσουμε την χρονοσειρά σε στάσιμη. Σε περίπτωση που η χρονοσειρά μας παρουσιάζει εποχική συμπεριφορά θα πρέπει το διάγραμμα ACF να έχει έντονες αυξομειώσεις. Στο παράδειγμα μας, το διάγραμμα ACF φθίνει με αργό ρυθμό πράγμα που σηματοδοτεί ότι η χρονοσειρά μας δεν έχει εποχικότητα.

LAG	AC	PAC	Q	Prob>Q	-1	0	1	-1	0	1
						[Autocorrelation]		[Partial Autocor]		
1	0.1802	0.1802	19.674	0.0000						
2	0.1158	0.0921	27.817	0.0000						
3	0.0019	-0.0369	27.819	0.0000						
4	-0.0409	-0.0476	28.839	0.0000						
5	-0.1234	-0.1225	38.13	0.0000						
6	-0.1038	-0.0644	44.718	0.0000						
7	-0.1047	-0.0659	51.429	0.0000						
8	-0.0490	-0.0111	52.903	0.0000						
9	-0.0233	-0.0084	53.237	0.0000						
10	-0.0040	-0.0162	53.246	0.0000						
11	0.0671	0.0561	56.023	0.0000						
12	-0.0124	-0.0645	56.118	0.0000						
13	-0.0100	-0.0361	56.18	0.0000						
14	-0.0728	-0.0894	59.461	0.0000						
15	-0.0407	-0.0264	60.487	0.0000						
16	0.0155	0.0550	60.636	0.0000						
17	-0.0269	-0.0415	61.087	0.0000						
18	-0.0038	0.0006	61.096	0.0000						
19	0.0103	-0.0087	61.161	0.0000						
20	0.0423	0.0173	62.282	0.0000						
21	0.0128	-0.0140	62.385	0.0000						
22	0.0740	0.0564	65.82	0.0000						
23	-0.0485	-0.0956	67.299	0.0000						
24	-0.0467	-0.0553	68.675	0.0000						
25	0.0177	0.0726	68.873	0.0000						
26	-0.0220	-0.0191	69.178	0.0000						
27	-0.0616	-0.0749	71.583	0.0000						
28	-0.0040	0.0154	71.593	0.0000						
29	0.0056	-0.0050	71.613	0.0000						

Εικόνα 5-2: Γραφική αναπαράσταση Αυτοσυσχετίσεων (ACF) και Μερικών Αυτοσυσχετίσεων (PACF) χρονοσειράς D.Oil.

Έχοντας πλέον μία χρονοσειρά ολοκληρωμένη πρώτης τάξεως (Integrated First Order) εξετάζουμε ξανά την ύπαρξη στασιμότητας ή μη. Παρατηρώντας την εικόνα βλέπουμε ότι οι συναρτήσεις των αυτοσυσχετίσεων (ACF) και οι συναρτήσεις των μερικών αυτοσυσχετίσεων (PACF) της χρονοσειράς εμφανίζουν μία πιο ξεκάθαρη συμπεριφορά αυτή τη φορά. Πιο αναλυτικά, η συνάρτηση των αυτοσυσχετίσεων (ACF) παρουσιάζει υψηλή τιμή για χρονική υστέρηση 1(lag 1) ενώ στη συνέχεια φθίνει απότομα και

πλησιάζει τιμές κοντά στο μηδέν. Αντίστοιχα, η συνάρτηση των μερικών αυτοσυσχετίσεων (PACF) παρουσιάζει υψηλή τιμή για χρονική υστέρηση 2 (lag 2), ενώ στη συνέχεια φθίνει με αργό ρυθμό.



Εικόνα 5-3: Οι νέες Γραφικές Παραστάσεις των ACF και PACF της χρονοσειράς D.Oil με lag 40.

Τα παραπάνω συμπεράσματα είναι ένδειξη στασιμότητας της χρονοσειράς. Παρ' όλα αυτά, προτού προχωρήσουμε στην ταυτοποίηση του μοντέλου θα πραγματοποιήσουμε κάποια τεστ για να επιβεβαιώσουμε το συμπέρασμα μας, δηλαδή ότι η χρονοσειρά είναι στάσιμη. Αρχικά, θα διεξάγουμε το Augmented Dickey-Fuller (ADF) test για να διαπιστώσουμε την ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας (unit root) ή μη.

Dickey-Fuller test for unit root Number of obs = 602

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller		
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value
Z(t)	-20.412	-2.860	-2.570

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0000

Εικόνα 5-4: Το Dickey-Fuller test της χρονοσειράς D.Oil

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα συμπεραίνουμε ότι η μηδενική υπόθεση  $H_0$  (ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας) απορρίπτεται σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, όποτε η χρονοσειρά μπορεί να χαρακτηριστεί ως στάσιμη. Πιο συγκεκριμένα, βλέπουμε ότι τιμή Test Statistic (-20,412) είναι μικρότερη της Critical Value (-2,860) σε επίπεδο σημαντικότητας 5% και σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η τιμή της p-value (0,0000) είναι μικρότερη του 0,05 στο ίδιο επίπεδο σημαντικότητας, απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση  $H_0$ , την ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας. Έτσι λοιπόν, το ADF test επιβεβαιώνει τη στασιμότητα της χρονοσειράς.

Εφόσον έχει επιτευχθεί και επιβεβαιωθεί η στασιμότητα των χρονοσειρών πρώτης τάξης μπορούμε να προχωρήσουμε στον καθορισμό των τιμών  $p$ ,  $d$ ,  $q$  ώστε να καθοριστεί το ARIMA μοντέλο μας. Αρχικά, ο καθορισμός του αριθμού  $d$ , των διαφορών που απαιτούνται για να μετατραπεί η χρονοσειρά σε στάσιμη, είναι εύκολος καθώς γνωρίζουμε ότι έχουμε μια χρονοσειρά ολοκληρωμένη πρώτης τάξεως άρα ο αριθμός αυτός είναι το 1. Στη συνέχεια, με τη βοήθεια της εικόνας 5-2 θα καθορίσουμε τον αριθμό  $p$ , ο οποίος αντιπροσωπεύει την τάξη της αυτοπαλίνδρομης διαδικασίας (AR), παρατηρώντας τις τιμές της συνάρτησης μερικής αυτοσυσχέτισης (PACF). Η συγκεκριμένη συνάρτηση παρουσιάζει μία ξεκάθαρα φθίνουσα πορεία οπότε καθορίζουμε την τιμή του  $p$  σε 1. Τέλος, θα καθορίσουμε το αριθμό  $q$ , ο οποίος αντιπροσωπεύει την τάξη της διαδικασίας κινητού μέσου (MA) παρατηρώντας τις τιμές της συνάρτησης αυτοσυσχέτισης (ACF). Η συνάρτηση αυτή παρουσιάζει υψηλή τιμή για χρονική υστέρηση 1 ενώ στη συνέχεια φθίνει απότομα και πλησιάζει τιμές κοντά στο μηδέν. Λαμβάνοντας υπόψιν ότι ο καθορισμός του  $q$  γίνεται στον αριθμό της χρονικής υστέρησης μετά την οποία η συνάρτηση ξεκινάει να φθίνει απότομα, στην περίπτωση μας ο αριθμός  $q$  ισούται με 2.



Για την χρονοσειρά πρώτης τάξεως/ $I=1$ :

Αριθμός	AR	I	MA	ARIMA
1	1	1	0	(1,1,0)
2	1	1	1	(1,1,1).
3	1	1	2	(1,1,2).
4	1	1	5	(1,1,5).

Επομένως όλα τα πιθανά μοντέλα ARIMA για τη χρονοσειρά μας είναι:

Αριθμός	ARIMA
1	(1,1,0)
2	(1,1,1).
3	(1,1,2).
4	(1,1,5).

Παρακάτω παρουσιάζονται οι στατιστικές αναλύσεις των δύο υποδείγματων (1,1,1) και (1,1,2) ενώ παρακάτω θα φτιάξουμε ένα συγκεντρωτικό πίνακα με όλες τις απαραίτητες παραμέτρους προκειμένου να επιλέξουμε το κατάλληλο μοντέλο που θα προσεγγίζει ικανοποιητικά τα δεδομένα μας.

## Κεφάλαιο 5: Στατιστική Ανάλυση και Αποτελέσματα

ARIMA regression

```

Sample: 1970m4 - 2020m5           Number of obs   =       603
                                   Wald chi2(2)      =       119.46
Log likelihood = -1707.859         Prob > chi2     =       0.0000
    
```

D.Oil	OPG				
	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
Oil					
_cons	.0215443	.2394254	0.09	0.928	-.4477208 .4908095
ARMA					
ar					
L1.	.4327034	.1295177	3.34	0.001	.1788534 .6865533
ma					
L1.	-.2558359	.1458483	-1.75	0.079	-.5416934 .0300216
/sigma	4.109424	.057273	71.75	0.000	3.997171 4.221677

. estat ic

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC
.	603	.	-1707.859	4	3423.717	3441.325

ARIMA regression

```

Sample: 1970m4 - 2020m5           Number of obs   =       603
                                   Wald chi2(3)      =       95.13
Log likelihood = -1706.478         Prob > chi2     =       0.0000
    
```

D.Oil	OPG				
	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
Oil					
_cons	.0208105	.2411433	0.09	0.931	-.4518216 .4934426
ARMA					
ar					
L1.	.1836476	.1795382	1.02	0.306	-.1682409 .535536
ma					
L1.	-.0187938	.1888897	-0.10	0.921	-.3890109 .3514233
L2.	.0977171	.0386889	2.53	0.012	.0218883 .1735459
/sigma	4.100041	.0594161	69.01	0.000	3.983587 4.216494

. estat ic

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC
.	603	.	-1706.478	5	3422.957	3444.966

Εικόνα 5-5: Τα υποδείγματα ARIMA (1,1,1) και (1,1,2).

	(1,1,0)	(1,1,1)	(1,1,2)	(1,1,5)
Cons				
Log Likelihood	-1709.25	-1707.85	1706.478	-1699.375
L1.ar	.024*	.432*	.179*	.762*
L1.ma		-.255	-0.188	-.6171*
L2.ma			.0386	-.0068
L3.ma				-0.802*
L4.ma				-0.236
L5.ma				-.102*
L6.ma				
L7.ma				
AIC	324.502	3423.717	3422.957	3414.75
BIC	3437.708	3441.325	3444.966	3449.96

Πίνακας 5-1: Συγκεντρωτικός Πίνακας Υποδειγμάτων ARIMA.

Για την επιλογή του κατάλληλου μοντέλου ARIMA οι παράμετροι που θα συγκρίνουμε είναι τα στοιχεία *AR* και *MA*, οι δείκτες AIC/BIC, τον δείκτη λογαριθμικής πιθανοφάνειας (Log Likelihood) και το επίπεδο σημαντικότητας. Το επίπεδο σημαντικότητας των συντελεστών συμβολίζεται με "\*"

Για την επίλογη του κατάλληλου υποδείγματος, θα πρέπει οι τιμές των συντελεστών *AR* και *MA* να είναι λίγο μικρότερες του 1. Στον παρακάτω πίνακα, σε όλα τα πιθανά υποδείγματα ARIMA, συντέλεστες *AR* και *MA* είτε πέρνουν τιμές κοντά στο μηδέν (δείκτης μη-στασιμότητας) είτε είναι εκτός επιπέδου σημαντικότητας. Ωστόσο στην περίπτωση του (1,1,0) η πλειοψηφία των συντελεστών *AR* και *MA* είναι μικρότερη του 1 και στατιστικά σημαντική στο 5%.

Δεύτερον, για την ορθή εκτίμηση του κατάλληλου μοντέλου ARIMA θα κάνουμε χρήση τόσο των δεικτών AIC/BIC όσο και του δείκτη Log Likelihood. Οι χαμηλότερες τιμές των δεικτών αυτών υποδεικνύουν μια καλύτερη εφαρμογή και έτσι το μοντέλο με το χαμηλότερο AIC/BIC και Log Likelihood είναι εκείνο με την καλύτερη προσαρμογή των δεδομένων. Συγκρίνοντας όλα τα παράπανω, χαμηλότερες τιμές πέρνει το υπόδειγμα (1,1,0) το οποίο και κρίνεται κατάλληλο για την μετέπειτα πρόβλεψη.

