



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΙΑ ΑΥΤΟΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

ΔΑΝΑΗ ΛΑΓΟΥΔΑΚΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:
ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ Γ. ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ
ΕΠ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2016



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΙΑ ΑΥΤΟΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

ΔΑΝΑΗ ΛΑΓΟΥΔΑΚΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:
ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ Γ. ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ
ΕΠ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2016

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ τον κ. Παναγιώτη Μιχαηλίδη, Επίκουρο Καθηγητή Ε.Μ.Π., για την επίβλεψή του κατά την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Επιπλέον, ευχαριστώ τον κ. Κωνσταντάκη, Υποψήφιο Διδάκτορα Ε.Μ.Π., για τη βοήθειά του με τη στατιστική ανάλυση. Τέλος, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου και σε όσους με στήριξαν όλα αυτά τα χρόνια.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο τη διερεύνηση των παραγόντων που επηρεάζουν τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Οι μεταβλητές περιλαμβάνουν τη ζητούμενη ενέργεια, την κατανάλωση, τον πληθωρισμό, την ανεργία, το ΑΕΠ, την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας, την ελληνική οικονομική κρίση, την παγκόσμια οικονομική κρίση, το σχηματισμό της ΟΝΕ (Οικονομική Νομισματική Ένωση) και τους Ολυμπιακούς Αγώνες. Τα δεδομένα που αναλύθηκαν αφορούν την περίοδο 2001 (1^ο τρίμηνο) – 2014 (3^ο τρίμηνο). Η εκτίμηση των μοντέλων πραγματοποιήθηκε με το υπολογιστικό πακέτο STATA. Τέλος, εκτιμήθηκαν, μέσω κατάλληλων διαγραμμάτων, οι αντιδράσεις μιας μεταβλητής κατά την απρόσμενη διαταραχή των υπόλοιπων.

Λέξεις κλειδιά: Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας, Ανάλυση χρονοσειρών, VAR, Ελλάδα

ABSTRACT

This diploma thesis analyses the determinants of electricity demand in Greece in a VAR/VEC context. The variables include demand for energy, inflation, unemployment, GDP, consumption, population, prices, Greek crisis, Global crisis, EMU formation and Olympic Games. The data refer to the period: 2002 (1st quarter) - 2014 (3rd quarter). The estimation of the model was performed in STATA. Finally, all measures of interest have been computed for all the relevant variables.

Key words: Electricity demand, Time series analysis, VAR model, Greece

ΣΥΝΟΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο την ανάλυση των χρονολογικών σειρών των προσδιοριστικών παραγόντων της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα καθώς και το πώς αυτές αλληλοεπηρεάζονται. Ταυτόχρονα, εξετάζεται η σχέση μεταβλητών, όπως το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (Α.Ε.Π.), η ανεργία καθώς και άλλων μεταβλητών με τις μεταβολές στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, οι μεταβλητές που εξετάστηκαν είναι η ζητούμενη ενέργεια, η κατανάλωση, ο πληθωρισμός, η ανεργία, το ΑΕΠ, η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας, η ελληνική οικονομική κρίση, η παγκόσμια οικονομική κρίση, ο σχηματισμός της ΟΝΕ (Οικονομική Νομισματική Ένωση) και οι Ολυμπιακοί Αγώνες. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν αφορούν την περίοδο 2001 (1^ο τρίμηνο) – 2014 (3^ο τρίμηνο). Η ιδιαιτερότητα αυτής της περιόδου έγκειται στο γεγονός ότι περιλαμβάνονται δύο περίοδοι με αντίθετα χαρακτηριστικά: η περίοδος 2001 – 2009, η οποία είναι περίοδος οικονομικής ανάπτυξης με συνεχή άνοδο του Α.Ε.Π. και η περίοδος 2010 – 2014 η οποία είναι περίοδος οικονομικής κρίσης και μάλιστα με απότομες μεταβολές των μεταβλητών, δηλαδή πτώση του Α.Ε.Π. και κατακόρυφη άνοδο της ανεργίας. Η ανάλυση έγινε με τη χρήση κατάλληλων υποδειγμάτων και μεθόδων. Πραγματοποιήθηκαν έλεγχοι μοναδιαίας ρίζας, εκτίμηση VAR υποδείγματος, έλεγχος συνολοκλήρωσης, έλεγχος ευστάθειας και κατάστρωση συναρτήσεων δυναμικής απόκρισης IRF.

Για την εκτίμηση των μοντέλων που καταστρώθηκαν χρησιμοποιήθηκε το υπολογιστικό πακέτο STATA.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	7
ΣΥΝΟΨΗ	9
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	12
1.1 ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ.....	14
1.2 Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ.....	17
1.3 Η ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ.....	18
1.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	21
1.5 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	23
1.6 ΖΗΤΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	25
1.6.1 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ ΖΗΤΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	26
1.6.2 Η ΖΗΤΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	26
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ	28
2.1 ΓΕΝΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ.....	30
2.2 ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΙΤΙΟΤΗΤΑ.....	35
2.3 ΟΙΚΙΑΚΗ, ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	37
2.4 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ.....	43
2.5 ΣΥΝΟΨΗ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΖΗΤΗΣΗΣ.....	44
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	47
3.1 ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΕΙΡΕΣ.....	49
3.2 ΣΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑ.....	49
3.3 ΈΛΕΓΧΟΣ ΜΟΝΑΔΙΑΙΑΣ ΡΙΖΑΣ.....	51
3.4 ΑΥΤΟΠΑΛΙΝΔΡΟΜΟ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΟ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ (VECTOR AUTOREGRESSION MODEL - VAR).....	54
3.5 ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΑΞΗΣ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΟΣ.....	56
3.6 ΣΥΝΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ.....	57
3.7 ΜΕΘΟΔΟΣ JOHANSEN.....	57
3.8 ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ.....	60
3.9 ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΑΠΟΚΡΙΣΕΩΝ.....	61
4. ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	63
4.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	65
4.2 ΈΛΕΓΧΟΣ ΜΟΝΑΔΙΑΙΑΣ ΡΙΖΑΣ.....	65
4.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΛΗΘΟΥΣ ΥΣΤΕΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ VAR.....	66
4.4 ΈΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ (COINTEGRATION TEST).....	67
4.5 ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ (GIRF).....	68

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	74
5.1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	76
5.2. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	77
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	78
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	87

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ

Σύμφωνα με τη Beyond petroleum (www.bp.com) τα ορυκτά καύσιμα χρειάζονται εκατομμύρια χρόνια για να δημιουργηθούν. Η αλόγιστη χρήση και σπατάλη τους αποτελεί ανευθυνότητα στις επόμενες γενιές και συνεπάγεται μεγάλο οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος. Η συγκέντρωση του κόσμου στα μεγάλα αστικά κέντρα, η ένταση των δραστηριοτήτων, τα μέσα μεταφοράς και γενικότερα ο τρόπος ζωής οδήγησαν στην αύξηση των ενεργειακών αναγκών με αποτέλεσμα την αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας.

Από τα μέσα του 18ου αιώνα, όταν κατασκευάστηκε η πρώτη ατμομηχανή, σηματοδοτήθηκε η έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης. Έκτοτε, με ταχύτετους ρυθμούς περνώντας από διάφορα στάδια (ηλεκτρισμός, ανάπτυξη των συγκοινωνιών, κ λ π) φτάσαμε στη σημερινή εποχή, την εποχή των τεχνολογικών αλμάτων και της ενεργειακής πρόκλησης.

Η ουσία του ενεργειακού προβλήματος βρίσκεται στη συσχέτιση των ενεργειακών αποθεμάτων που τείνουν να μειώνονται με τις απαιτήσεις για κατανάλωση ενέργειας που διαρκώς αυξάνονται, καθώς και με τις εκπομπές αέριων ρύπων που εκλύονται στην ατμόσφαιρα κατά την κατανάλωση ενέργειας. Είναι αρκετά εύκολο να κατανοήσουμε τι σημαίνει αύξηση της ενέργειας που καταναλώνεται αν αναλογιστούμε το πλήθος των ηλεκτρικών συσκευών που έχουμε σήμερα στο σπίτι μας σε σχέση με τις συσκευές που είχαμε, ας πούμε, πριν 30 χρόνια, ή τον αριθμό των αυτοκινήτων που κυκλοφορούν τώρα στους δρόμους σε σχέση με τότε.

- Το 1929 ο πληθυσμός της γης ήταν 2 δισεκατομμύρια άνθρωποι και κάθε ένας, κατά μέσο όρο, δαπανούσε ενέργεια 12 ανθρώπων της προβιομηχανικής εποχής
- Το 1979 ο πληθυσμός της γης ήταν 4 δισεκατομμύρια και κατά μέσο όρο κάθε άνθρωπος δαπανούσε ενέργεια 27 προβιομηχανικών ανθρώπων
- Το 2020 ο πληθυσμός της γης προβλέπεται να είναι 9 δισεκατομμύρια περίπου και κάθε άνθρωπος θα καταναλώνει ενέργεια 43 προβιομηχανικών ανθρώπων

Το 1973, όταν εκδηλώθηκε η πρώτη ενεργειακή κρίση, εξαγγέλλονται για πρώτη φορά προγράμματα εξοικονόμησης ενέργειας και αναζητούνται εναλλακτικές πηγές αντί τα ορυκτά καύσιμα.

Η εξάντληση ενεργειακών πόρων επιφέρει ενεργειακές κρίσεις λόγω της γεωγραφικά άνισης κατανομής τους και αποτελεί μια από τις αιτίες γεωπολιτικών και οικονομικών κρίσεων. Για λόγους γεωστρατηγικής και γεωοικονομίας δεν υπάρχουν αξιόπιστα στοιχεία για τα αποθέματα πετρελαίου και φυσικού αερίου, είναι όμως βέβαιο ότι υπάρχουν ακόμη περιοχές του πλανήτη όπου κοιτάσματα υδρογονανθράκων δεν έχουν εντοπισθεί.

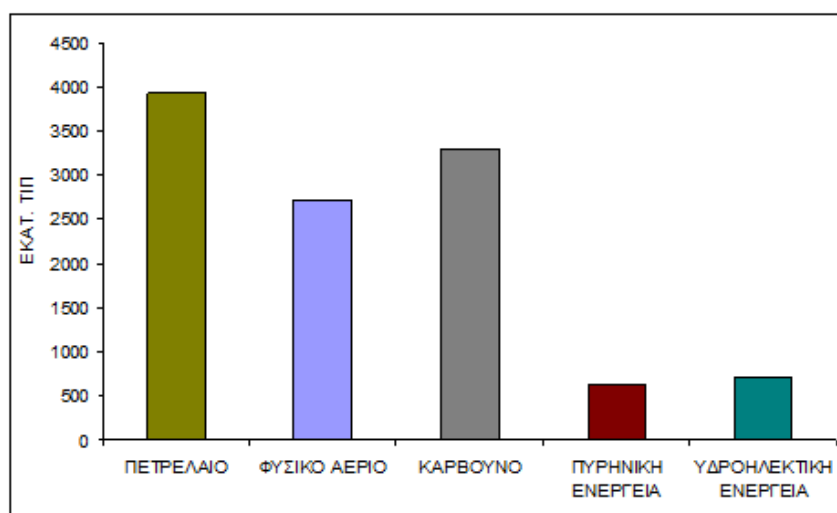
Η ενέργεια, ως εμπορικό αγαθό με ανταλλακτική αξία, αποτελεί μέχρι σήμερα αντικείμενο ανταγωνισμού επιχειρήσεων και κερδοσκοπίας με αποτέλεσμα οι συνεχείς διακυμάνσεις των τιμών των πετρελαιοειδών να μην οφείλονται σε ομαλή εφαρμογή της προσφοράς και της ζήτησης. Σε διεθνές επίπεδο, οι τιμές του πετρελαίου φαίνεται να επηρεάζονται σημαντικά από στρατιωτικά, πολιτικά και οικονομικά συμφέροντα.

Η αστάθεια στις τιμές των πετρελαιοειδών τα τελευταία χρόνια, η ανάγκη για διασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού των χωρών, η αλλαγή των κλιματικών συνθηκών του πλανήτη, η αύξηση της ενεργειακής εξάρτησης από τις εισαγωγές σε συνδυασμό με την έκρηξη της ενεργειακής ζήτησης των αναδυόμενων οικονομιών, ιδίως της Κίνας και της

Ινδίας, κάνει ολοένα και επιτακτικότερη την ανάγκη καθιέρωσης ενός νέου σχεδίου δράσης σε τοπικό και διεθνές επίπεδο, για να επιτευχθεί απόλυτη απάμβλυνση του προβλήματος.

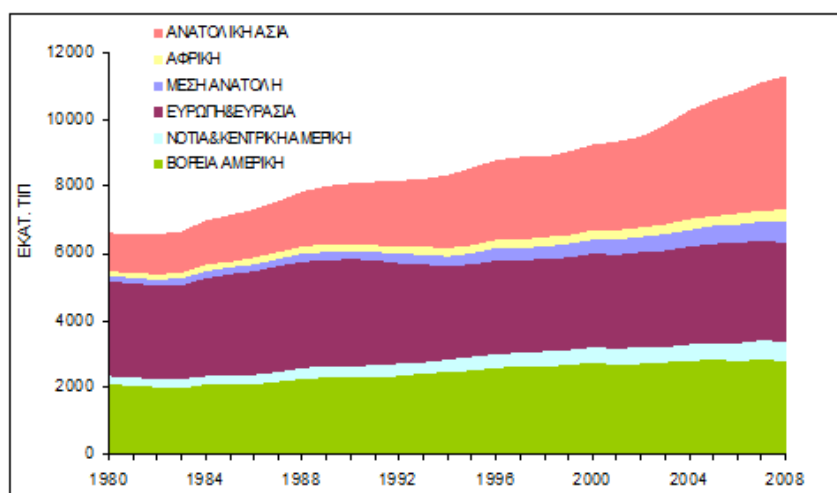
Συνοψίζοντας, θα λέγαμε ότι είναι ιδιαίτερα δύσκολο να εκτιμηθούν με ικανοποιητική ακρίβεια οι ενεργειακές εξελίξεις τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα. Σε κάθε περίπτωση όμως η ενέργεια στο μέλλον θα καθορισθεί από την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού, τις περιβαλλοντικές μεταβολές και την ωρίμανση των νέων τεχνολογιών.

Σχήμα 1: Παγκόσμια Ενεργειακή Κατανάλωση ανά Τύπο Καυσίμου (2008)



Πηγή: BP, Statistical Review of World Energy (Jun. 2009)

Σχήμα 2: Ενεργειακή Κατανάλωση ανά Γεωγραφική Περιοχή



Πηγή: BP, Statistical Review of World Energy (Jun. 2009)

Η πρόσβαση στην ηλεκτρική ενέργεια στο σύγχρονο κόσμο φέρνει μια σημαντική επίδραση στη ζωή μας, ειδικά όταν χρειαζόμαστε μια πηγή ενέργειας για φωτισμό, θέρμανση, ηλεκτρισμό, μηχανήματα, γεννήτριες και πολλά άλλα. Χωρίς ηλεκτρικό ρεύμα, οι άνθρωποι αντιμετωπίζουν πολλά προβλήματα στις καθημερινές τους δραστηριότητες ενώ για τις μεγάλες εταιρείες το κλείσιμο του ηλεκτρικού ρεύματος, λόγω βλάβης, σημαίνει απώλεια εκατομμυρίων € για διατήρηση εργασιών και άλλων δραστηριοτήτων. Προς το παρόν, περίπου 1,6 δισεκατομμύρια άνθρωποι στις αναπτυσσόμενες χώρες εξακολουθούν να μην

έχουν πρόσβαση στην ηλεκτρική ενέργεια στη ζωή τους. Επένδυση στην ηλεκτρική ενέργεια συνεπάγεται τεράστιες ερευνητικές και δαπανηρές επενδύσεις. Αντικατοπτρίζουν τις ικανότητες μιας χώρας για την παροχή οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης στον πληθυσμό της. Η έλλειψη πρόσβασης στην προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να περιορίσει τις δραστηριότητές του πληθυσμού σε πολλούς τομείς, όπως η μεταφορά, η ιατρική, η απασχόληση, η εκπαίδευση και πολλά άλλα. Οι δραστηριότητες αυτές καταναλώνουν μια τεράστια ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας κάθε χρόνο.

Οι άνθρωποι απαιτούν ενέργεια, δεδομένου ότι οι διάφορες οικονομικές δραστηριότητες εξαρτώνται από την ηλεκτρική ενέργεια και η αλλαγή του τρόπου ζωής έχει οδηγήσει σε ανθρώπους που χρησιμοποιούν περισσότερες ηλεκτρικές συσκευές, όπως τον υπολογιστή, το πλυντήριο και την ηλεκτρική σκούπα. Αυξήσεις στα έσοδα οδηγούν επίσης σε αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, δεδομένου ότι θα χρησιμοποιηθούν περισσότερες ηλεκτρικές συσκευές ειδικά κλιματιστικά, θερμοσίφωνες, και ψυγεία που καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια. Η ταχεία αύξηση του πληθυσμού προκαλεί επίσης αλλαγές στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας από καιρό σε καιρό. Υψηλή κατανάλωση ηλεκτρισμού έχει αποδοθεί σε πολλούς προσδιοριστικούς παράγοντες. Η αύξηση στις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας (*ceteris paribus*) θα οδηγήσει σε πτώση της κατανάλωσης. Προτείνει ότι αν οι τιμές αυξηθούν, η κατανάλωση θα μειωθεί. Αποκαλύπτουν έτσι μια αρνητική σχέση μεταξύ τους.