## Κεφάλαιο 5: Στατιστική Ανάλυση και Αποτελέσματα

ARIMA regression

```

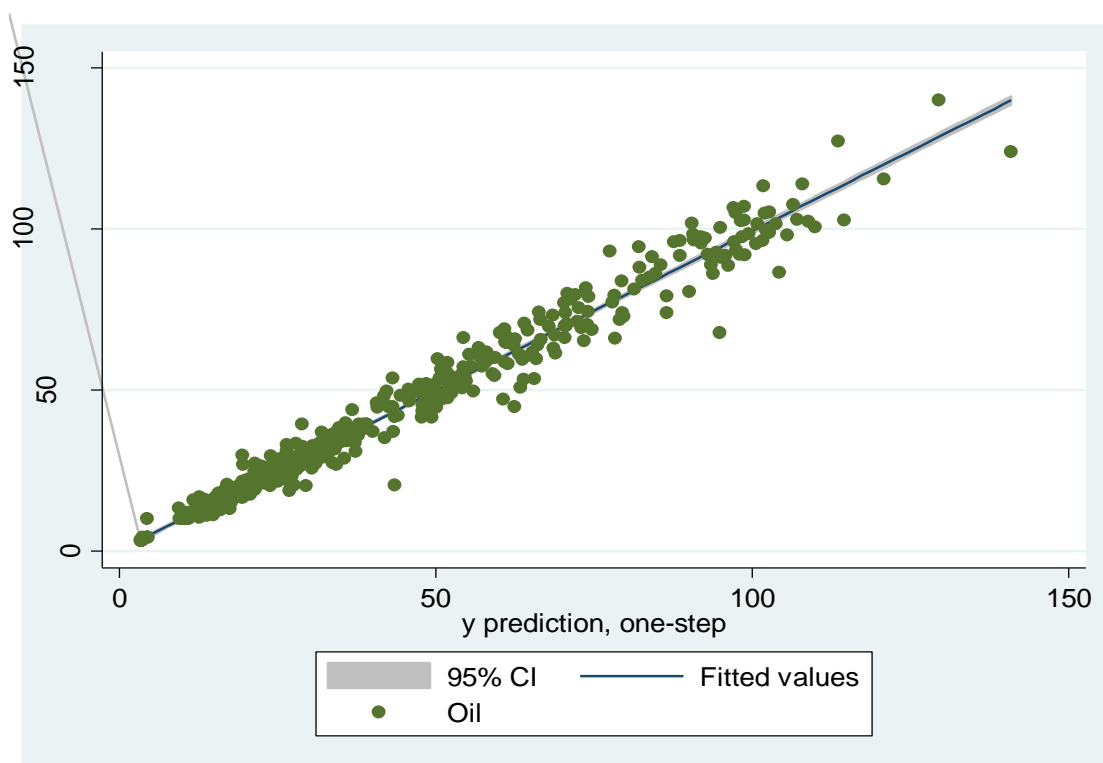
Sample: 1970m2 - 2020m4      Number of obs   =      603
                               Wald chi2(1)         =      65.25
Log likelihood = -1709.251   Prob > chi2      =      0.0000
    
```

D.CrudeOil	OPG		z	P> z	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
CrudeOil _cons	.0247755	.2217133	0.11	0.911	-.4097747	.4593257
ARMA ar L1.	.1799504	.0222773	8.08	0.000	.1362878	.2236131
/sigma	4.119088	.0557777	73.85	0.000	4.009766	4.228411

Note: The test of the variance against zero is one sided, and the two-sided cor  
. estat ic

Model	Obs	ll (null)	ll (model)	df	AIC	BIC
.	603	.	-1709.251	3	3424.502	3437.708

Εικόνα 5-6: Το υπόδειγμα ARIMA (1,1,0).



Διάγραμμα 5-1: Διάγραμμα Διασποράς Πρόβλεψης Τιμών Πετρελαίου.

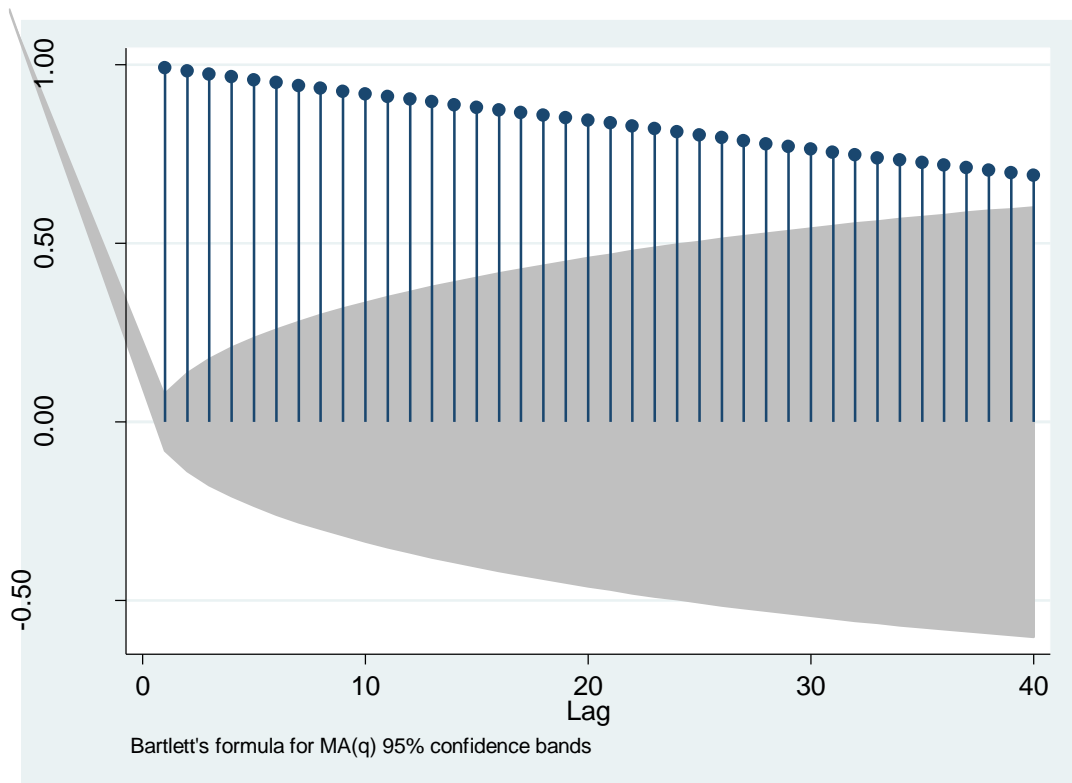
Περίοδος Πρόβλεψης	Τιμή Πετρελαίου (\$ ανά βαρέλι)
05/2020	18.56
06/2020	18.53
07/2020	18.55
08/2020	18.57
09/2010	18.59
10/2020	18.62
11/2020	18.64
12/2021	18.67
01/2021	18.69
02/2021	18.72
03/2021	18.74
04/2021	18.77

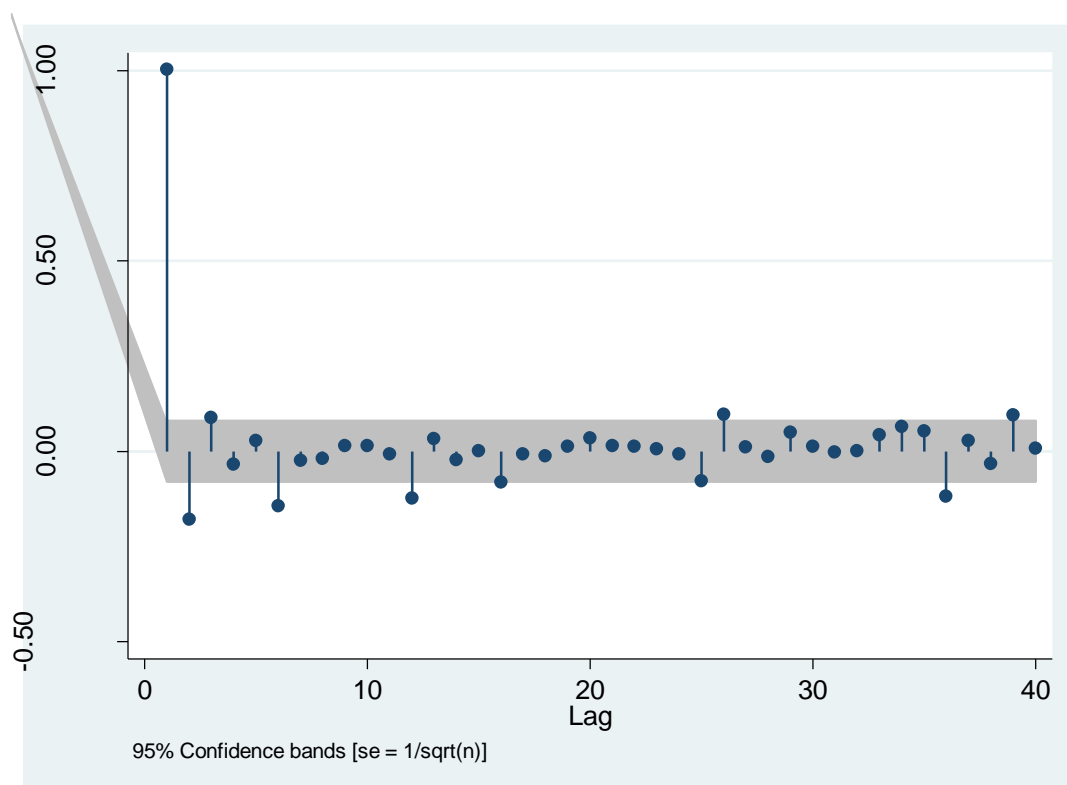
Πίνακας 5-2: 12μηνιαία πρόβλεψη των τιμών του πετρελαίου.

Μοντέλο ARIMA για Χρυσό:

l) Ταυτοποίηση (Identification)

Σε αυτό το βήμα θα προσδιοριστεί εάν η χρονοσειρά είναι στάσιμη ή μη, μέσω των γραφημάτων αυτοσυσχετίσεων (ACF) και μερικών αυτοσυσχετίσεων (PACF). Σε αυτό το σημείο θα γίνει προσπάθεια καθορισμού της τιμής  $p$ , δηλαδή η τάξη της αυτοπαλίνδρομης διαδικασίας AR και ο καθορισμός της τιμής  $q$ , δηλαδή η τάξη της διαδικασίας κινητού μέσου MA.





Εικόνα 5-7: Οι Γραφικές Παραστάσεις των ACF και PACF της χρονοσειράς Gold με lag 40.

Απο την γραφική παράσταση ACF βλέπουμε ότι αρκετές τιμές αυτοσυσχέτισης βρίσκονται πιο πάνω από τη γκρι γραμμή στατιστικής σημαντικότητας. Τα επίπεδα αυτοσυσχέτισης βαίνουν φθίνοντα με αργό ρυθμό το οποίο αποτελεί ένδειξη μη-στασιμότητας.

Η μη-στασιμότητα της χρονοσειράς αποτελεί σοβαρό πρόβλημα στην ανάλυση μας και συνεπώς για να πραγματοποιήσουμε την πρόβλεψη μας θα πρέπει να μετασχηματίσουμε την χρονοσειρά σε στάσιμη. Απο την μελέτη του διαγράμματος ACF για το χρυσό προκύπτει ότι και εδώ η χρονοσειρά μας δεν παρουσιάζει εποχικότητα καθώς δεν παρουσιάζει έντονες αυξομειώσεις αλλά αντιθέτως φθίνει με αργό ρυθμό.

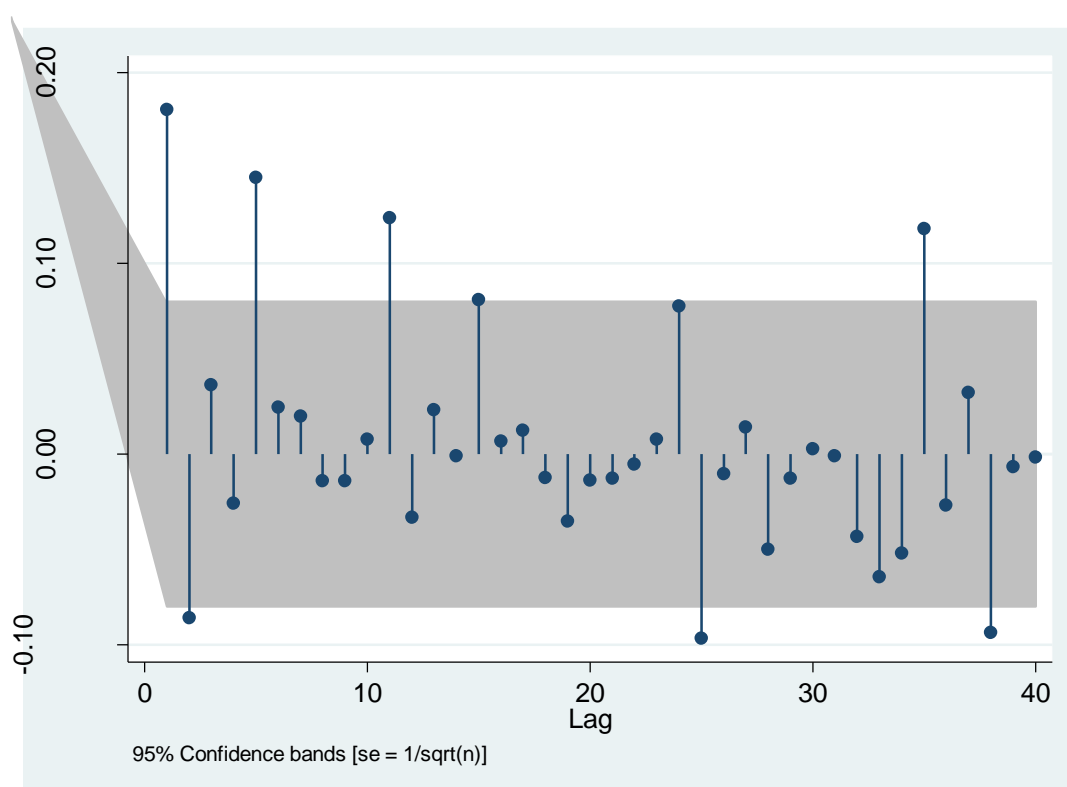
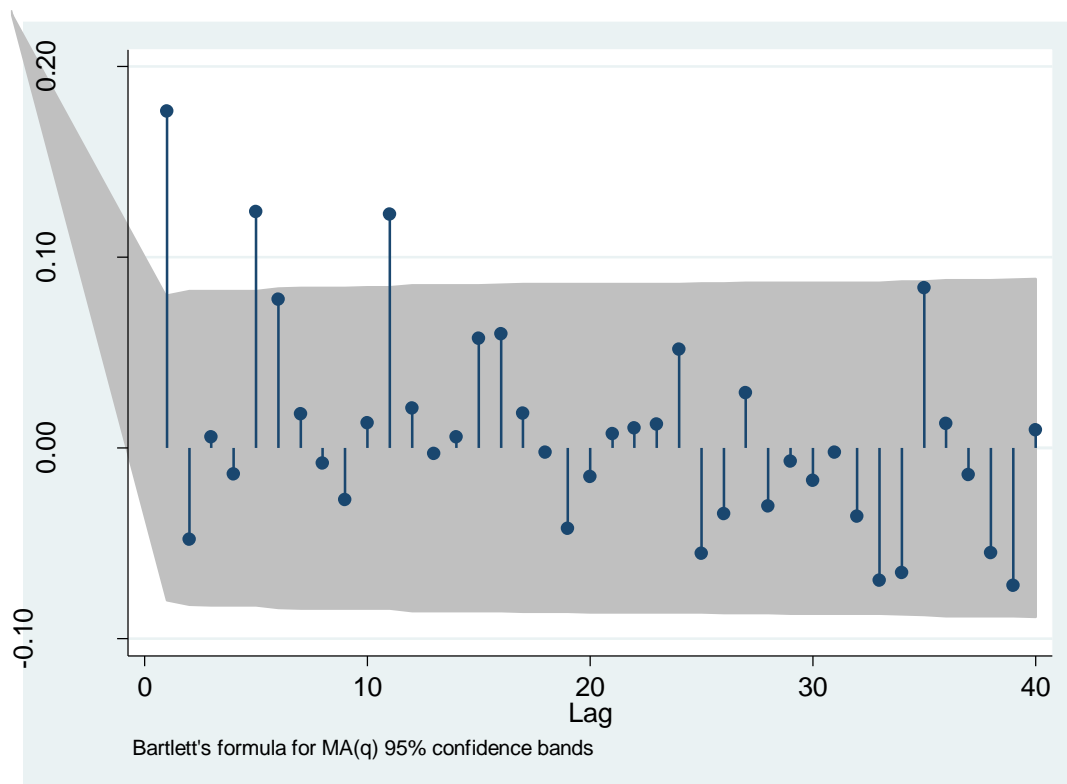
## Κεφάλαιο 5: Στατιστική Ανάλυση και Αποτελέσματα