Προκύπτουν συνεχώς ζητήματα, όπως ποιοι είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν την ηλεκτρική ενέργεια σε επίπεδο κατανάλωσης ανά τον κόσμο. Ενώ αυτοί οι παράγοντες μπορούν να παρέχουν μια γενική ένδειξη για τους λόγους της υψηλής κατανάλωσης, πιο σημαντικό ζήτημα είναι ποιοι παράγοντες είναι περισσότερο κυρίαρχοι στο να χαρακτηρίσουν την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας στον κόσμο. Η εργασία αυτή επικεντρώνεται στην ανάλυση των προσδιοριστικών παραγόντων που μπορούν να επηρεάσουν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, καθώς επίσης γίνεται και ανάλυση των οικονομετρικών μοντέλων με τα οποία μπορεί να επιτευχθεί η πρόβλεψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.

1.2 Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ

Σύμφωνα με την International Energy Agency (www.iea.org), η ενέργεια είναι απαραίτητη προϋπόθεση για βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη, κοινωνική ανάπτυξη και πρόνοια. Στη σύγχρονη εποχή, η ανάπτυξη και η επιτάχυνση της αύξησης του πληθυσμού έχει εντείνει τη χρήση της ενέργειας και την εξάρτηση από πηγές ενέργειας. Οι στατιστικές δείχνουν ότι ο παγκόσμιος συνολικός πρωτογενής ενεργειακός εφοδιασμός (Total Primary Energy Supply-TPES) διπλασιάστηκε από το 1971 έως το 2007 (IEA, 2009α), και μέχρι το 2035 η παγκόσμια κατανάλωση της διατιθέμενης ενέργειας στη αγοράς αναμένεται να αυξηθεί κατά 49% σε σύγκριση με το 2007 (IEA, 2010). Οι κύριες ανησυχίες σχετικά με την υψηλή κατανάλωση ενέργειας είναι οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (greenhouse-gas - GHG) και οι περιορισμοί σχετικά με τη χρήση των ορυκτών καυσίμων.

Οι δυσμενείς επιπτώσεις της καύσης ορυκτών καυσίμων και η σύντομη ζωή των μη ανανεώσιμων πηγών καυσίμων είναι τα κύρια θέματα στον τομέα της ενέργειας. Οι ετήσιες εκπομπές CO₂ ήταν κοντά στο μηδέν στο 1870 (την εποχή της Βιομηχανικής Επανάστασης), αλλά κλιμακώθηκαν σε 29 Gt το 2007 (ένα ετήσιο ποσοστό αύξησης 3% σε σύγκριση με το 2006). Από το 2100 το ποσοστό των ορυκτών καυσίμων στο TPES αναμένεται να αυξηθεί έως και 80%, και οι εκπομπές CO₂ αναμένεται να είναι 40,2 Gt, αυξάνοντας την παγκόσμια μέση θερμοκρασία μεταξύ 2.4° και 6.4° Κελσίου (IEA, 2009α).

Σύμφωνα με την Beyond Petroleum (2011, BP), το μέγιστο απόθεμα παραγωγής (R/P) πετρελαίου και φυσικού αερίου είναι 82 και 205 χρόνια αντίστοιχα. Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει την αναλογία R / P του φυσικού αερίου και αργού πετρελαίου εντός των κύριων περιοχών του κόσμου. Είναι προφανές ότι το πετρέλαιο, ως η πιο σημαντική πηγή ενέργειας σε όλο τον κόσμο, θα εξαντληθεί σε περίπου μία δεκαετία στη Βόρεια Αμερική και στην Ευρώπη και την Ευρασία σε μόλις δύο δεκαετίες. Η μεγαλύτερη αναλογία R/P είναι το πετρέλαιο για τη Μέση Ανατολή, αλλά αυτό αναμένεται να διαρκέσει λιγότερο από έναν αιώνα. Όσον αφορά τα αποθέματα φυσικού αερίου, η εξόρυξη μπορεί να συνεχιστεί για μία ακόμη δεκαετία στη Βόρεια Αμερική και γύρω στο μισό αιώνα στην Ευρώπη και την Ευρασία και την Κεντρική και Νότια Αμερική. Όπως και με το αργό πετρέλαιο, η Μέση Ανατολή κατέχει τη μεγαλύτερη αναλογία R/P για το φυσικό αέριο, στα 205 χρόνια. Το θέμα αυτό έχει ενθαρρύνει τις οικονομίες σε όλο τον κόσμο για να αναζητήσουν άλλες πηγές ενέργειας που είναι ανεξάρτητες από τα ορυκτά καύσιμα.

Ανησυχίες υπάρχουν για την παγκόσμια προσοχή που έχουν προσελκύσει οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ωστόσο, μεταξύ των μη-ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τα αποθέματα φυσικού αερίου θα διαρκέσουν περισσότερο από ό, τι τα αποθέματα πετρελαίου (Πίνακας 2), και το φυσικό αέριο είναι επίσης ένα χαμηλά ρυπογόνο καύσιμο σε σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της ηλεκτρικής ενέργειας είναι ότι μπορεί να παραχθεί σε εργοστάσια με χαμηλά ρυπογόνα αέρια.

Πίνακας 1: Δείκτης R/P Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου (Σε έτη)

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ
Βόρεια Αμερική	13,89	10,28
Κεντρική και Νότια Αμερική	45,94	51,23
Ευρώπη και Ευρασία	22,08	55,22
Μέση Ανατολή	82,20	205,79
Αφρική	31,20	76,59

Πηγή: BP (2011)

1.3 Η ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ

Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της ηλεκτρικής ενέργειας, όπως η ευκολία μεταφοράς και η δυνατότητα να μετασχηματίζεται σε άλλα είδη ενέργειας, της δίνει μια μοναδική θέση μεταξύ των διαφόρων τύπων ενέργειας. Για πολλές χώρες, η βιομηχανία ηλεκτρικής ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας για την οικονομική ανάπτυξη και την κοινωνική πρόνοια. Συγκεκριμένα, ένας αυξανόμενος αριθμός μελετών δείχνουν ότι η οικονομική ανάπτυξη βασίζεται στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Μελέτες που διεξήχθησαν από τον Wolde-Rufael (2006) για τις έξι χώρες της Αφρικής, από τους Altinay και Karagol (2005) για την Τουρκία, από τον Yoo (2005) για την Κορέα, και τον Yuan et al. (2007) για την Κίνα κατέληξαν σε παρόμοια ευρήματα.

Σε όλο τον κόσμο, η ακαθάριστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το 2008 έφθασε 20.181 TWh, η οποία αποτελεί μία αύξηση της τάξης του 10,5% σε σύγκριση με το 2005 και 330% σε σχέση με το 1973 (IEA, 2010c). Από την άλλη πλευρά, το μερίδιο της ηλεκτρικής ενέργειας στην παγκόσμια συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας το 2008 (17,2%) παρουσίασε αύξηση 82% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1973 (IEA, 2010c). Σύμφωνα με τις προβλέψεις της IEA, λόγω της ταχείας αύξησης του εισοδήματος και του πληθυσμού στις μεταβατικές οικονομίες, το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας στην παγκόσμια συνολική παραγωγή ενέργειας θα διπλασιαστεί μέχρι το 2030 (IEA, 2009α). Τα στοιχεία αυτά αποκαλύπτουν ότι η ηλεκτρική ενέργεια θα έχει όλο και πιο σημαντική θέση στην παροχή για την απαιτούμενη ενέργεια στον κόσμο.

Πίνακας 2: Ποσοστό της Συνολικής Παγκόσμιας Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (2008)

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΠΟΣΟΣΤΟ (%)
ΕΕ	52,9
Χώρες εκτός ΕΕ	1,0
Ασία	26,4
Αφρική	3,1
Πρώην Σοβιετική Ένωση	7,5
Μέση Ανατολή	3,8
Λατινική Αμερική	5,3
Παγκόσμια	100

Πηγή: (IEA, 2010c)

Ο Πίνακας 2, ο οποίος απεικονίζει την ποσοστιαία συνεισφορά κάθε περιοχής στο σύνολο της παγκόσμιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, δείχνει ότι οι χώρες της ΕΕ (52,9%) και της Ασίας (26,4%) ήταν οι μεγαλύτερες παραγωγί ηλεκτρικής ενέργειας το 2008. Ο Πίνακας 3 δείχνει το ποσοστό κατανάλωσης στους διάφορους οικονομικούς τομείς σε όλο τον κόσμο. Ο βιομηχανικός τομέας είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής ηλεκτρικής ενέργειας στις περισσότερες περιοχές. Οι αναλογίες της κατανάλωσης από τους βιομηχανικούς τομείς στην Κεντρική και Νότια Αμερική και την Ευρασία είναι η μεγαλύτερη, με 44,7% και 42,3%, αντίστοιχα. Ωστόσο, στη Μέση Ανατολή, ο βιομηχανικός τομέας είναι ο τρίτος μεγαλύτερος και ο οικιακός τομέας κατατάσσεται ως ο κύριος χρήστης ηλεκτρικής ενέργειας (42,4%).

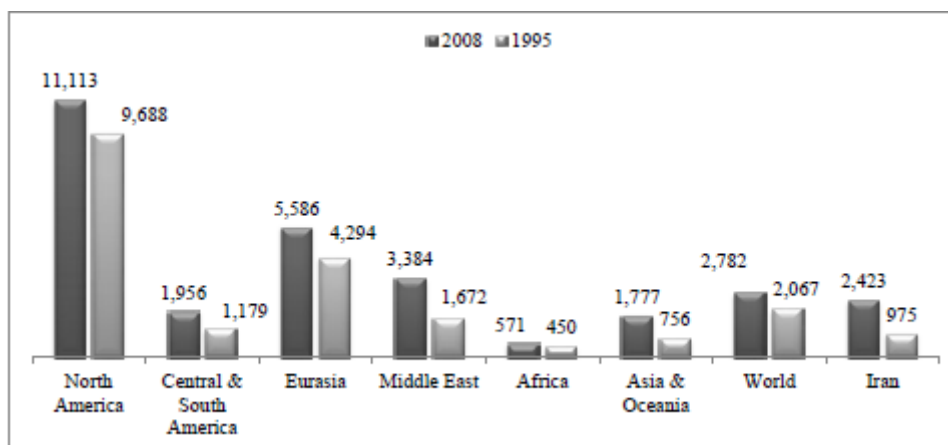
Πίνακας 3: Ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας στους σημαντικούς Τομείς (% , 2008)

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΟΙΚΙΑΚΟΣ	ΕΜΠΟΡΙΚΟΣ & ΔΗΜΟΣΙΟΣ	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΣ	ΑΓΡΟΤΙΚΟΣ	ΑΛΛΟΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ
Βόρεια Αμερική	35,	33,4	27,1	0,4	3,9
Κεντρική & Νότια Αμερική	26,5	22,5	44,7	2,7	3,2
Ευρασία	26,2	24,1	42,3	2,6	0,6
Μέση Ανατολή	42,4	24,0	19,6	4,6	9,4
Αφρική	31,4	15,0	44,8	3,4	4,3
Ασία και Ωκεανία	20,6	16,1	53,8	3,8	4,5
Παγκόσμια	27,4	23,4	41,7	2,5	3,4

Πηγή: BEEP (2011)

Οι στατιστικές της IEA δείχνουν ότι η κατά κεφαλήν κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στον κόσμο ανήλθε στις 2,782 kWh το 2008 (IEA, 2010c). Αυτή η εικόνα δείχνει μια αύξηση 30% σε σχέση με το 2005 (10% μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης από το 2005 έως το 2008) (IEA, 2009b, 2010 c) Η παρακάτω εικόνα δείχνει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κάτοικο το 1995 και το 2008 σε όλες τις περιοχές του κόσμου. Μια σύγκριση του 2008 προς το 1995 δείχνει ότι σε όλες σχεδόν τις περιοχές, η κατά κεφαλήν κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας έχει αυξηθεί σημαντικά. Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια του 1995 έως το 2008, η κατά κεφαλήν κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στη Μέση Ανατολή, την Ασία και την Ωκεανία διπλασιάστηκε.

Σχήμα 3: Κατά Κεφαλήν Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (Kwh / άτομο)



Πηγή: IEA (2010a,b)

Όπως μπορεί να δει κανείς στον Πίνακα 4, η ποσοστιαία μεταβολή της μέσης κατά κεφαλήν κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στη Μέση Ανατολή και περιοχές της Ασίας και της Ωκεανίας μεταξύ του 1995 και του 2008 ήταν 102,4% και 135,1%, αντίστοιχα.

Πίνακας 4: Ποσοστιαία Μεταβολή της Κατά Κεφαλήν Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας (1995-2008)

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΜΕΤΑΒΟΛΗ(%)
Βόρεια Αμερική	14,7
Κεντρική & Νότια Αμερική	65,9
Ευρασία	30,1
Μέση Ανατολή	102,4
Αφρική	26,9
Ασία & Ωκεανία	135,1
Παγκόσμια	34,6

Πηγή: IEA (2010a,b)

Οι εκπομπές CO₂ από μονάδες ηλεκτροπαραγωγής είναι μια από τις ανησυχίες σχετικά με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Περίπου το 41% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από τον άνθρακα, η οποία είναι η πιο έντονη από όλα τα ορυκτά

καύσιμα. Το ποσοστό της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την άποψη των εκπομπών CO₂ αυξήθηκε από 27% το 1971 σε 41% σε παγκόσμιο επίπεδο το 2007, μια αύξηση 82% (IEA, 2009α). Στο μέλλον, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (κυρίως υδροηλεκτρική και αιολική ενέργεια) και το φυσικό αέριο θα είναι οι σημαντικότερες πηγές ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (EIA, 2009). Οι προβλέψεις δείχνουν ότι οι ενεργειακές προοπτικές θα βασίζονται σε καθαρά καύσιμα. Το φυσικό αέριο θα παραμείνει ένα σημαντικό καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε όλο τον κόσμο (EIA, 2010).

1.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η οικονομική επιστήμη βασίζεται, μεταξύ άλλων, σε δύο αρχές. Το νόμο προσφοράς και ζήτησης και στη δυνατότητα υποκατάστασης προϊόντων με άλλα.

Σύμφωνα με το άρθρο «Οικονομία και ενέργεια» στη στήλη “peak oil” στο site <https://kkalev4economy.wordpress.com/>, η περίπτωση της ενέργειας είναι αρκετά διαφορετική. Κατ’ αρχάς, η δυνατότητα υποκατάστασης δεν υπάρχει. Δεν υπάρχει υποκατάστατο της ενέργειας, εκτός από άλλου τύπου ενέργεια. Σε όσες περιπτώσεις υπάρχει κάποια δυνατότητα υποκατάστασης (πχ αντικατάσταση συμβατικού αυτοκινήτου με ηλεκτρικό) η πραγματοποίηση της συνήθως απαιτεί ταυτόχρονα την επένδυση στην αλλαγή των μέσων παραγωγής (στην περίπτωση αυτή του αυτοκινήτου) καθώς το υποκατάστατο έχει διαφορετικά ποιοτικά χαρακτηριστικά (1000 BTU πετρελαίου δεν αντιστοιχούν άμεσα σε 100 BTU ηλεκτρικής ενέργειας). Σε άλλες περιπτώσεις η υποκατάσταση δεν είναι κλιμακώσιμη στα επίπεδα του τύπου ενέργειας την οποία υποκαθιστά (παραδείγμα η αντικατάσταση των λιγνιτικών μονάδων από αιολικές). Η ενέργεια μάλιστα είναι προαπαιτούμενη άμεσα ή έμμεσα για κάθε είδους παραγωγική δραστηριότητα. Παροχή μικρότερου ποσού ενέργειας στο σύστημα της οικονομίας οδηγεί αυτομάτως σε μείωση της παραγωγής, είτε επειδή κάποιες δραστηριότητες δε θα πραγματοποιηθούν, είτε επειδή θα πραγματοποιηθούν με μικρότερη ένταση προκειμένου να καταναλωθεί μικρότερο ποσό ενέργειας (πχ ένα πλοίο με εμπορεύματα θα μειώσει την ταχύτητα του προκειμένου να ελαττώσει την κατανάλωση του με συνέπεια την επιμήκυνση του χρόνου παράδοσης των προϊόντων). Μακροπρόθεσμα, βέβαια, η ενεργειακή απόδοση της οικονομίας αυξάνει (μέχρι κάποια θερμοδυναμικά όρια) αλλά ταυτοχρόνως το προϊόν της οικονομίας και ο πληθυσμός ακολουθούν αυξητική πορεία με αποτέλεσμα η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης να μη συνεπάγεται μείωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας.