LAG	AC	PAC	Q	Prob>Q	-1	0	1	-1	0	1
					[Autocorrelation]			[Partial Autocor]		
1	0.1767	0.1807	18.916	0.0000						
2	-0.0480	-0.0857	20.314	0.0000						
3	0.0059	0.0364	20.336	0.0001						
4	-0.0138	-0.0256	20.451	0.0004						
5	0.1240	0.1450	29.827	0.0000						
6	0.0780	0.0246	33.542	0.0000						
7	0.0178	0.0200	33.735	0.0000						
8	-0.0078	-0.0139	33.772	0.0000						
9	-0.0272	-0.0141	34.226	0.0001						
10	0.0130	0.0078	34.331	0.0002						
11	0.1226	0.1238	43.594	0.0000						
12	0.0207	-0.0330	43.86	0.0000						
13	-0.0031	0.0232	43.866	0.0000						
14	0.0058	-0.0009	43.887	0.0001						
15	0.0574	0.0809	45.929	0.0001						
16	0.0597	0.0067	48.145	0.0000						
17	0.0182	0.0124	48.351	0.0001						
18	-0.0022	-0.0123	48.354	0.0001						
19	-0.0423	-0.0352	49.471	0.0002						
20	-0.0149	-0.0137	49.609	0.0003						
21	0.0075	-0.0125	49.645	0.0004						
22	0.0104	-0.0053	49.713	0.0006						
23	0.0127	0.0077	49.814	0.0010						
24	0.0517	0.0775	51.501	0.0009						
25	-0.0553	-0.0966	53.428	0.0008						
26	-0.0344	-0.0104	54.176	0.0010						
27	0.0291	0.0142	54.711	0.0012						
28	-0.0303	-0.0498	55.294	0.0016						
29	-0.0068	-0.0127	55.323	0.0023						

Εικόνα 5-8: Κορρελόγραμμα της μεταβλητής D.Gold.

Έχοντας πλέον μία χρονοσειρά ολοκληρωμένη πρώτης τάξεως (Integrated First Order) εξετάζουμε ξανά την ύπαρξη στασιμότητας ή μη. Παρατηρώντας την εικόνα βλέπουμε ότι οι συναρτήσεις των αυτοσυσχετίσεων (ACF) και οι συναρτήσεις των μερικών αυτοσυσχετίσεων (PACF) της χρονοσειράς εμφανίζουν μία πιο ξεκάθαρη συμπεριφορά αυτή τη φορά. Πιο αναλυτικά, η συνάρτηση των αυτοσυσχετίσεων (ACF) παρουσιάζει υψηλή τιμή για χρονική υστέρηση 1 (lag 1) ενώ στη συνέχεια φθίνει απότομα και πλησιάζει τιμές κοντά στο μηδέν. Αντίστοιχα, η συνάρτηση των μερικών αυτοσυσχετίσεων (PACF) παρουσιάζει υψηλή τιμή για χρονική υστέρηση 2 (lag 2), ενώ στη συνέχεια φθίνει με αργό ρυθμό.





Εικόνα 5-9: Οι νέες Γραφικές Παραστάσεις των ACF και PACF της χρονοσειράς D.Gold με lag 40.

Τα παραπάνω συμπεράσματα είναι ένδειξη στασιμότητας της χρονοσειράς. Παρ' όλα αυτά, προτού προχωρήσουμε στην ταυτοποίηση του μοντέλου θα πραγματοποιήσουμε κάποια τεστ για να επιβεβαιώσουμε το συμπέρασμα μας, δηλαδή

ότι η χρονοσειρά είναι στάσιμη. Αρχικά, θα διεξάγουμε το Augmented Dickey-Fuller (ADF) test για να διαπιστώσουμε την ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας (unit root) ή μη.

Dickey-Fuller test for unit root    Number of obs        =                602

	Interpolated Dickey-Fuller			
Test Statistic	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value	
Z (t)	-20.169	-3.430	-2.860	-2.570

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0000

Εικόνα 5-10: Το Dickey-Fuller test της χρονοσειράς D.Gold

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα συμπεραίνουμε ότι η μηδενική υπόθεση  $H_0$  (ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας) απορρίπτεται σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, όποτε η χρονοσειρά μπορεί να χαρακτηριστεί ως στάσιμη. Πιο συγκεκριμένα, βλέπουμε ότι τιμή Test Statistic (-20,169) είναι μικρότερη της Critical Value (-2,860) σε επίπεδο σημαντικότητας 5% και σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η τιμή της p-value (0,0000) είναι μικρότερη του 0,05 στο ίδιο επίπεδο σημαντικότητας, απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση  $H_0$ , την ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας. Έτσι λοιπόν, το ADF test επιβεβαιώνει τη στασιμότητα της χρονοσειράς.

Εφόσον έχει επιτευχθεί και επιβεβαιωθεί η στασιμότητα των χρονοσειρών πρώτης τάξης μπορούμε να προχωρήσουμε στον καθορισμό των τιμών  $p$ ,  $d$ ,  $q$  ώστε να καθοριστεί το ARIMA μοντέλο μας. Αρχικά, ο καθορισμός του αριθμού  $d$ , των διαφορών που απαιτούνται για να μετατραπεί η χρονοσειρά σε στάσιμη, είναι εύκολος καθώς γνωρίζουμε ότι έχουμε μια χρονοσειρά ολοκληρωμένη πρώτης τάξεως άρα ο αριθμός αυτός είναι το 1. Στη συνέχεια, με τη βοήθεια απο τις εικόνες 5-9 θα καθορίσουμε τον αριθμό  $p$ , ο οποίος αντιπροσωπεύει την τάξη της αυτοπαλίνδρομης διαδικασίας (AR), παρατηρώντας τις τιμές της συνάρτησης μερικής αυτοσυσχέτισης (PACF). Η συγκεκριμένη συνάρτηση παρουσιάζει μία ξεκάθαρα φθίνουσα πορεία οπότε καθορίζουμε την τιμή του  $p$  σε 1, 2 ή 5. Τέλος, θα καθορίσουμε το αριθμό  $q$ , ο οποίος αντιπροσωπεύει την τάξη της διαδικασίας κινητού μέσου (MA) παρατηρώντας τις τιμές της συνάρτησης αυτοσυσχέτισης (ACF). Η συνάρτηση αυτή παρουσιάζει υψηλή τιμή για τις χρονικές υστερήσεις 1 και 5 ενώ στη συνέχεια φθίνει απότομα και πλησιάζει τιμές κοντά στο μηδέν.

Για την χρονοσειρά πρώτης τάξεως/ $I=1$ :

Αριθμός	AR	I	MA	ARIMA
1	1	1	1	(1,1,1).
2	1	1	5	(1,1,5).
3	2	1	1	(2,1,1).
4	2	1	5	(2,1,5).
5	5	1	1	(5,1,1).
6	5	1	5	(5,1,5).

Επομένως όλα τα πιθανά μοντέλα ARIMA για τη χρονοσειρά μας είναι:

Αριθμός	ARIMA
1	(1,1,1).
2	(1,1,5).
3	(2,1,1).
4	(2,1,5).
5	(5,1,1).
5	(5,1,5).

Καθώς στο βήμα αυτό παρήχθησαν πέντε διαφορετικά μοντέλα στατιστικής ανάλυσης προκειμένου να βρεθεί το καταλληλότερο υπόδειγμα, επιλέγεται να παρουσιαστούν μόνο τα δύο πρώτα (1,1,1) και (1,1,5):

## Κεφάλαιο 5: Στατιστική Ανάλυση και Αποτελέσματα

ARIMA regression

```
Sample: 1970m4 - 2020m5           Number of obs   =       603
                                Wald chi2(2)       =       336.36
Log likelihood = -2889.825         Prob > chi2     =       0.0000
```

D.Gold	Coef.	OPG Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
Gold						
_cons	2.816331	1.388588	2.03	0.043	.0947486	5.537914
ARMA						
ar						
L1.	-.563082	.0739457	-7.61	0.000	-.708013	-.418151
ma						
L1.	.7477956	.0600627	12.45	0.000	.6300748	.8655164
/sigma	29.17676	.3802745	76.73	0.000	28.43143	29.92208

. estat ic

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC
.	603	.	-2889.825	4	5787.651	5805.258

ARIMA regression

```
Sample: 1970m4 - 2020m5           Number of obs   =       603
                                Wald chi2(6)       =       90.81
Log likelihood = -2885.446         Prob > chi2     =       0.0000
```

D.Gold	Coef.	OPG Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
Gold						
_cons	2.875213	1.749521	1.64	0.100	-.5537846	6.30421
ARMA						
ar						
L1.	.349884	.2263138	1.55	0.122	-.0936829	.793451
ma						
L1.	-.146535	.223741	-0.65	0.513	-.5850594	.2919893
L2.	-.1341508	.0508613	-2.64	0.008	-.2338371	-.0344644
L3.	.0516272	.0317126	1.63	0.104	-.0105284	.1137827
L4.	-.0428945	.0277169	-1.55	0.122	-.0972187	.0114297
L5.	.1338495	.0303536	4.41	0.000	.0743575	.1933414
/sigma	28.96365	.3919331	73.90	0.000	28.19547	29.73182

. estat ic

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC
.	603	.	-2885.446	8	5786.891	5822.107

Εικόνα 5-11: Τα υποδείγματα ARIMA (1,1,1) και (1,1,5).