Παράλληλα, η αγορά με δεδομένη την ροπή της στη μείωση του κόστους παραγωγής εκμεταλλεύεται πάντα τον τύπο ενέργειας εκείνον, ο οποίος παρέχει την καλύτερη πρακτική απόδοση. Τα αυτοκίνητα χρησιμοποιούν βενζίνη και πετρέλαιο αντί για ηλεκτρικό ρεύμα επειδή είναι σε υγρή μορφή και παρέχει πολύ μεγάλη ενεργειακή πυκνότητα σε χαμηλή τιμή χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις κόστους από το σύστημα αποθήκευσης και τον κινητήρα. Αντίθετα, όπως έχουμε δει, σε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο η αυτονομία θα είναι χαμηλή, ενώ οι απαιτήσεις βάρους και κόστους ιδιαίτερος αυξημένες.

Από την άλλη, η ενέργεια ακολουθεί μία διαφορετική και πιο ‘ακριβή’ καμπύλη προσφοράς – ζήτησης ακριβώς επειδή δεν υπάρχει υποκατάστατο. Η τιμή στην οποία θα αγοραστεί το ποσό της ενέργειας που καλύπτει την αιχμή της ζήτησης είναι αυτή στην οποία θα αγοραστεί όλη η ενέργεια.

Ο 'ανελαστικός' αυτός τρόπος καθορισμού της τιμής της ενέργειας έχει ως συνέπεια μικρές αλλαγές στην προσφορά να έχουν σημαντικές συνέπειες στην τιμή όλης της παραγωγής. Αν η παραγωγή περιορίζεται από μη οικονομικούς λόγους (όπως για παράδειγμα καθαρά γεωλογικοί λόγοι στην περίπτωση της εξόρυξης πετρελαίου) θα δυσκολευτεί να ικανοποιήσει την αυξανόμενη ζήτηση της οικονομίας με συνέπεια συνεχή και αλματώδη αύξηση των τιμών. Οι τιμές αυτές θα αυξήσουν το κόστος παραγωγής όλων των μονάδων της οικονομίας δημιουργώντας πληθωρισμό και μειώνοντας το διαθέσιμο εισόδημα των καταναλωτών με τελικό αποτέλεσμα οικονομική ύφεση. Μόνο αυτή θα καταφέρει να αποτρέψει αρκετή ζήτηση ώστε οι τιμές να ισορροπήσουν σε χαμηλότερα επίπεδα.

Βλέπουμε λοιπόν ότι η ενέργεια, λόγω της φύσης της, ακολουθεί καμπύλη ανελαστικής ζήτησης στην οικονομία και κάθε αύξηση του κόστους της (είτε σε οικονομικούς, είτε σε ενεργειακούς όρους) έχει πολλαπλάσια αρνητική επίδραση.

Άλλο κλασικό επιχείρημα είναι η θεώρηση ότι οι υπηρεσίες είναι αποδεσμευμένες από τα δεσμά της ενέργειας και έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν ανάπτυξη στην οικονομία ανεξαρτήτως ενεργειακού κόστους. Είναι δεδομένο ότι η σύγχρονη ηλεκτρονική οικονομία έχει πολύ μικρό ενεργειακό αποτύπωμα και το κόστος ενέργειας ανά μονάδα προϊόντος της είναι εξαιρετικά μικρό. Παράλληλα, λόγω ακριβώς του μειωμένου κόστους παραγωγής των υπηρεσιών, μία επέκταση της κυκλοφορίας χρήματος είναι αρκετά πιθανό να έχει θετική επίδραση στην ανάπτυξή τους (αντί για πληθωριστικές πιέσεις).

Αυτό όμως το οποίο δε λαμβάνεται υπόψη είναι ότι η ζήτηση για υπηρεσίες προκύπτει από την περίσσεια εισοδήματος των καταναλωτών, αφού ικανοποιήσουν τις βασικές τους ανάγκες για υλικά αγαθά. Τα τρόφιμα απαιτούν δεκαπλάσια ενεργειακή επένδυση σε σχέση με την ενέργεια (σε θερμίδες) που παρέχουν ενώ και τα υπόλοιπα υλικά αγαθά έχουν μεγάλη επενδυμένη ενέργεια υπό την μορφή κόστους υλικών, παραγωγής και μεταφοράς στον καταναλωτή. Η αύξηση της τιμής της ενέργειας (η οποία στις περισσότερες των περιπτώσεων είναι εισαγόμενη) έχει απευθείας αυξητική επίδραση στις τιμές τους, αρνητική επίδραση στους μισθούς (είτε μέσω πληθωρισμού, είτε μέσω ανεργίας και μείωσης των μισθών) και τελικά μειώνει το εισόδημα που είναι δυνατόν να κατευθυνθεί προς τον κλάδο των υπηρεσιών. Η αύξηση της κυκλοφορίας χρήματος σε αυτή την περίπτωση θα λειτουργήσει περισσότερο αρνητικά αυξάνοντας τις πληθωριστικές πιέσεις ενώ θα υποτιμήσει την αξία του νομίσματος με συνέπεια η εισαγόμενη ενέργεια να γίνει περισσότερο ακριβή.

Το παραπάνω είναι ακόμα πιο σαφές σε ενεργειακούς όρους και ειδικότερα σε σχέση με το λεγόμενο EROEI (Energy Return On Energy Invested). Στις πρωτόγονες κοινωνίες ο άνθρωπος απλώς κατάφερε να λαμβάνει αρκετή ενέργεια ώστε να επιβιώνει μην αφήνοντας περίσσεια για την πραγματοποίηση άλλων δραστηριοτήτων. Στη σύγχρονη κοινωνία, των ορυκτών καυσίμων, επιτυγχάνουμε EROEI πάνω από 20-30:1 με αποτέλεσμα πολύ μικρό μέρος της οικονομίας, των ανθρώπων, των μέσων παραγωγής να καταναλώνονται στην παραγωγή της ενέργειας με το μεγαλύτερο ποσοστό να απασχολείται με άλλες οικονομικές δραστηριότητες, είτε παραγωγής αγαθών, είτε υπηρεσιών. Η αύξηση των ενεργειακών τιμών ουσιαστικά αποτυπώνει την επιδείνωση του EROEI. Με άλλα λόγια, το μεγαλύτερο μέρος της οικονομίας απαιτείται να απασχολείται στην παραγωγή της ενέργειας αντί άλλων αγαθών.

1.5 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Σύμφωνα με στοιχεία από τη ΔΕΗ Α.Ε., ο ηλεκτρισμός στην Ελλάδα φτάνει το 1889 όταν η Γενική Εταιρεία Εργοληψιών κατασκευάζει στην Αθήνα την πρώτη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, ενώ μέχρι το 1929 είχαν ηλεκτροδοτηθεί περισσότερες από 250 μεγάλες ελληνικές πόλεις. Αρχικά, η ηλεκτροδότηση γινόταν από πολυεθνικές εταιρείες, οι οποίες χρησιμοποιούσαν ως πρώτη ύλη το πετρέλαιο και το γαιάνθρακα, που εισάγονταν από το εξωτερικό, με αποτέλεσμα η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος να εκτοξευθεί στα ύψη (τριπλάσια ή και πενταπλάσια από τις τιμές που επικρατούσαν στις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες), λόγω του υψηλού κόστους των εισαγόμενων πρώτων υλών. Η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος αρχίζει να μειώνεται το 1950 με την ίδρυση της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ), η οποία σκοπό έχει τη χάραξη μίας εγχώριας ενεργειακής πολιτικής, εκμεταλλευόμενη εγχώριους πόρους για την παραγωγή ενέργειας, οδηγώντας έτσι σε πιο προσιτές τιμές.

Το 1956 αποφασίστηκε η εξαγορά όλων των ιδιωτικών και δημοτικών επιχειρήσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να υπάρχει ένας ενιαίος φορέας διαχείρισης. Έτσι, η ΔΕΗ εξαγόρασε σιγά-σιγά όλες αυτές τις επιχειρήσεις και ενέταξε το προσωπικό τους στις τάξεις της, πετυχαίνοντας την ενεργειακή αυτονομία της χώρας.

Μετά από τις δύο πετρελαϊκές κρίσεις της δεκαετίας του εβδομήντα και τον αντίκτυπό τους στην Ελληνική οικονομία, οι ενεργειακές πολιτικές που υιοθετήθηκαν είχαν στόχο τη μείωση της εξάρτησης του ενεργειακού συστήματος της χώρας από το πετρέλαιο.

Βασικό στοιχείο αυτών των πολιτικών ήταν:

- η αξιοποίηση των εγχώριων πηγών ενέργειας όπως ο λιγνίτης και το υδροδυναμικό,
- η δημιουργία έργων υποδομής για την παραγωγή ηλεκτρισμού και τη διασύνδεση με τις γειτονικές χώρες και τέλος
- η διαφοροποίηση της προσφοράς ενέργειας με την εισαγωγή του φυσικού αερίου.