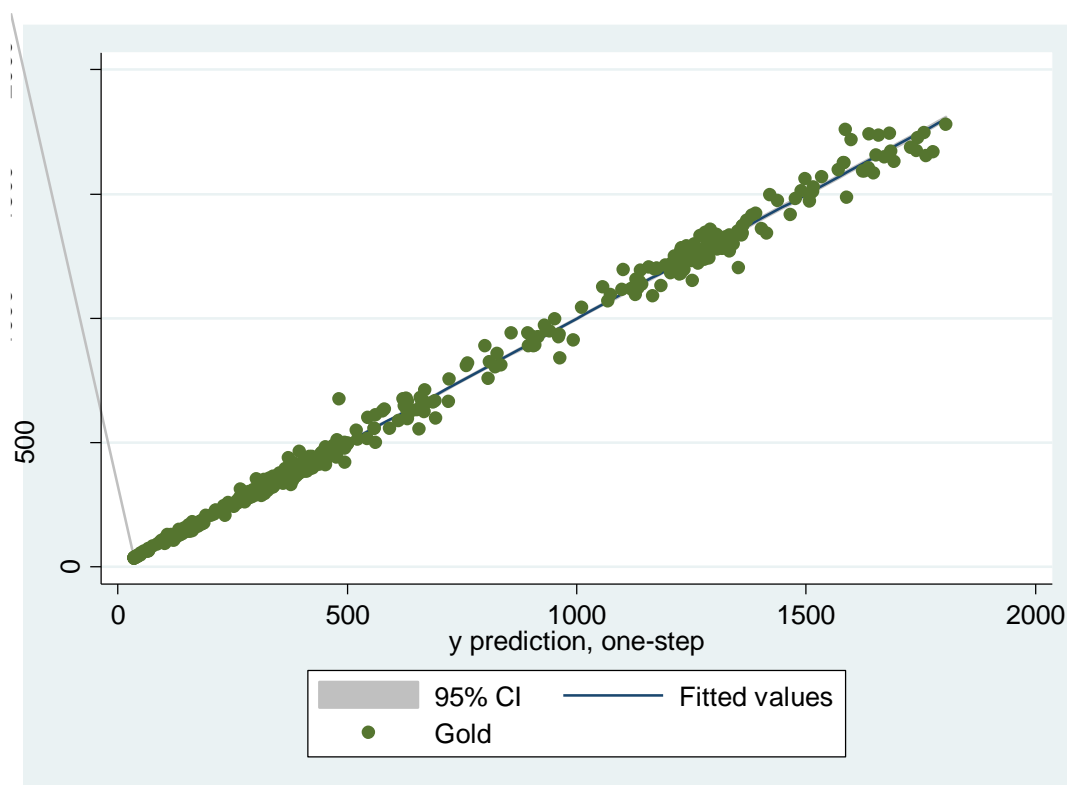
	(1,1,1)	(1,1,5)	(2,1,1)	(2,1,5)	(5,1,1)	(5,1,5)
Cons						
Log Likelihood	-2889.825	-2885.446	-2888.526	-2885.439	-2885.209	-2881.826
L1.ar	-.563*	.349	-.670*	.382	.395	1.80*
L2.ar			-.087	-.062	-.137*	-1.12*
L3.ar					.074*	-.007
L4.ar					-.062*	.893*
L5.ar					.148*	-.607*
L1.ma	.747*	-.146	.881*	-.178	-.195	-1.61*
L2.ma		-.1341*		-.078		.700*
L3.ma		-.051		.067		.370*
L4.ma		-.042		-.047		-1.062*
L5.ma		.133*		.135		.652*
AIC	5787.651	5786.891	5787.053	5788.879	5786.418	5787.652
BIC	5805.258	5822.107	5809.063	5828.496	5821.633	5840.475

Πίνακας 5-3: Συγκεντρωτικός Πίνακας Υποδειγμάτων ARIMA.

Για την επιλογή του κατάλληλου μοντέλου ARIMA οι παράμετροι που θα συγκρίνουμε είναι τα στοιχεία *AR* και *MA*, οι δείκτες AIC/BIC, τον δείκτη λογαριθμικής πιθανοφάνειας (Log Likelihood) και το επίπεδο σημαντικότητας. Το επίπεδο σημαντικότητας των συντελεστών συμβολίζεται με “\*”

Για την επίλογη του κατάλληλου υποδείγματος, θα πρέπει οι τιμές των συντελεστών *AR* και *MA* να είναι λίγο μικρότερες του 1. Στον παραπάνω πίνακα, σε όλα τα πιθανά υποδείγματα ARIMA, συντέλεστες *AR* και *MA* είτε πέρνουν τιμές κοντά στο μηδέν (δείκτης μη-στασιμότητας) είτε είναι εκτός επιπέδου σημαντικότητας

Δεύτερον, για την ορθή εκτίμηση του κατάλληλου μοντέλου ARIMA θα κάνουμε χρήση τόσο των δεικτών AIC/BIC όσο και του δείκτη Log Likelihood. Οι χαμηλότερες τιμές των δεικτών αυτών υποδεικνύουν μια καλύτερη εφαρμογή και έτσι το μοντέλο με το χαμηλότερο AIC/BIC και Log Likelihood είναι εκείνο με την καλύτερη προσαρμογή των δεδομένων. Συγκρίνοντας όλα τα παράπανω, χαμηλότερες τιμές πέρνει το υπόδειγμα (1,1,1) το οποίο και κρίνεται κατάλληλο για την μετέπειτα πρόβλεψη.



Διάγραμμα 5-2: Διάγραμμα Διασποράς Πρόβλεψης Τιμών Χρυσού.

Περίοδος Πρόβλεψης	Τιμή Χρυσού (\$ ανά ουγγιά)
05/2020	1747.302
06/2020	1745.652
07/2020	1733.78
08/2020	1744.867
09/2010	1743.026
10/2020	1748.465
11/2020	1749.805
12/2020	1753.452
01/2021	1758.8
02/2021	1761.548
03/2021	1764.448
04/2021	1767.217

Πίνακας 1: 12μηνη Πρόβλεψη Τιμών Χρυσού.

### 5.3 Πολυμεταβλητό Υπόδειγμα VAR

Πριν προχωρήσουμε στην εκτίμηση του διανυσματικού αυτοπαλίνδρομου (Vector Autoregressive) μοντέλου μας θα πρέπει να προσδιορίσουμε το κατάλληλο VAR μοντέλο. Όπως δείξαμε στην προηγούμενη υποενότητα οι χρονοσειρές τόσο των τιμών του πετρελαίου και χρυσού είναι μη στάσιμες. Όσον αφορά τη χρονοσειρά S&500/PPI απο το διάγραμμα 6 βλέπουμε ότι η γραφική παράσταση έχει αυξητική πορεία και τάση με αποτέλεσμα να χαρακτηρίζεται και αυτή ως μη στάσιμη. Προκειμένου να εξασφαλίσουμε στασιμότητα των χρονοσειρών για το πολυμεταβλητό μοντέλο μας αρκεί να πάρουμε την πρώτη τους διαφορά.

Εκτός από την στασιμότητα, ένα VAR μοντέλο για να παρέχει αξιόπιστα και ερμηνεύσιμα αποτελέσματα πρέπει να έχει διαμορφωθεί έτσι, ώστε να εμπεριέχονται οι κατάλληλες μεταβλητές στο υπόδειγμα. Η καταλληλότητα αναφέρεται στον αριθμό των υστερήσεων (lag length) που θα πρέπει να συμπεριλάβουμε στο μοντέλο μας.

Εικόνα 5-12: Διαδικασία επιλογής Υστερήσεων (VAR Lag Length selection).

Selection-order criteria  
Sample: 1970m4 - 2020m5  
Number of obs = 596

lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	-8465.74				4.4e+08	28.4186	28.4272	28.4407
1	-4564.7	7802.1	9	0.000	938.629	15.3581	15.3925	15.4464
2	-4532.16	65.073	9	0.000	867.349	15.2791	15.3393*	15.4338*
3	-4516.08	32.171	9	0.000	846.976	15.2553	15.3413	15.4763
4	-4507.52	17.119	9	0.047	848.238	15.2568	15.3686	15.5441
5	-4502.3	10.445	9	0.316	859.074	15.2694	15.4071	15.623
6	-4480.28	44.039*	9	0.000	822.372*	15.2258*	15.3893	15.6456
7	-4473.62	13.314	9	0.149	828.893	15.2336	15.4229	15.7198
8	-4468.82	9.6013	9	0.384	840.696	15.2477	15.4628	15.8002

Endogenous: Oil Gold Ratio

Exogenous: cons

Σημείωση: Ο αστερίσκος (\*) υποδηλώνει την εκτίμηση του προγράμματος για τον αριθμό των υστερήσεων.

Για την επιλογή του κατάλληλου αριθμού υστερήσεων οι παράμετροι που θα συγκρίνουμε είναι οι: Final Prediction Error (FPE), Akaike Information Criterion (AIC), Hannan Quinn Information Parameters (HQIC) και Schwartz Information Parameters (SBIC). Επειδή όμως στα δεδομένα μας οι παρατηρήσεις είναι περισσότερες από 60 θα χρησιμοποιήσουμε μόνο τις παραμέτρους FPE και AIC. Ο αριθμός των υστερήσεων που επιλέξαμε είναι το 6 καθώς είναι ο κατάλληλος σύμφωνα με το πρόγραμμα.

#### 1) Έλεγχος Συνολοκλήρωσης του δείγματος με την μέθοδο Johansen.

Εφόσον οι πρώτες τους διαφορές των τριών μεταβλητών μας αποτελούν στάσιμες χρονοσειρές τότε μπορούν να ολοκληρωθούν με βαθμό ολοκλήρωσης 1 και συνεπώς θα προχωρήσουμε σε έλεγχο συνολοκλήρωσης με τη μέθοδο Johansen προκειμένου

να εντοπίσουμε, κατά πρώτο λόγο, την ύπαρξη συνολοκλήρωσης και στη συνέχεια για το αν υπάρχει σταθερή μακροπρόθεσμη γραμμική σχέση μεταξύ τους (cointegration).

Εικόνα 5-13: Έλεγχος Συνολοκλήρωσης του δείγματος με τη μέθοδο Johansen.

Johansen tests for cointegration

Trend: constant Number of obs = 598  
 Sample: 1970m4 - 2020m5 Lags = 6

---

maximum				trace	5%
rank	parms	LL	eigenvalue	statistic	critical value
0	48	-4502.2764	.	19.8272*	29.68
1	53	-4496.7146	0.01843	8.7036	15.41
2	56	-4493.0991	0.01202	1.4726	3.76
3	57	-4492.3628	0.00246		

---

maximum				max	5%
rank	parms	LL	eigenvalue	statistic	critical value
0	48	-4502.2764	.	11.1236	20.97
1	53	-4496.7146	0.01843	7.2309	14.07
2	56	-4493.0991	0.01202	1.4726	3.76
3	57	-4492.3628	0.00246		

Σημείωση: Ο αστερίσκος (\*) υποδεικνύει την εκτίμηση του προγράμματος για τον αριθμό των εξισώσεων συνολοκλήρωσης που αναλογούν στον παραπάνω πίνακα.

Ο έλεγχος της μηδενικής υπόθεσης στον έλεγχο Johansen γίνεται με δύο διαφορετικά τεστ. Το πρώτο είναι η σύγκριση του trace statistic με το critical value και το δεύτερο είναι η σύγκριση του max statistic με το critical value. Ο αριθμός υστερήσεων που επιλέχθηκε είναι το 6.

Στην πρώτη υπόθεση, "Rank Zero", όπου η μηδενική υπόθεση ( $H_0$ ) είναι ότι δεν έχουμε διάνυσμα συνολοκλήρωσης ισχύει ότι trace statistic (19.8272) < critical value (29.68) και max statistic (11.1236) < critical value (20.97) σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Επομένως, η μηδενική υπόθεση ότι "δεν υπάρχει κανένα διάνυσμα συνολοκλήρωσης" δεν μπορεί να απορριφθεί και άρα δεν υπάρχει λόγος να συνεχίσουμε τον έλεγχο των υπόλοιπων δύο υποθέσεων.

Συνεπώς, η μη ύπαρξη συνολοκλήρωσης υποδηλώνει και μη ύπαρξη μακροπρόθεσμης γραμμικής σχέσης μεταξύ των μεταβλητών. Άρα, για την μέλετη της βραχυπρόθεσμης σχέσης μεταξύ των τριών μεταβλητών θα εφαρμόσουμε ένα πολυμεταβλητό υπόδειγμα VAR.



## Κεφάλαιο 5: Στατιστική Ανάλυση και Αποτελέσματα

Vector autoregression

Sample: 1970m4 - 2020m5	No. of obs	=	597
Log likelihood = -4491.026	AIC	=	15.23627
FPE = 831.0595	HQIC	=	15.39954
Det(Sigma_ml) = 686.5521	SBIC	=	15.6556

Equation	Parms	RMSE	R-sq	chi2	P>chi2
D_Oil	19	4.04102	0.1074	71.81221	0.0000
D_Gold	19	28.9665	0.0987	65.35455	0.0000
D_Ratio	19	.243347	0.0875	57.25561	0.0000

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
D_Oil						
Oil						
LD.	.1450291	.0424333	3.42	0.001	.0618613	.2281968
L2D.	.0985867	.0435917	2.26	0.024	.0131485	.1840248
L3D.	-.0426452	.0441366	-0.97	0.334	-.1291515	.043861
L4D.	-.0260059	.0445801	-0.58	0.560	-.1133814	.0613695
L5D.	-.1392145	.0447243	-3.11	0.002	-.2268725	-.0515565
L6D.	-.0543254	.0442582	-1.23	0.220	-.1410699	.0324191
Gold						
LD.	-.0060174	.0057961	-1.04	0.299	-.0173777	.0053428
L2D.	.0099445	.0058885	1.69	0.091	-.0015968	.0214859
L3D.	.015876	.0059464	2.67	0.008	.0042213	.0275308
L4D.	.0026302	.0060255	0.44	0.662	-.0091795	.0144399
L5D.	.0106765	.0059864	1.78	0.075	-.0010566	.0224097
L6D.	.0054769	.0059203	0.93	0.355	-.0061266	.0170805
Ratio						
LD.	-.2211527	.7191792	-0.31	0.758	-1.630718	1.188413
L2D.	-.0795932	.8184104	-0.10	0.923	-1.683648	1.524462
L3D.	-.5411779	.8188607	-0.66	0.509	-2.146115	1.06376
L4D.	-1.643547	.8180615	-2.01	0.045	-3.246918	-.0401764
L5D.	2.545563	.8189303	3.11	0.002	.9404894	4.150637
L6D.	-.0796306	.8185361	-0.10	0.923	-1.683932	1.524671
_cons	-.0578629	.1703328	-0.34	0.734	-.391709	.2759831

Εικόνα 5-14: Ποιοτικά αποτελέσματα υποδείγματος VAR με εξαρτημένη μεταβλητή το πετρέλαιο(d.Oil).

Κεφάλαιο 5: Στατιστική Ανάλυση και Αποτελέσματα

D_Gold						
Oil						
LD.	.9136157	.304167	3.00	0.003	.3174593	1.509772
L2D.	-.8305012	.3124706	-2.66	0.008	-1.442932	-.2180702
L3D.	-.7718246	.3163768	-2.44	0.015	-1.391912	-.1517375
L4D.	.4417323	.3195558	1.38	0.167	-.1845856	1.06805
L5D.	.1065535	.3205892	0.33	0.740	-.5217898	.7348967
L6D.	-.2523177	.3172481	-0.80	0.426	-.8741127	.3694772
Gold						
LD.	.1970724	.0415475	4.74	0.000	.1156408	.2785039
L2D.	-.075265	.0422097	-1.78	0.075	-.1579945	.0074645
L3D.	.0377593	.0426247	0.89	0.376	-.0457837	.1213022
L4D.	-.0660059	.0431914	-1.53	0.126	-.1506594	.0186477
L5D.	.1671809	.0429112	3.90	0.000	.0830765	.2512853
L6D.	.0360409	.0424374	0.85	0.396	-.0471349	.1192168
Ratio						
LD.	-11.11588	5.155164	-2.16	0.031	-21.21982	-1.011944
L2D.	1.789225	5.866466	0.30	0.760	-9.708837	13.28729
L3D.	2.037545	5.869694	0.35	0.728	-9.466843	13.54193
L4D.	3.560575	5.863964	0.61	0.544	-7.932583	15.05373
L5D.	1.908759	5.870192	0.33	0.745	-9.596607	13.41412
L6D.	2.895353	5.867367	0.49	0.622	-8.604474	14.39518
_cons	2.068072	1.220966	1.69	0.090	-.3249771	4.461122

Εικόνα 5-15: Ποιοτικά αποτελέσματα υποδείγματος VAR με εξαρτημένη μεταβλητή τον χρυσό(d.Gold).

D_Ratio						
Oil						
LD.	-.0084787	.0025553	-3.32	0.001	-.0134869	-.0034704
L2D.	.0062626	.0026251	2.39	0.017	.0011176	.0114076
L3D.	-.0026193	.0026579	-0.99	0.324	-.0078287	.00259
L4D.	-.0047834	.0026846	-1.78	0.075	-.0100451	.0004783
L5D.	-.0056354	.0026933	-2.09	0.036	-.0109141	-.0003568
L6D.	.0015815	.0026652	0.59	0.553	-.0036421	.0068052
Gold						
LD.	-.0006479	.000349	-1.86	0.063	-.001332	.0000362
L2D.	.0001297	.0003546	0.37	0.715	-.0005653	.0008247
L3D.	-.0001639	.0003581	-0.46	0.647	-.0008657	.000538
L4D.	.0003334	.0003628	0.92	0.358	-.0003778	.0010446
L5D.	.0003454	.0003605	0.96	0.338	-.0003612	.0010519
L6D.	.0002774	.0003565	0.78	0.437	-.0004214	.0009761
Ratio						
LD.	.0823707	.0433083	1.90	0.057	-.002512	.1672534
L2D.	-.0806778	.0492839	-1.64	0.102	-.1772724	.0159169
L3D.	.0345436	.049311	0.70	0.484	-.0621043	.1311914
L4D.	-.0708404	.0492629	-1.44	0.150	-.1673938	.0257131
L5D.	.2473727	.0493152	5.02	0.000	.1507167	.3440287
L6D.	-.1150856	.0492915	-2.33	0.020	-.2116951	-.0184761
_cons	.0198714	.0102573	1.94	0.053	-.0002325	.0399753

Εικόνα 5-16: Ποιοτικά αποτελέσματα υποδείγματος VAR με εξαρτημένη μεταβλητή την αναλογία S&P500/PPI(d.Ratio).

## 5.4 Έλεγχος Αιτιότητας κατά Granger

Στην προηγούμενη στατιστική ανάλυση αναπτύξαμε ένα μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης προκειμένου να ανακαλύψουμε πως επηρεάζει η κάθε μεταβλητή την άλλη. Στην παρούσα στατιστική ανάλυση θα προσπαθήσουμε να διερευνήσουμε την σχέση αιτιότητας κατά Granger των μεταβλητών μας βασιζόμενοι στο προαναφερθέν μοντέλο VAR. Για την εφαρμογή του έλεγχου αιτιότητας κατά Granger μετατρέψαμε τις μη στάσιμες χρονοσειρές σε στάσιμες πέρνοντας τις πρώτες διαφορές τους.

Παρακάτω πραγματοποιείται έλεγχος αιτιότητας κατά Granger ανάμεσα στις τιμές του πετρελαίου, χρυσού και αυτών της αναλογίας S&P500/PPI:

Granger causality Wald tests

Equation	Excluded	chi2	df	Prob > chi2
D_Oil	D.Gold	18.397	6	0.005
D_Oil	D.Ratio	13.329	6	0.038
D_Oil	ALL	31.6	12	0.002
D_Gold	D.Oil	22.381	6	0.001
D_Gold	D.Ratio	5.8209	6	0.444
D_Gold	ALL	25.291	12	0.014
D_Ratio	D.Oil	25.456	6	0.000
D_Ratio	D.Gold	6.3389	6	0.386
D_Ratio	ALL	30.401	12	0.002

Εικόνα 5-17: Έλεγχος αιτιότητας κατά Granger

Η μηδενική υπόθεση (null hypothesis) που θέτουμε βάσει του παραπάνω ελέγχου είναι:

- Πρώτη Εξίσωση: Οι τιμές του χρυσού και της αναλογίας S&P500/PPI δεν προκαλούν τις τιμές του πετρελαίου.
- Δεύτερη Εξίσωση: Οι τιμές του πετρελαίου και της αναλογίας S&P500/PPI δεν προκαλούν τις τιμές του χρυσού.
- Τρίτη Εξίσωση: Οι τιμές του πετρελαίου και του χρυσού δεν προκαλούν τις τιμές της αναλογίας S&P500/PPI.

Στην πρώτη σειρά του παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι οι τιμές του χρυσού αιτιάζονται τις τιμές του πετρελαίου αφού  $p\text{-value} (0.005) < 0.05$ . Επιπλέον, επειδή και εδώ το  $p\text{-value} (0.038)$  είναι μικρότερο του 0.05 καταλήγουμε ότι και εδώ οι τιμές της αναλογίας S&P500/PPI αιτιάζονται και προκαλούν τις τιμές του πετρελαίου. Άρα η μηδενική υπόθεση για την πρώτη εξίσωση απορρίπτεται.

Στην δεύτερη σειρά του πίνακα οι τιμές του πετρελαίου αιτιάζονται τις τιμές του χρυσού καθώς  $p\text{-value} (0.001) < 0.05$  με τη μηδενική υπόθεση που λέει ότι "οι τιμές του πετρελαίου δεν αιτιάζονται τις τιμές του χρυσού" να απορρίπτεται. Ωστόσο, η μηδενική υπόθεση που λέει ότι "οι τιμές της αναλογίας S&P500/PPI δεν προκαλούν τις τιμές του χρυσού" δεν μπορεί να απορριφθεί καθώς  $p\text{-value} (0.444) > 0.05$ . Επομένως, δεν υπάρχει αιτιότητα από την αναλογία S&P500/PPI στο χρυσό αλλά βλέπουμε πως υπάρχει αμφίδρομη αιτιότητα κατά Granger μεταξύ χρυσού και πετρελαίου.

Στην Τρίτη σειρά, το  $p\text{-value}$  του πετρελαίου είναι πολύ μικρό ( $0.000 < 0.05$ ) και συνεπώς η μηδενική υπόθεση ότι "οι τιμές του πετρελαίου δεν αιτιάζονται τις τιμές της αναλογίας S&P500/PPI" απορρίπτεται σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Ωστόσο, η μηδενική υπόθεση ότι "οι τιμές του χρυσού δεν προκαλούν τις τιμές της αναλογίας S&P500/PPI" δεν μπορεί να απορριφθεί καθώς  $p\text{-value} (0.386) > 0.05$ . Συνεπώς, διαπιστώνουμε και εδώ αμφίδρομη αιτιότητα κατά Granger μεταξύ τιμών πετρελαίου και αναλογίας S&P500/PPI για το χρονικό διάστημα που μελετήθηκε. Ωστόσο, δεν προκύπτει καμία αιτιότητα μεταξύ των τιμών του χρυσού και της αναλογίας S&P500/PPI.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

---

Οι χρονοσειρές των τιμών του πετρελαίου και του χρυσού μελετήθηκαν αρχικά στα πλαίσια της μονομεταβλητής ανάλυσης ARIMA σε μία προσπάθεια πρόβλεψης των δώδεκα επόμενων μηνιαίων τιμών τους. Η εκτίμηση του μοντέλου για τις μελλοντικές τιμές του αργού πετρελαίου είναι ότι σε ορίζοντα ενός έτους θα υπάρξει μια πάρα πολύ μικρή μείωση της τιμής της τάξης του  $-0,37\%$  φθάνοντας από τα 18,84(Απρίλιος 2020) τα 18,77(Απρίλιος 2021) δολάρια το βαρέλι. Όσον αφορά το χρυσό, το μοντέλο προβλέπει πολύ μικρή αύξηση του επιπέδου των τιμών του με τη συνολική αύξηση για το διάστημα Μάιος 2020-Μάιος 2021 να είναι  $2,94\%$ .

Σχετικά με την πολυμεταβλητή ανάλυση και τους ελέγχους αιτιότητας κατά Granger που πραγματοποιήθηκαν φαίνεται πως υπάρχει αμφίδρομη αιτιότητα μεταξύ των τιμών του αργού πετρελαίου και χρυσού. Η αμφίδρομη αυτή αιτιότητα σημαίνει πως οι τιμές του κάθε ενός από τα δύο εμπορεύματα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μελλοντική πρόβλεψη των τιμών του άλλου. Εξάλλου, είναι πλήρως διαπιστωμένο πως σε περιόδους αβεβαιότητας ο χρυσός θεωρείται ως ένα ασφαλές επενδυτικό καταφύγιο. Επιπλέον, προέκυψε αμφίδρομη αιτιότητα μεταξύ αργού πετρελαίου και της αναλογίας S&P500/PPI. Αυτό σημαίνει, πως η κάθε μια από αυτές τις μεταβλητές μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πρόβλεψη της άλλης. Αντιθέτως, δεν βρέθηκε καμία αιτιότητα κατά Granger των τιμών του χρυσού στις τιμές της αναλογίας S&P500/PPI και αντιστρόφως.

## Βιβλιογραφία

- Σταμπόλης Κ, (2019), "Πετρέλαιο, η μοιραία εξάρτηση", Τομος Α, Εκδόσεις Αίολος.
- Μυλωνάς Θ, Ν, (2005), *Αγορές και Προϊόντα Παραγωγών*, Ελληνική Ένωση Τραπεζών.
- Μίσσος Β & Βαρουφάκης Γ, 2012, *Παγκόσμια Οικονομική Κρίση*, Ινστιτούτο Ενέργειας.
- Kaufmann, R., Κ (2011), *the role of market fundamentals and speculation in recent price changes for crude oil*, *Energy Policy*, 39, pp. 105-115.
- Γεωργιάδης Ν, Βασιλείου Σ, (1995), *Ο ρόλος των καιρικών συνθηκών*, Διεθνή Χρηματιστήρια Εμπορευμάτων.
- Engelke & Yuen, 2008, *Types of Commodity Investment*,
- Garner C, (2010), *A Trader's First Book on Commodities: An Introduction to the World's Fastest Growing Market* (2nd Edition), New Jersey: FT Press.
- Nissanke Machiko, G. Mavrotas, (2010), *Commodities, Governance and Economic Development under Globalization*, Palgrave Macmillan.
- BP, (2018), *BP Statistical Review of World Energy 2018*.
- IEA, (2018), *World Energy Outlook 2018*.
- WGC, (2011a), *Gold, a commodity like no other*.
- WGC, (2011b), *The evolving structure of gold demand and supply*.
- WGC, (2020), *Gold Demand Trends Full year and Q4 2019*.
- Baur & Mc Dermott, (2010), *Is gold a safe haven? International evidence*, *Journal of Banking & Finance*, pp 1885-2898
- Z. Ismail, A. Yahya & A. Shabri (2009), *Forecasting Gold Prices Using Multiple Linear Regression Method*, *American Journal of Applied Sciences*.
- J.P. Morgan Asset Management, (2019), *Guide to the Markets*.
- J. Rotemberg & M. Woodford, (1996), *Imperfect Competition and the Effects of Energy Price Increases on Economic Activity*, *Journal of Money, Credit and Banking*.
- R. Barsky and L. Killian, (2002), *Do We Really Know that Oil Caused the Great Stagflation? A Monetary Alternative*, pp. 137-198 from National Bureau of Economic Research.
- B. Bernanke, M. Gentler and M. Watson, (1997), *Systematic Monetary Policy and the Effects of Oil Price Shocks*, issue A, *Brooking Papers on Economic Activity*.
- M. Hooker, (2002), *"Are Oil Shocks Inflationary, Asymmetric and Nonlinear Specifications versus Changes in Regime"*, issue 2, *Journal of Money, Credit and Banking*.
- E. Papapetrou, (2001), *"Oil Price Shocks, Stock Market, Economic Activity and Employment in Greece"*, *Energy Economics*, Vol. 23, pp. 511-532.