Η ΔΕΗ ήταν μια δημόσια επιχείρηση μέχρι τον Ιανουάριο του 2001, όταν έγινε ανώνυμη εταιρεία (Α.Ε.) ενώ από 12.12.2001 έχει εισαχθεί στα Χρηματιστήρια Αξιών Αθηνών και Λονδίνου. Μόνο το 2% της ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται από άλλους και χρησιμοποιείται από βιομηχανίες που την παράγουν οι ίδιες. Η ΔΕΗ δεν αντιμετωπίζει κανένα σοβαρό ανταγωνισμό από το εξωτερικό δεδομένου ότι η Ελλάδα δεν έχει σημαντικές άμεσες συνδέσεις ηλεκτρικής ενέργειας με άλλες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.) ή τα μέλη του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (Ι.Ε.Α.). Οι υπάρχουσες συνδέσεις με άλλες βαλκανικές χώρες χρησιμοποιήθηκαν μόνο για εξισορρόπηση και αποθεματικές συναλλαγές. Επίσης, δεν υπάρχει σχέση με την Τουρκία, αλλά η ΔΕΗ και η Τ.Ε.Α.Σ. (δηλαδή η τουρκική χρησιμότητα), έχουν προγραμματίσει ένα Διευρωπαϊκό Δίκτυο Ενέργειας στο πλαίσιο του Προγράμματος της Ε.Ε. Τέλος, μετά από το 2001, μια μικρή σύνδεση με την Ιταλία παρέχει περιορισμένο ανταγωνισμό, που ανήκει από κοινού στη ΔΕΗ και την Ε.Ν.Ε.Λ. Οι μεταρρυθμίσεις αυτές έχουν αυξήσει τον ανταγωνισμό στον τομέα της ενέργειας και λέγεται ότι έχουν φέρει σημαντικά οφέλη για τους καταναλωτές.

Οι οικονομικοί στόχοι του τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας είναι να ικανοποιήσει τη ζήτηση, να προωθήσει τον ανταγωνισμό, καθώς και την προστασία των καταναλωτών όσον αφορά στις τιμές και στην ποιότητα. Παράλληλα, η μείωση των εμποδίων εισόδου στην αγορά, η δημιουργία ανταγωνιστικών εταιρειών παραγωγής και η ενίσχυση του ρυθμιστικού

καθεστώς, παρέχουν ένα δρόμο προς τους στόχους της μεγαλύτερης αποτελεσματικότητας.

Η ΔΕΗ Α.Ε. δραστηριοποιείται ως Παραγωγός και είναι ο κύριος Προμηθευτής ηλεκτρικής ενέργειας. Κατέχει (στοιχεία 2013) περίπου το 75% της εγκατεστημένης ισχύος των θερμοηλεκτρικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής στην ηπειρωτική Ελλάδα συμπεριλαμβάνοντας στο ενεργειακό της μείγμα λιγνιτικούς, υδροηλεκτρικούς και πετρελαϊκούς σταθμούς, καθώς και σταθμούς φυσικού αερίου, αλλά και μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Παράγοντας σχεδόν το 50% της ηλεκτρικής της παραγωγής από λιγνίτη, το 10% από πετρέλαιο, το 17% από φυσικό αέριο, το 10% από υδροηλεκτρικούς σταθμούς, το 6% από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) και το 7% από διασυνδέσεις, είναι ο 2ος μεγαλύτερος παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας από λιγνίτη στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Προμηθεύει περίπου το 98% (στοιχεία 2013) της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Τέλος, σύμφωνα με τη σχετικά πρόσφατη ελληνική νομοθεσία (ν. 4001/2011), παραμένει στην ιδιοκτησία της το δίκτυο διανομής συνολικού μήκους 217.000 χλμ. (στοιχεία 2009), ενώ η κυριότητα του εθνικού συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας μήκους 11.650 χλμ. μεταβιβάζεται στον ΑΔΜΗΕ Α.Ε..

Μετά την απόσχιση από τη ΔΕΗ Α.Ε. των κλάδων Μεταφοράς και Διανομής, δημιουργήθηκαν δύο 100% θυγατρικές εταιρείες της ΔΕΗ Α.Ε., ο ΑΔΜΗΕ Α.Ε. (Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε.) και ο ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. (Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε.). Ο ΑΔΜΗΕ Α.Ε. έχει την ευθύνη της διαχείρισης, λειτουργίας, ανάπτυξης και συντήρησης του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας και των διασυνδέσεών του, ενώ ο ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. έχει την ευθύνη για τη διαχείριση, ανάπτυξη, λειτουργία και συντήρηση του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Η ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε., ως 100% θυγατρική εταιρεία της ΔΕΗ Α.Ε., έχει παραλάβει τη σκυτάλη της διαχείρισης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) από τη μητρική εταιρεία, με στόχο την ανάπτυξη του κλάδου.

1.6 ΖΗΤΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Κατά την ανάλυση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, υπάρχουν διάφορα κριτήρια, μέσω των οποίων μπορούμε να ορίσουμε μία ταξινόμηση (Bendez and Gallardo, 2006). Το πρώτο σχετίζεται με τις απαιτούμενες στατιστικές πληροφορίες, δηλαδή, εάν τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία εκτίμησης προέρχονται από συγκεντρωτικές, ημι-συγκεντρωτικές ή εξατομικευμένες πηγές. Το δεύτερο κριτήριο σχετίζεται με τη χρονική διάσταση, που εκτιμά εάν επιτρέπεται η υποκατάσταση των διαρκών αγαθών ή των πηγών ενέργειας με την πάροδο του χρόνου ή όχι. Τέλος, το τρίτο κριτήριο βασίζεται σε μια ιστορική προοπτική, συνδέοντας ποικίλες μελέτες ζήτησης με ορισμένες διαταραχές της ζήτησης, κανονιστικές πολιτικές, καθώς και την πρόοδο στην οικονομική θεωρία.

Σε αυτό το σημείο, ο Πίνακας 5 παρουσιάζει μια σύντομη περιγραφή καθεμιάς από τις τρεις κατηγορίες.

Πίνακας 5: Κριτήρια ταξινόμησης ηλεκτρικής ενέργειας

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ			
	συγκεντρωτικά	ημι-συγκεντρωτικά	εξατομικευμένα
	<u>Βραχυπρόθεσμα</u>		<u>Μακροπρόθεσμα</u>
Πεδίο εφαρμογής	Σταθερά αποθέματα εξοπλισμού. Περιορισμένες δυνατότητες υποκατάστασης		Ρητή μοντελοποίηση των επιλογών εφαρμογών χαρτοφυλακίου Δυνατότητα υποκατάστασης μεταξύ πηγών ενέργειας.
	Πριν το 1973	1973-1986	1987 και μετά
	Πρώτες μελέτες σχετικά με τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας	Οι πετρελαϊκές κρίσεις (1973 και 1979) θα δημιουργήσουν μια σειρά από μελέτες προσανατολισμένες προς τη μέτρηση της αντίδρασης των νοικοκυριών στις αλλαγές τιμών	Η απελευθέρωση των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας σε Ηνωμένο Βασίλειο και ΗΠΑ θα αναζωπυρώσει το ενδιαφέρον για τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας

Πηγή: *Bendezú and Gallardo (2006)*

Από την άλλη πλευρά, οι μελέτες που χρησιμοποιούν ημι-συγκεντρωτικά δεδομένα επιδιώκουν να εκτιμηθεί η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας σε κλαδικό επίπεδο ή να προσπαθήσουν να καθορίσουν τη συμπεριφορά των πωλήσεων ηλεκτρικής ενέργειας σε διάφορες περιοχές μιας χώρας.

Τέλος, εξατομικευμένες διαδικασίες εκτίμησης χρησιμοποιούν οικιακά ή σε επιχειρησιακό επίπεδο δεδομένα. Είναι γνωστό ότι το κύριο πλεονέκτημα αυτών είναι η ρητή μοντελοποίηση των επιλογών και των απαντήσεων ως προς τις τιμές και τις εισοδηματικές αλλαγές, οι οποίες λαμβάνονται ως δεδομένα στις άλλες δύο κατηγορίες.

1.6.1 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ ΖΗΤΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Σύμφωνα με τους Bendez and Gallardo (2006) , υπάρχουν τρία στάδια που θα μπορούσαν να προσδιοριστούν, χρησιμοποιώντας την ιστορική άποψη. Κάθε ένα σχετίζεται με ορισμένα γεγονότα που συνέβησαν στην παγκόσμια οικονομία. Η πρώτη κυμαίνεται από τη δεκαετία του 1950 μέχρι την πετρελαϊκή κρίση του 1973. Η δεύτερη ξεκινά το 1973, περνά μέσα από τη θέσπιση της κανονιστικής πράξης Υπηρεσιών Κοινής Ωφέλειας (Public Utilities Regulatory Act-PURPA) το 1978 και καταλήγει στις αρχές του 1980, και η τελευταία αρχίζει το 1983 μέχρι σήμερα. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1950, μπορούμε να βρούμε ορισμένες μελέτες που χρησιμοποιούν ημι-συγκεντρωτικά και εξατομικευμένα στοιχεία, όπως των Houthakker (1951), Fisher and Kaysen (1962), Wilson (1970), και Anderson (1972). Οι μελέτες προσπάθησαν να καθορίσουν ποιοι ήταν οι κύριοι προσδιοριστικοί παράγοντες της ζήτησης ενέργειας και αν ήταν διαφορετικοί μεταξύ των διακριτών τύπων των χρηστών ή των περιφερειών.