- A. Worthington & M. Pahlavani, (2007), *Gold investment as an inflationary hedge: cointegration evidence with allowance for endogenous structural breaks*, Applied Financial Economics Letters, vol. 3, issue 4, 259-262.
- D. Ghosh, (2001), *Gold as an Inflation Hedge*, Studies in Economics and Finance.
- J. McCown & J. Zimmerman, (2007), *Analysis of the Investment potential and Inflation-Hedging Ability of Precious Metals*, SSRN Electronic Journal.
- Van Hoang, A. Lahiani & D. Heller, (2016), *Is gold a hedge inflation? New evidence from a nonlinear ARDL approach*, Economic Modelling, Elsevier, pp. 54-66.
- D. Baur, (2011), *Explanatory mining for gold: Contrasting evidence from simple and multiple regressions*, Resources Policy, vol. 36, issue 3, 265-275.
- Le, Thai-Ha & Y. Chang, (2011), *The impact of oil price fluctuations on stock markets in developed and emerging economies*, Working Papers from Development and Policies Research Center.
- Le, Thai-Ha & Y. Chang, (2012), *Oil price shocks and gold return*, International Economics, vol 131, pp. 71-103.
- Khalfaoui, (2018), *Oil-gold time varying nexus: A time-frequency analysis*, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, Elsevier, pp. 86-104.
- P. Cashin et al, (1999), *The Myth of Comoving Commodity Price*, IMF Working Papers.
- R. Bhar & S. Hammoudeh, (2011), *Commodities and financial variables: Analyzing relationships in a changing regime environment*, International Review of Economics & Finance, vol 20, issue 4, 469-484.
- M. Gnanendra & S. Nishta, (2018), *Impact of macroeconomic factors on the price of gold*, International Journal of Advanced Research and Development.
- K. Tang & W. Xiong, (2012), *Index Investment and Financialization of Commodities*, National Bureau of Economic Research Working Paper No. 16385.
- S.L. Ho & M. Xie, 1998, *The use of ARIMA models for reliability forecasting and analysis*, Computers & Industrial Engineering.
- J. Barunik, (2015), *Volatility Spillovers Across Petroleum Markets*, The Energy Journal.
- Jana Šimáková, (2011), *"Analysis of the relationship between Oil and Gold prices"*, The Journal of Finance, pp. 656-657.
- G. Bampinas & T. Panagiotidis, (2015), *On the relationship between oil and gold before and after financial crisis: Linear, nonlinear and time-varying causality testing*, Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics.
- M. Rehman & M. Mustafa, (2018), *Effects of Crude Oil and Gold Prices on US Stock Market: Evidence for USA from ARDL Bounds Testing*, Finance and Market.
- Paresh Kumar Narayan, Seema Narayan, Xinwei Zheng, (2010), *Gold and Oil Futures Markets: Are Markets Efficient?*, Working Papers eco 2010, Deakin University, Department of Economic.

- Y. Wang & Y. Wei, (2011), *Analysis of the efficiency and multifractality of gold markets based on multifractal detrended fluctuation analysis*, Physica A, pp. 817-827.
- R. Ichev & M. Marinč,(2018), *Stock prices and geographic proximity of information: Evidence from the Ebola outbreak*, International Review of Financial Analysis, pp. 153-166.
- P. Castillo & C. Montoro, (2010), *Inflation, Oil Price Volatility and Monetary Policy*, Working Papers from Banco Central de Reserva del Peru.
- L. Charfeddine, T. Klein & T. Walther, (2019), *Reviewing the Oil Price - GDP Growth Relationship: A Replication Study*, Energy Economics.
- S. Kumar, (2019), *Asymmetric impact of oil prices on exchange rate and stock prices*, The Quarterly Review of Economics and Finance, 72, 41–51.
- A.M. Herrera & M. Karaki, (2007), *Oil Price Shocks and U.S Economic Activity*
- S. Basher & A. Haug, (2012), *Oil prices, exchange rates and emerging stock markets*, Energy Economics, vol 34, 227-240.
- MacDonald, (1998), *Exchange Rates and Economic Fundamentals*, International Monetary Fund.
- European Central Bank, (2014), *Oil Prices, Exchange Rates and Asset Prices*.
- S. Chen & H. Chen, (2007), *Oil prices and real exchange rates*, Energy Economics, vol 29, pp 390-404.
- A. Seemuang & R. Suppanunta, (2013), *Gold Value Movement and Macroeconomics*, Academic Star Publishing Company.
- A. Seemuang & R. Suppanunta, (2013), *A study on impact of select factor on the price of Gold*, IOSR Journal of Business and Management.
- H. Lütkepohl, (2005), *New Introduction to Time Series Analysis*.
- J. Mayr & D. Ulbricht, 2007, *VAR Model Averaging for Multi-Step Forecasting*, IFO Working Paper.
- W. Enders, 1995, *Applied Econometric Time Series*.

## Αναφορές απο το Διαδίκτυο

<https://www.gold.org/>

[https://www.inegsee.gr/wp-content/uploads/2014/03/ekp\\_yliko\\_oik\\_pol1.pdf](https://www.inegsee.gr/wp-content/uploads/2014/03/ekp_yliko_oik_pol1.pdf)

<https://www.stata.com/>

<https://www.stata.com/manuals13/g-2graphtwowaylfit.pdf>

<https://people.duke.edu/~rnau/411arim.htm>

<https://fred.stlouisfed.org/>

<https://www.longtermtrends.net/>



Year	Gold	Crude Oil	S&P500/PPI	Year	Gold	Crude Oil	S&P500/PPI	Year	Gold	Crude Oil	S&P500/PPI
Ιαν-70	34,946	3,35	2,4742466	Μαρ-72	48,288	3,56	2,747449	Μαϊ-74	163,568	10,11	1,7310811
Φεβ-70	34,994	3,35	2,3749319	Απρ-72	49,026	3,56	2,7684478	Ιουν-74	154,013	10,11	1,7267308
Μαρ-70	35,089	3,35	2,4155313	Μαϊ-72	54,5	3,56	2,7265823	Ιουλ-74	142,283	10,11	1,4687037
Απρ-70	35,623	3,35	2,3355978	Ιουν-72	62,17	3,56	2,720403	Αυγ-74	154,362	10,11	1,3601073
Μαϊ-70	35,958	3,35	2,0668478	Ιουλ-72	65,558	3,56	2,68	Σεπ-74	151,66	10,11	1,2186047
Ιουν-70	35,437	3,35	2,0485095	Αυγ-72	66,917	3,56	2,7680798	Οκτ-74	158,533	11,16	1,2203866
Ιουλ-70	35,329	3,31	2,0409704	Σεπ-72	65,589	3,56	2,721393	Νοε-74	181,483	11,16	1,2498258
Αυγ-70	35,377	3,31	2,1116531	Οκτ-72	64,824	3,56	2,7331671	Δεκ-74	183,683	11,16	1,1705061
Σεπ-70	36,196	3,31	2,225876	Νοε-72	62,726	3,56	2,8560794	Ιαν-75	176,864	11,16	1,2641115
Οκτ-70	37,553	3,31	2,274124	Δεκ-72	63,779	3,56	2,8588808	Φεβ-75	179,553	11,16	1,4003497
Νοε-70	37,455	3,31	2,2716981	Ιαν-73	65,127	3,56	2,8461538	Μαρ-75	178,203	11,16	1,4724077
Δεκ-70	37,434	3,56	2,4272237	Φεβ-73	73,971	3,56	2,6933962	Απρ-75	170,066	11,16	1,4733913
Ιαν-71	37,868	3,56	2,5064343	Μαρ-73	84,104	3,56	2,5898618	Μαϊ-75	167,293	11,16	1,5561313
Φεβ-71	38,716	3,56	2,5758621	Απρ-73	90,441	3,56	2,5298165	Ιουν-75	164,25	11,16	1,5931034
Μαρ-71	38,873	3,56	2,6349206	Μαϊ-73	101,623	3,56	2,4089888	Ιουλ-75	164,867	11,16	1,5756388
Απρ-71	39,001	3,56	2,7176781	Ιουν-73	119,8	3,56	2,3032967	Αυγ-75	163,168	11,16	1,4527119
Μαϊ-71	40,493	3,56	2,6666667	Ιουλ-73	120,364	3,56	2,3563474	Σεπ-75	144,311	11,16	1,4254209
Ιουν-71	40,105	3,56	2,6104712	Αυγ-73	106,225	4,31	2,1852632	Οκτ-75	142,691	11,16	1,4811037
Ιουλ-71	40,929	3,56	2,5848564	Σεπ-73	103,034	4,31	2,261242	Νοε-75	142,565	11,16	1,5137815
Αυγ-71	42,722	3,56	2,5257143	Οκτ-73	99,923	4,31	2,3714903	Δεκ-75	139,279	11,16	1,4857621
Σεπ-71	41,976	3,56	2,5953003	Νοε-73	94,645	4,31	2,1935484	Ιαν-76	131,695	11,16	1,6170284
Οκτ-71	42,476	3,56	2,5402089	Δεκ-73	106,236	4,31	1,9995781	Φεβ-76	130,94	12,03	1,6794658
Νοε-71	42,842	3,56	2,4224543	Ιαν-74	129,027	10,11	1,9614286	Μαρ-76	132,676	12,1	1,685
Δεκ-71	43,446	3,56	2,569171	Φεβ-74	150	10,11	1,869	Απρ-76	127,91	12,17	1,6815182
Ιαν-72	45,64	3,56	2,6623711	Μαρ-74	168,298	10,11	1,9256917	Μαϊ-76	126,913	12,17	1,6644737
Φεβ-72	48,237	3,56	2,6836735	Απρ-74	172,218	10,11	1,8129412	Ιουν-76	125,684	12,17	1,6633987

Year	Gold	Crude Oil	S&P500/PPI	Year	Gold	Crude Oil	S&P500/PPI	Year	Gold	Crude Oil	S&P500/PPI
Ιουλ-76	117,866	12,17	1,6915584	Σεπ-78	212,212	14,85	1,4633803	Νοε-80	623,875	36	1,4560086
Αυγ-76	110,055	12,17	1,6824104	Οκτ-78	227,432	14,85	1,4011142	Δεκ-80	596,712	37	1,4232409
Σεπ-76	114,098	13,9	1,7071197	Νοε-78	207,082	14,85	1,3135922	Ιαν-81	557,813	38	1,3970588
Οκτ-76	116,095	13,9	1,6462036	Δεκ-78	207,895	14,85	1,3220083	Φεβ-81	500,8	38	1,3361082
Νοε-76	130,341	13,9	1,6322581	Ιαν-79	226,986	14,85	1,351084	Μαρ-81	499,693	38	1,3731959
Δεκ-76	133,674	13,9	1,6752	Φεβ-79	245,59	15,85	1,311482	Απρ-81	496,693	38	1,3714286
Ιαν-77	132,306	13,9	1,6528662	Μαρ-79	242,348	15,85	1,3205805	Μαϊ-81	480,316	38	1,3397762
Φεβ-77	136,163	13,9	1,5905512	Απρ-79	239,174	15,85	1,3276983	Ιουν-81	460,5	36	1,3431472
Μαρ-77	148,339	13,9	1,5694228	Μαϊ-79	257,738	18,1	1,2868387	Ιουλ-81	409,284	36	1,3040404
Απρ-77	149,184	13,9	1,5261941	Ιουν-79	279,36	19,1	1,3038462	Αυγ-81	410,24	36	1,3090909
Μαϊ-77	146,536	13,9	1,5147239	Ιουλ-79	295,009	21,75	1,2967172	Σεπ-81	443,773	36	1,1973684
Ιουν-77	140,828	13,9	1,5275385	Αυγ-79	300,793	26,5	1,3492462	Οκτ-81	437,68	35	1,2113246
Ιουλ-77	143,398	13,9	1,5391705	Σεπ-79	354,498	28,5	1,342398	Νοε-81	413,405	36	1,2439271
Αυγ-77	145,009	14,85	1,5038462	Οκτ-79	390,959	29	1,272838	Δεκ-81	410,119	35	1,2530364
Σεπ-77	149,334	14,85	1,47366	Νοε-79	391,518	31	1,2554479	Ιαν-82	384,163	33,85	1,1765296
Οκτ-77	158,848	14,85	1,4289634	Δεκ-79	463,666	32,5	1,2925659	Φεβ-82	374,458	31,56	1,1472946
Νοε-77	162,132	14,85	1,4328267	Ιαν-80	674,58	32,5	1,3016432	Μαρ-82	329,977	28,48	1,1124498
Δεκ-77	160,48	14,85	1,4172205	Φεβ-80	665,893	37	1,3268124	Απρ-82	350,335	33,45	1,1676707
Ιαν-78	173,207	14,85	1,3510479	Μαρ-80	554,276	38	1,1965714	Μαϊ-82	334,505	35,93	1,1663327
Φεβ-78	178,36	14,85	1,3182222	Απρ-80	516,71	39,5	1,1731207	Ιουν-82	314,961	35,07	1,097
Μαρ-78	183,771	14,85	1,3042584	Μαϊ-80	514,268	39,5	1,2197055	Ιουλ-82	337,895	34,16	1,0896414
Απρ-78	175,323	14,85	1,3436232	Ιουν-80	600,786	39,5	1,2919955	Αυγ-82	363,413	33,95	1,0937188
Μαϊ-78	176,19	14,85	1,4015827	Ιουλ-80	645,75	39,5	1,3266888	Σεπ-82	438,15	35,63	1,224
Ιουν-78	183,761	14,85	1,3951429	Αυγ-80	626,36	38	1,3497268	Οκτ-82	422,786	35,68	1,3243513
Ιουλ-78	188,569	14,85	1,3805398	Σεπ-80	673,942	36	1,3794984	Νοε-82	415,114	34,15	1,3768694
Αυγ-78	206,455	14,85	1,4758523	Οκτ-80	662,27	36	1,4030172	Δεκ-82	444,776	31,72	1,3870647

Year	Gold	Crude Oil	S&P500/PPI	Year	Gold	Crude Oil	S&P500/PPI	Year	Gold	Crude Oil	S&P500/PPI
Ιαν-83	481,838	31,19	1,4401198	Μαρ-85	303,205	28,29	1,7400582	Μαϊ-87	461,65	19,38	2,81773879
Φεβ-83	493,488	28,95	1,4606965	Απρ-85	324,883	27,63	3,24991409	Ιουν-87	449,277	20,29	2,92621359
Μαρ-83	420,707	29,29	1,5129482	Μαϊ-85	316,395	27,84	3,27502153	Ιουλ-87	450,33	21,37	2,99613527
Απρ-83	433,171	30,63	1,5707171	Ιουν-85	316,298	26,87	3,35111876	Αυγ-87	460,988	19,73	3,1734104
Μαϊ-83	437,393	30,25	1,6279762	Ιουλ-85	317,202	27,12	3,33505599	Σεπ-87	460,12	19,59	3,07328833
Ιουν-83	413,148	31,38	1,6475248	Αυγ-85	330,131	28,08	3,32371134	Οκτ-87	465,764	19,96	2,69164265
Ιουλ-83	422,645	32	1,6485686	Σεπ-85	323,764	29,08	3,31546392	Νοε-87	468,14	18,51	2,3512476
Αυγ-83	416,205	31,59	1,5952849	Οκτ-85	326,093	20,38	3,35211389	Δεκ-87	487,079	16,7	2,31285988
Σεπ-83	412,245	30,36	1,6392157	Νοε-85	325,548	29,75	3,59930796	Ιαν-88	477,758	16,94	2,39483748
Οκτ-83	394,245	30,37	1,6409002	Δεκ-85	321,985	26,3	3,55655172	Φεβ-88	442,124	16,01	2,46278626
Νοε-83	381,016	29,23	1,6180215	Ιαν-86	345,561	18,83	3,5086994	Μαρ-88	443,491	17,08	2,53288847
Δεκ-83	388,06	29,6	1,6070381	Φεβ-86	339,053	13,26	3,50309544	Απρ-88	451,558	17,99	2,48204159
Ιαν-84	370,735	29,98	1,6171104	Μαρ-86	346,053	10,42	3,53933447	Μαϊ-88	451,32	17,51	2,40469484
Φεβ-84	386,038	30,55	1,5242248	Απρ-86	340,716	13,34	3,45991525	Ιουν-88	451,657	15,16	2,52518657
Μαρ-84	394,743	30,85	1,5149182	Μαϊ-86	342,325	14,3	3,52035623	Ιουλ-88	437,452	16,31	2,4939759
Απρ-84	381,371	30,26	1,5153846	Ιουν-86	342,798	12,78	3,55080714	Αυγ-88	431,064	15,18	2,44166667
Μαϊ-84	376,957	30,83	1,5043228	Ιουλ-86	348,554	11,15	3,54644068	Σεπ-88	413,439	13,37	2,47918594
Ιουν-84	378,314	29,75	1,4721154	Αυγ-86	376,29	15,9	3,49280271	Οκτ-88	406,39	13,58	2,56377079
Ιουλ-84	347,607	27,6	1,450096	Σεπ-86	418,152	14,77	3,58947368	Νοε-88	419,966	15,32	2,5023084
Αυγ-84	347,677	29,23	1,583815	Οκτ-86	423,863	15,27	3,70442177	Δεκ-88	419,248	17,24	2,53669725
Σεπ-84	340,945	29,66	1,606383	Νοε-86	396,983	15	3,68838983	Ιαν-89	404,445	17,03	2,58280543
Οκτ-84	340,217	28,46	1,5938104	Δεκ-86	391,595	17,94	2,4934804	Φεβ-89	387,973	18,89	2,6534296
Νοε-84	341,286	27,31	1,6036644	Ιαν-87	408,524	18,75	2,6318408	Μαρ-89	390,274	20,19	2,62511211
Δεκ-84	319,622	26,41	1,589372	Φεβ-87	401,045	16,6	2,78118812	Απρ-89	384,72	20,42	2,69189671
Ιαν-85	302,852	26,41	1,6595745	Μαρ-87	408,848	18,83	2,89031621	Μαϊ-89	371,35	19,9	2,7729682
Φεβ-85	300,333	26,73	1,7512101	Απρ-87	439,665	18,73	2,8390579	Ιουν-89	367,727	20,27	2,86713906

Year	Gold	Crude Oil	S&P500/PPI	Year	Gold	Crude Oil	S&P500/PPI	Year	Gold	Crude Oil	S&P500/PPI
Ιουλ-89	375,21	18,31	2,94237589	Σεπ-91	348,46	22,23	3,33505599	Νοε-93	373,939	15,43	3,88983193
Αυγ-89	365,548	18,83	3,09464286	Οκτ-91	358,826	23,37	3,32371134	Δεκ-93	383,243	14,17	3,92875211
Σεπ-89	361,789	20,13	3,08985765	Νοε-91	359,96	21,48	3,31546392	Ιαν-94	387,11	15,19	3,9713686
Οκτ-89	366,8	19,94	3,07978723	Δεκ-91	361,875	19,12	3,35211389	Φεβ-94	381,658	14,48	3,95289187
Νοε-89	394,361	19,89	3,01863354	Ιαν-92	354,436	18,9	3,59930796	Μαρ-94	384	14,79	3,87477026
Δεκ-89	409,655	21,82	3,08495575	Φεβ-92	353,853	18,68	3,55655172	Απρ-94	377,908	16,9	3,73625731
Ιαν-90	410,118	22,68	2,95883377	Μαρ-92	344,641	19,44	3,5086994	Μαϊ-94	381,343	18,31	3,76063386
Φεβ-90	416,543	21,54	2,88854895	Απρ-92	338,728	20,85	3,50309544	Ιουν-94	385,714	19,37	3,77452282
Μαρ-90	393,661	20,28	2,96374781	Μαϊ-92	337,039	22,1	3,53933447	Ιουλ-94	385,45	20,3	3,73985087
Απρ-90	374,929	18,54	2,96389132	Ιουν-92	340,784	21,6	3,45991525	Αυγ-94	380,207	17,56	3,83036304
Μαϊ-90	368,855	17,4	3,05628272	Ιουλ-92	352,452	21,87	3,52035623	Σεπ-94	391,348	18,39	3,85917355
Ιουν-90	352,657	17,07	3,15301837	Αυγ-92	343,603	21,48	3,55080714	Οκτ-94	390,164	18,19	3,836311
Ιουλ-90	361,82	20,69	3,14436681	Σεπ-92	345,3	21,71	3,54644068	Νοε-94	384,377	18,05	3,79432099
Αυγ-90	394,861	27,32	2,83905579	Οκτ-92	344,277	20,62	3,49280271	Δεκ-94	379,48	17,76	3,73412633
Σεπ-90	389,56	39,51	2,66393581	Νοε-92	334,924	19,89	3,58947368	Ιαν-95	378,738	18,39	3,78559805
Οκτ-90	381,333	35,23	2,54238411	Δεκ-92	334,657	19,5	3,70442177	Φεβ-95	376,745	18,49	3,90218623
Νοε-90	381,86	28,85	2,62522898	Ιαν-93	328,993	20,26	3,68838983	Μαρ-95	381,82	19,17	3,98022599
Δεκ-90	378,161	28,44	2,76958719	Φεβ-93	329,31	20,6	3,73057432	Απρ-95	391,339	20,38	4,07632424
Ιαν-91	384,591	21,54	2,73521008	Μαρ-93	329,974	20,44	3,79241786	Μαϊ-95	385,231	18,89	4,19383507
Φεβ-91	363,748	19,16	3,09095563	Απρ-93	341,948	20,53	3,71399832	Ιουν-95	387,618	17,4	4,30446927
Μαρ-91	363,39	19,63	3,20378657	Μαϊ-93	367,045	20,02	3,71971596	Ιουλ-95	386,138	17,56	4,44828412
Απρ-91	358,055	20,96	3,27310345	Ιουν-93	371,914	18,85	3,74945607	Αυγ-95	383,502	17,84	4,46930456
Μαϊ-91	357,117	21,13	3,24454936	Ιουλ-93	392,034	17,88	3,75243289	Σεπ-95	382,931	17,54	4,62276358
Ιουν-91	366,36	20,56	3,24991409	Αυγ-93	379,795	18,29	3,82586352	Οκτ-95	383,202	17,64	4,65219473
Ιουλ-91	368,013	21,68	3,27502153	Σεπ-93	355,561	18,79	3,86891323	Νοε-95	385,209	18,18	4,74904306
Αυγ-91	356,721	22,26	3,35111876	Οκτ-93	364,005	16,92	3,89504618	Μαϊ-95	385,231	18,89	4,19383507

Year	Gold	Crude Oil	S&P500/PPI	Year	Gold	Crude Oil	S&P500/PPI	Year	Gold	Crude Oil	S&P500/PPI
Ιουν-95	387,618	17,4	4,30446927	Αυγ-97	323,998	19,61	7,28962264	Οκτ-99	311,562	21,75	10,1801879
Ιουλ-95	386,138	17,56	4,44828412	Σεπ-97	322,616	21,18	7,34917647	Νοε-99	293,65	24,59	10,8417771
Αυγ-95	383,502	17,84	4,46930456	Οκτ-97	324,854	21,08	7,44256651	Δεκ-99	283,743	25,6	11,1790297
Σεπ-95	382,931	17,54	4,62276358	Νοε-97	306,345	19,15	7,34104769	Ιαν-00	284,59	27,64	11,1113796
Οκτ-95	383,202	17,64	4,65219473	Δεκ-97	288,776	17,64	7,58966877	Φεβ-00	300,855	20,43	10,700077
Νοε-95	385,209	18,18	4,74904306	Ιαν-98	289,264	17,21	7,68229665	Μαρ-00	286,704	26,9	11,0260703
Δεκ-95	387,445	19,55	4,88918059	Φεβ-98	297,743	15,44	8,18992	Απρ-00	279,961	25,74	11,1810252
Ιαν-96	398,695	17,74	4,86476643	Μαρ-98	295,87	15,61	8,63536488	Μαϊ-00	275,293	29,01	10,7787234
Φεβ-96	404,919	19,54	5,14690967	Απρ-98	308,558	15,39	8,90472378	Ιουν-00	285,368	32,5	10,9264574
Μαρ-96	396,512	21,47	5,11922468	Μαϊ-98	298,971	15,2	8,86027178	Ιουλ-00	282,152	27,43	11,0172027
Απρ-96	392,87	21,2	5,07982732	Ιουν-98	292,223	14,18	8,88133013	Αυγ-00	274,523	33,12	11,1772761
Μαϊ-96	391,99	19,76	5,1618267	Ιουλ-98	292,873	14,21	9,26004804	Σεπ-00	273,676	30,84	10,8986637
Ιουν-96	385,245	20,92	5,22265625	Αυγ-98	284,228	13,34	8,65233494	Οκτ-00	270,405	32,7	10,2669129
Ιουλ-96	383,457	20,42	5,03179688	Σεπ-98	288,661	16,14	8,24426494	Νοε-00	265,989	33,82	10,2077037
Αυγ-96	387,51	22,25	5,16508184	Οκτ-98	296,595	14,42	8,32637097	Δεκ-00	271,892	26,8	9,77187959
Σεπ-96	383,29	24,38	5,26427457	Νοε-98	294,243	11,22	9,25914239	Ιαν-01	265,934	28,66	9,54021429
Οκτ-96	380,909	23,35	5,48015625	Δεκ-98	291,357	12,05	9,69096091	Φεβ-01	262,018	27,39	9,50327511
Νοε-96	377,869	23,75	5,73845554	Ιαν-99	287,333	12,75	10,1608625	Μαρ-01	263,273	26,29	8,7259014
Δεκ-96	369,338	25,92	5,75716499	Φεβ-99	287,495	12,27	10,1928046	Απρ-01	260,75	28,46	8,72316716
Ιαν-97	355,025	24,15	5,907633	Μαρ-99	286,243	16,76	10,4539967	Μαϊ-01	272,057	28,37	9,28633041
Φεβ-97	346,4	20,3	6,21315175	Απρ-99	282,62	18,66	10,7990291	Ιουν-01	270,738	26,25	9,14177122
Μαρ-97	352,311	20,41	6,22278083	Μαϊ-99	276,932	16,84	10,6821973	Ιουλ-01	267,707	26,35	9,02886057
Απρ-97	344,707	20,21	6,01519685	Ιουν-99	261,402	19,29	10,5634984	Αυγ-01	272,657	27,2	8,83433283
Μαϊ-97	344,1	20,88	6,53916797	Ιουλ-99	256,198	20,53	10,9863962	Σεπ-01	282,478	23,43	7,83675919
Ιουν-97	340,805	19,8	6,88907233	Αυγ-99	256,936	22,11	10,4609141	Οκτ-01	283,322	21,18	8,26239447
Ιουλ-97	323,78	20,14	7,29148936	Σεπ-99	264,47	24,51	10,2982031	Νοε-01	276,248	19,44	8,70323575