Η πετρελαϊκή κρίση του 1973 προκάλεσε σημαντική αλλαγή στη διάρθρωση του κόστους των υπηρεσιών κοινής ωφελείας (δεδομένου ότι ένα ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται από τα ορυκτά καύσιμα), που οδηγεί στην εισαγωγή προγράμματος διαχείρισης της ζήτησης. Για να γίνει αυτό, ήταν απαραίτητη η κατανόηση εις βάθος των χαρακτηριστικών των καταναλωτών, ενώ τα μοντέλα της ζήτησης διαδραμάτισαν μείζονα ρόλο για το έργο αυτό.

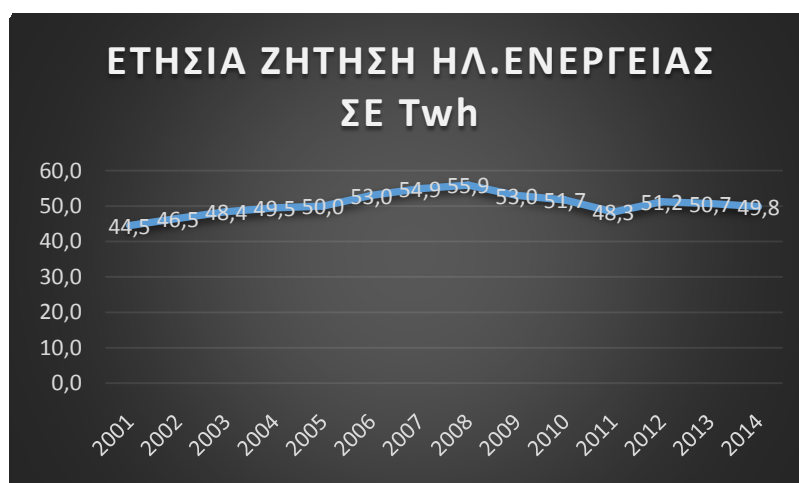
Σε αυτή την περίοδο, μπορούμε να αναφέρουμε τις μελέτες των Halvorsen (1975), Taylor (1976), McFadden, Puig & Kirshner (1977), Murray et. al. (1978), Battalio et. al. (1979), Hausman et. al. (1979), και Aigner Hausman (1978), Parti & Parti (1981), Westley (1984), Dubin & McFadden (1984), Dubin (1985) και McFadden, Miedemay Chandran (1986).

Τέλος, η απορρύθμιση στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, που ξεκίνησε στο Ηνωμένο Βασίλειο, και η τελική μοίρα της διαδικασίας απελευθέρωσης της Καλιφόρνιας οδήγησε σε ένα τρίτο κύμα των μελετών, εκ των οποίων των Belanger et. al (1997), Wolak (2001), Reiss & White (2001) και Filippini & Pachauri (2004) αξίζει να αναφερθούν.

1.6.2 Η ΖΗΤΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στο σχήμα 4 απεικονίζεται η εξέλιξη της Συνολικής Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας του Συστήματος από το 2001 και μετά στην Ελλάδα, σύμφωνα με στοιχεία από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (www.statistics.gr). Την περίοδο 2001 – 2008 υπήρξε συνεχής αύξηση της συνολικής ζήτησης. Από το 2008 και έπειτα, ως επακόλουθο της οικονομικής κρίσης, παρατηρούμε, με εξαίρεση το 2012, μία συνεχή μείωση της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας.

Σχήμα 4: Ετήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (Twh)

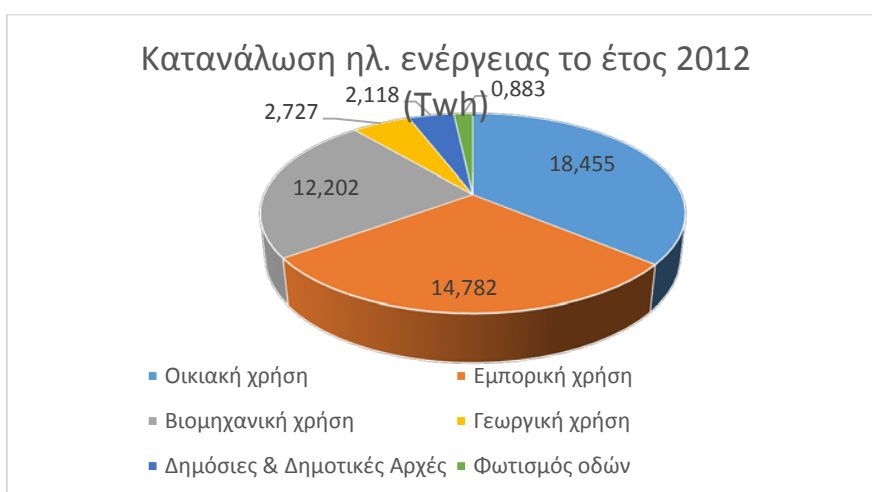


Ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης της συνολικής καθαρής ζήτησης κατά την περίοδο 2002-2008 ήταν 3,3%, παρουσιάζοντας σημαντική μείωση σε σχέση με τις περασμένες δεκαετίες. Το 2008, στην αρχή της οικονομικής κρίσης, η συνολική ζήτηση ήταν 55,9 TWh, παρουσιάζοντας αύξηση 1,8% σε σχέση με το 2007. Στη συνέχεια παρατηρούμε ότι το 2009 παρουσιάζεται μια σημαντική μείωση της ζήτησης της τάξης του 5,2% σε σχέση με το 2008, η οποία οφείλεται στην μείωση των βιομηχανικών φορτίων κατά 20,19%, ενώ από το 2008 μέχρι το 2014 η συνολική ζήτηση παρουσιάζεται μειωμένη κατά 10,9%, με μέσο ρυθμό μείωσης 1,8%. Τέλος, αξίζει να σημειώσουμε ότι από το 2011 στο 2012 παρουσιάζεται μία μικρή αύξηση της ζήτησης κατά 6%.

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφέρουμε, ότι ένας λόγος για τη μείωση της ζήτησης τα τελευταία χρόνια, είναι η μείωση των τοπικών φορτίων των Υ/Σ Διανομής, η οποία οφείλεται στην ανάπτυξη της διεσπαρμένης παραγωγής, ιδίως λόγω των φωτοβολταϊκών που συνδέονται απευθείας στη Χ.Τ. και τη Μ.Τ.

Το σχήμα 5 αναφέρεται, ενδεικτικά, στην κατανομή της συνολικής ενέργειας κατά το έτος 2012 στην Ελλάδα, σύμφωνα με στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ.

Σχήμα 5: Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας κατά το έτος 2012



2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

2.1. ΓΕΝΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

Οι εμπειρικές μελέτες σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας μπορούν να χωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες: την ανάλυση αιτιότητας, η οποία έρευνα την αιτιώδη σχέση μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας και της οικονομικής ανάπτυξης, και την προσέγγιση μοντελοποίησης, η οποία καθορίζει τους παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή ζήτηση σε μοντέλα της ενεργειακής κατανάλωσης. Η μοντελοποίηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας εμπλέκεται στην ανάπτυξη προηγμένων τεχνικών κατά τις τελευταίες δεκαετίες.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι οικονομολόγοι της ενέργειας, οι ερευνητές και οι φορείς χάραξης πολιτικής έχουν δείξει ανανεωμένο ενδιαφέρον για την ανάλυση των προσδιοριστικών παραγόντων της ζήτησης ενέργειας, τις λειτουργίες της κατανάλωσης, καθώς και την ανάγκη να αποκτήσει κανείς ακριβείς εκτιμήσεις ως προς τις παραμέτρους της ενεργειακής ζήτησης για το σκοπό της πρόβλεψης, της διαχείριση της ζήτησης και της πολιτικής ανάλυσης. Έτσι, η έμφαση έχει μετατοπιστεί προς την ηλεκτρική ενέργεια ως εισροή ενέργειας με την οικονομική σημασία της τόνωσης της κοινωνικό-οικονομικής και τεχνολογικής ανάπτυξης της κάθε οικονομίας.