Year	Gold	Crude Oil	S&P500/PPI	Year	Gold	Crude Oil	S&P500/PPI	Year	Gold	Crude Oil	S&P500/PPI
Δεκ-01	275,992	19,84	8,93778298	Φεβ-04	404,73	36,16	8,046165	Απρ-06	611,853	71,88	7,925563
Ιαν-02	281,764	19,48	8,87322957	Μαρ-04	405,976	35,76	7,854507	Μαϊ-06	676,769	71,29	7,780519
Φεβ-02	295,683	21,74	8,57219626	Απρ-04	404,85	39,88	7,827072	Ιουν-06	597,898	73,93	7,544672
Μαρ-02	294,353	26,31	8,88898305	Μαϊ-04	383,953	37,05	7,512125	Ιουλ-06	633,093	74,4	7,555396
Απρ-02	302,862	27,29	8,50099388	Ιουν-04	391,78	43,8	7,69538	Αυγ-06	631,557	70,26	7,66617
Μαϊ-02	314,48	25,31	8,25114679	Ιουλ-04	398,441	42,12	7,502374	Σεπ-06	600,15	62,91	7,966989
Ιουν-02	321,536	26,86	7,74652406	Αυγ-04	400,133	49,64	7,357703	Οκτ-06	586,648	58,73	8,405549
Ιουλ-02	313,567	27,02	6,8871189	Σεπ-04	405,402	51,76	7,567095	Νοε-06	626,825	63,13	8,436452
Αυγ-02	310,045	28,98	6,93954373	Οκτ-04	420,21	49,13	7,448067	Δεκ-06	629,513	61,05	8,553261
Σεπ-02	318,8	30,45	6,55941043	Νοε-04	439,059	43,45	7,720872	Ιαν-07	630,352	58,14	8,683902
Οκτ-02	316,748	27,22	6,41614114	Δεκ-04	442,974	48,2	7,984088	Φεβ-07	665,103	61,79	8,661871
Νοε-02	319,255	26,89	6,83643877	Ιαν-05	424,08	51,75	7,829092	Μαρ-07	655,891	65,87	8,310396
Δεκ-02	333,3	31,2	6,76583898	Φεβ-05	423,43	51,75	7,913127	Απρ-07	680,008	65,71	8,539323
Ιαν-03	356,864	33,51	6,62113821	Μαρ-05	434,355	55,4	7,774236	Μαϊ-07	668,31	64,01	8,719792
Φεβ-03	359,575	36,6	6,08306686	Απρ-05	429,14	49,72	7,512452	Ιουν-07	655,714	70,68	8,712255
Μαρ-03	341,564	31,04	5,99596317	Μαϊ-05	422,903	51,97	7,636293	Ιουλ-07	665,266	78,21	8,684809
Απρ-03	328,208	25,8	6,50606725	Ιουν-05	430,302	56,5	7,79164	Αυγ-07	664,53	74,04	8,437471
Μαϊ-03	355,405	29,56	6,84681785	Ιουλ-05	425	60,57	7,819834	Δεκ-06	629,513	61,05	8,553261
Ιουν-03	356,912	30,19	7,15942029	Αυγ-05	437,773	68,94	7,768211	Ιαν-07	630,352	58,14	8,683902
Ιουλ-03	350,765	30,54	7,20798838	Σεπ-05	455,936	66,24	7,558076	Φεβ-07	665,103	61,79	8,661871
Αυγ-03	358,993	31,57	7,17050725	Οκτ-05	470,107	59,76	7,171841	Δεκ-06	629,513	61,05	8,553261
Σεπ-03	378,859	29,2	7,36057762	Νοε-05	476,668	57,32	7,558766	Ιαν-07	630,352	58,14	8,683902
Οκτ-03	379,093	29,11	7,45678392	Δεκ-05	509,423	61,04	7,742761	Φεβ-07	665,103	61,79	8,661871
Νοε-03	390,2	30,41	7,55867531	Ιαν-06	549,433	67,92	7,782897	Μαρ-07	655,891	65,87	8,310396
Δεκ-03	407,674	32,52	7,7465233	Φεβ-06	555,518	61,41	7,890297	Απρ-07	680,008	65,71	8,539323
Ιαν-04	414,495	33,05	8,009335	Μαρ-06	557,215	66,63	7,976202	Μαϊ-07	668,31	64,01	8,719792

Year	Gold	Crude Oil	S&P500/PPI	Year	Gold	Crude Oil	S&P500/PPI	Year	Gold	Crude Oil	S&P500/PPI
Ιουν-07	655,714	70,68	8,712255	Νοε-08	757,85	54,43	4,99457	Ιαν-11	1360,475	92,19	6,656046
Ιουλ-07	665,266	78,21	8,684809	Δεκ-08	819,94	44,6	5,134933	Φεβ-11	1371,313	96,97	6,747293
Αυγ-07	664,53	74,04	8,437471	Ιαν-09	857,726	41,68	5,055958	Μαρ-11	1422,848	106,72	6,548645
Δεκ-06	629,513	61,05	8,553261	Φεβ-09	939,763	44,76	4,756232	Απρ-11	1474,431	113,93	6,555933
Ιαν-07	630,352	58,14	8,683902	Μαρ-09	925,989	49,66	4,504045	Μαϊ-11	1512,188	102,7	6,557129
Φεβ-07	665,103	61,79	8,661871	Απρ-09	892,663	51,12	5,015671	Ιουν-11	1528,38	95,42	6,313334
Μαρ-07	655,891	65,87	8,310396	Μαϊ-09	926,855	66,31	5,283431	Ιουλ-11	1568,526	95,7	6,476979
Απρ-07	680,008	65,71	8,539323	Ιουν-09	947,807	69,89	5,319472	Αυγ-11	1759,5	88,81	5,833219
Μαϊ-07	668,31	64,01	8,719792	Ιουλ-09	934,272	69,45	5,425043	Σεπ-11	1780,648	79,2	5,762788
Ιουν-07	655,714	70,68	8,712255	Αυγ-09	949,5	69,96	5,769886	Οκτ-11	1667,893	93,19	6,003083
Ιουλ-07	665,266	78,21	8,684809	Σεπ-09	996,443	70,61	5,999713	Νοε-11	1735,977	100,36	6,089474
Αυγ-07	664,53	74,04	8,437471	Οκτ-09	1043,511	77	5,015671	Δεκ-11	1652,725	98,83	6,222823
Σεπ-07	710,645	81,66	8,628934	Νοε-09	1126,119	77,28	5,283431	Ιαν-12	1656,095	98,48	6,480219
Οκτ-07	754,48	94,53	8,813165	Δεκ-09	1135,012	79,36	5,319472	Φεβ-12	1743,095	107,07	6,70878
Νοε-07	808,311	88,71	8,175363	Ιαν-10	1119,575	72,89	5,425043	Μαρ-12	1675,057	103,02	6,80333
Δεκ-07	803,618	95,98	8,282307	Φεβ-10	1095,8	79,66	5,769886	Απρ-12	1648,539	104,87	6,806235
Ιαν-08	887,784	91,75	7,617459	Μαρ-10	1115,554	83,76	6,285052	Μαϊ-12	1585,114	86,53	6,643239
Φεβ-08	924,283	101,84	7,415818	Απρ-10	1148,475	86,15	6,493059	Ιουν-12	1595,632	84,96	6,624024
Μαρ-08	971,055	101,58	7,008728	Μαϊ-10	1204,321	73,97	6,087987	Ιουλ-12	1592,784	88,06	6,795502
Απρ-08	911,6	113,46	7,178994	Ιουν-10	1232,382	75,63	5,903869	Αυγ-12	1625,682	96,47	6,923779
Μαϊ-08	889,125	127,35	7,137436	Ιουλ-10	1196	78,95	5,865291	Σεπ-12	1741,925	92,19	7,061742
Ιουν-08	889,536	140	6,689526	Αυγ-10	1213,464	71,92	5,880368	Οκτ-12	1746,348	86,24	7,065455
Ιουλ-08	941,167	124,08	6,118394	Σεπ-10	1271,461	79,97	6,068578	Νοε-12	1724,352	88,91	6,910357
Αυγ-08	840,388	115,46	6,439548	Οκτ-10	1343,19	81,43	6,278564	Δεκ-12	1687,342	91,82	7,058511
Σεπ-08	824,92	100,64	6,180549	Νοε-10	1371,784	84,11	6,387267	Ιαν-13	1671,886	97,49	7,310617
Οκτ-08	812,815	67,81	5,197425	Δεκ-10	1393,512	91,38	6,544702	Φεβ-13	1630,688	92,05	7,402398

Year	Gold	Crude Oil	S&P500/PPI	Year	Gold	Crude Oil	S&P500/PPI	Year	Gold	Crude Oil	S&P500/PPI
Μαρ-13	1591,013	97,23	7,602108	Μαϊ-15	1197,684	60,3	10,92006	Ιουν-17	1261,277	46,04	12,572
Απρ-13	1485,905	93,46	7,718428	Ιουν-15	1182,248	59,47	10,77664	Ιουλ-17	1235,1	50,17	12,682
Μαϊ-13	1416,143	91,97	8,034493	Ιουλ-15	1131,58	47,12	10,8001	Αυγ-17	1282,06	47,23	12,674
Ιουν-13	1342,7	96,56	7,923495	Αυγ-15	1117,525	49,2	10,62986	Σεπ-17	1317,045	51,67	12,79
Ιουλ-13	1284,348	105,03	8,163796	Σεπ-15	1124,905	45,09	10,28244	Οκτ-17	1280,677	54,38	13,119
Αυγ-13	1345,048	107,65	8,178697	Οκτ-15	1157,123	46,59	10,79899	Νοε-17	1283,189	57,4	13,239
Σεπ-13	1348,464	102,33	8,274497	Νοε-15	1088,388	41,65	11,2042	Δεκ-17	1265,674	60,42	13,572
Οκτ-13	1314,402	96,38	8,493975	Δεκ-15	1068,317	37,04	11,1939	Ιαν-18	1332,809	64,73	14,097
Νοε-13	1277,417	92,72	8,864513	Ιαν-16	1095,655	33,62	10,50711	Φεβ-18	1333,775	61,64	13,573
Δεκ-13	1221,588	98,42	8,949406	Φεβ-16	1194,893	33,75	10,5042	Μαρ-18	1325,562	64,94	13,561
Ιαν-14	1243,068	97,49	8,941904	Μαρ-16	1246,312	38,34	11,1035	Απρ-18	1334,378	68,57	13,248
Φεβ-14	1298,713	102,59	8,833447	Απρ-16	1241,452	45,92	11,329	Μαϊ-18	1303,612	67,04	13,294
Μαρ-14	1336,56	101,58	9,002512	Φεβ-16	1194,893	33,75	10,5042	Ιουν-18	1282,126	74,15	13,488
Απρ-14	1299,175	99,74	8,94988	Μαϊ-16	1259,755	49,1	11,147	Ιουλ-18	1338,064	68,76	13,674
Μαϊ-14	1288,913	102,71	9,085433	Ιουν-16	1273,58	48,33	11,108	Αυγ-18	1201,859	69,8	14,05
Ιουν-14	1277,857	105,37	9,347528	Ιουλ-16	1337,429	41,6	11,4486	Σεπ-18	1199,198	73,25	14,25
Ιουλ-14	1312,989	98,17	9,486058	Αυγ-16	1340,861	44,7	11,669	Οκτ-18	1214,726	65,31	13,614
Αυγ-14	1297,005	95,96	9,47599	Σεπ-16	1326,618	48,24	11,544	Νοε-18	1221,275	50,93	13,641
Σεπ-14	1241,33	91,16	9,657122	Οκτ-16	1268,929	46,86	11,478	Δεκ-18	1249,887	45,41	12,777
Οκτ-14	1223,565	80,54	9,524435	Νοε-16	1240,293	49,44	11,62	Ιαν-19	1291,63	53,79	13,095
Νοε-14	1176,413	66,15	10,17705	Δεκ-16	1152,165	53,72	11,937	Φεβ-19	1319,755	57,22	13,829
Δεκ-14	1200,4	53,27	10,42777	Ιαν-17	1192,648	52,81	11,93	Απρ-19	1287,65	63,91	14,368
Ιαν-15	1249,333	48,24	10,56344	Φεβ-17	1233,39	54,01	12,16	Μαϊ-19	1283,105	53,5	14,153
Φεβ-15	1231,1	49,76	10,89587	Μαρ-17	1231,063	50,6	12,35	Ιουν-19	1358,488	58,47	14,429
Μαρ-15	1180,636	47,6	10,86157	Απρ-17	1267,15	49,33	12,224	Ιουλ-19	1414,611	58,58	14,928
Απρ-15	1198,253	59,63	10,9736	Μαϊ-17	1245,25	48,32	12,423	Αυγ-19	1497,102	55,1	14,545



Year	Gold	Crude Oil	S&P500/PPI
Σεπ-19	1510,336	54,07	15,031
Οκτ-19	1495,095	54,18	14,993
Νοε-19	1471,921	55,17	15,602
Δεκ-19	1480,025	61,06	15,963
Ιαν-20	1560,668	44,76	16,445
Φεβ-20	1626,35	44,76	16,661
Μαρ-20	1604,65	20,48	13,735
Απρ-20	1716,75	18,84	14,889