Η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα είναι κυρίως για βιομηχανικούς, εμπορικούς και οικιστικούς σκοπούς. Λαμβάνοντας υπόψη τις αλλαγές που έχει επιφέρει στην καθημερινότητα και, κατά συνέπεια, στη ζωή μας η οικονομική κρίση, καθίσταται επιτακτική ανάγκη να μελετήσουμε τους βασικούς προσδιοριστικούς παράγοντες της ζήτησης και της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, προκειμένου να αποκτήσουμε εμπειρική γνώση όσον αφορά τη ζήτηση και κατανάλωση της. Οι οικονομικοί παράγοντες (τιμή και πραγματικό εισόδημα) έχουν αναλάβει τις υπομόχλιες λειτουργίες μοντελοποίησης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ ο πληθυσμός, η αστικοποίηση και οι κλιματικές συνθήκες συχνά περιλαμβάνονται ως πρόσθετες ερμηνευτικές μεταβλητές. Σε γενικές γραμμές, η δυναμική της ζήτησης και της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας είναι γνωστό ότι παρουσιάζουν εποχικότητα, υψηλή μεταβλητότητα και αιχμές. Λόγω αυτών των ειδικών χαρακτηριστικών των προϊόντων της ηλεκτρικής ενέργειας, απαιτείται η χρήση ειδικών μοντέλων για την εκτίμηση και την πρόβλεψη αυτών των μεταβλητών.

Στον τομέα της οικονομίας, η έννοια της κατανάλωσης, αναφέρεται σε δαπάνες για διαρκή και μη διαρκή καταναλωτικά αγαθά και υπηρεσίες. Έτσι, η κατανάλωση είναι η συνολική ποσότητα των αγαθών και υπηρεσιών που οι άνθρωποι σε μια δεδομένη οικονομία επιθυμούν να αγοράσουν για άμεση κατανάλωση. Η ηλεκτρική ενέργεια από την άλλη πλευρά είναι μια μορφή ενέργειας που προκύπτει από την ύπαρξη των φορτισμένων σωματιδίων απαραίτητα για να τροφοδοτηθούν μηχανήματα, συσκευές και ο φωτισμός. Ως εκ τούτου, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι η συνολική ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας (kWh) που είναι διαθέσιμη σε μια δεδομένη οικονομία για άμεση κατανάλωση. Τα θεμέλια της θεωρίας για αυτό το έργο είναι το άθροισμα της θεωρίας της κατανάλωσης, η οποία διατυπώθηκε από τον John Maynard Keynes, στη Γενική Θεωρία του 1936. Σύμφωνα με τη θεωρία του Keynes, η συνολική κατανάλωση είναι θετική αλλά φθίνουσα συνάρτηση του συνολικού εισοδήματος. Έχει διατυπωθεί η άποψη ότι η συνολική κατανάλωση είναι συνάρτηση του συνόλου του τρέχοντος διαθέσιμου εισοδήματος. Η σχέση μεταξύ της κατανάλωσης και των εσόδων βασίζεται στον ψυχολογικό νόμο της κατανάλωσης ο οποίος αναφέρει ότι όταν το εισόδημα αυξάνει, αυξάνονται και οι δαπάνες κατανάλωσης, αλλά λιγότερο από την αύξηση των εσόδων. Η σύνδεση της θεωρίας με την παρούσα μελέτη είναι σχετικά με το γεγονός ότι, όπως το εισόδημα αυξάνει τη ζήτηση για

τις ηλεκτρικές συσκευές, δημιουργείται έτσι μια αύξηση της ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται, και το αντίστροφο. Επίσης, καθώς αυξάνεται το εισόδημά, η ατομική ικανότητα αποταμίευσης ενισχύεται με αυτόν τον τρόπο, δημιουργώντας ένα μέσο έλξης των πόρων για επενδύσεις σε παραγωγικούς τομείς της οικονομίας που με τη σειρά του οδηγεί σε αύξηση της βιομηχανικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (Ayila Ngutsav & Raymond Aor, 2014).

Η βιβλιογραφία στη ζήτηση και στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας συχνά πραγματοποιούνται με έμφαση στη συνιστώσα της ζήτησης κατοικιών Halicioğlu (2007) , Ziramba (2008), De Vita, Endresen and Hunt (2006), με την ενσωμάτωση των διαρθρωτικών και δημογραφικών παραγόντων, όπως του πληθυσμού, της αστικοποίησης, τις κλιματικές συνθήκες, μαζί με οικονομικούς παράγοντες, όπως το πραγματικό εισόδημα και η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας οι οποίες προσδιορίζονται ως οι πρωταρχικοί από τους προσδιοριστικούς παράγοντες της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Η σημασία των αποτελεσμάτων αυτών των μελετών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την επιλογή των μεταβλητών, τις οικονομετρικές μεθόδους, τη συχνότητα των δεδομένων και το στάδιο ανάπτυξης.

Πρόσφατες μελέτες έχουν επίκεντρο την ηλεκτρική ενέργεια ως σημαντική ενέργεια που χρησιμοποιείται για την επιτάχυνση της αναπτυξιακής διαδικασίας. Οι μελέτες αυτές, οι οποίες είναι σε αναλυτική μορφή, έχουν επικεντρωθεί σε διάφορες χώρες, όπως για παράδειγμα: Halicioğlu (2007) για την Τουρκία, Zachariades and Pashourtidou (2007) για την Κύπρο, Narayan and Smyth (2006) για την Αυστραλία, Galindo (2007) για το Μεξικό, Holtedahl and Joutz (2004) για την Ταϊβάν, Filippini and Pachauri (2004) για την Ινδία, Hunt, Judge and Ninomiya, (2003) για το Ηνωμένο Βασίλειο, Sa'ad (2009) για τη Νότια Κορέα, Donatos and Mergos (1991) για την Ελλάδα, μεταξύ άλλων.

Στη μοντελοποίηση των προσδιοριστικών παραγόντων της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, ποικιλομορφία προσεγγίσεων έχουν υιοθετηθεί. Οι Dincer and Dost (1997) ενσωματώνουν τη μεταβλητή του πραγματικού εισοδήματος για την ανάλυση της ζήτησης και της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και αποκλείουν άλλες μεταβλητές. Ο Ziramba (2008) περιέλαβε το πραγματικό εισόδημα και την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας στη ζήτηση μοντελοποίησης για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Οι Al-Faris (2002), Narayan and Smith (2006), προχώρησαν ένα βήμα παραπέρα περιλαμβάνοντας το πραγματικό εισόδημα, την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας και τις τιμές των υποκατάστατων της, Οι Lin (2003) και Sa'ad (2009) χρησιμοποίησαν το πραγματικό εισόδημα, την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας, την αύξηση του πληθυσμού, τις διαρθρωτικές αλλαγές και τη βελτίωση της αποδοτικότητας ως μεταβλητές στα μοντέλα τους. Εκτός από τις σημαντικές μεταβλητές, όπως το πραγματικό εισόδημα, η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας και η αύξηση του πληθυσμού, άλλες μελέτες όπως Nasr, Badr και Dibeh (2000), κ.ά. Beenstock. (1999), Donatos and Mergos (1991) εισήγαγαν μια μεταβλητή για να συλλάβει τις κλιματικές συνθήκες στο μοντέλο τους.

Κατά κύριο λόγο, η ζήτηση για τα περισσότερα αγαθά επηρεάζεται από δύο βασικές μεταβλητές, δηλαδή, το εισόδημα και τις τιμές. Το ύψος του εισοδήματος που διαμεσολαβεί (proxies), το επίπεδο της οικονομικής δραστηριότητας, καθώς και το βιοτικό επίπεδο είναι ίσως ο πιο σημαντικός προσδιοριστικός παράγοντας της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας. Η ζήτηση για ηλεκτρικά αγαθά και υπηρεσίες (π.χ. τηλεόραση, ψυγεία, κλιματιστικά κ λ π), αυξάνει καθώς ανεβαίνει το εισόδημα. Αυτό συνεπάγεται σημαντική πίεση στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για τη χρήση τους. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει μια θετική συσχέτιση μεταξύ του εισοδήματος και της κατανάλωσης ηλεκτρικής

ενέργειας. Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Οι υψηλότερες τιμές προκαλούν σημαντική μείωση της ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια κυρίως βραχυπρόθεσμα, ενώ μακροπρόθεσμα, τονώνεται η αγορά από την εναλλακτική λύση πιο αποδοτικών συσκευών ενέργειας.

Άλλοι αξιοσημείωτοι παράγοντες περιλαμβάνουν τον πληθυσμό, τις τιμές των υποκατάστατων της ενέργειας, την αστικοποίηση, τις κλιματικές συνθήκες και το επίπεδο της εκβιομηχάνισης. Ο Πληθυσμός αποτελεί σημαντικό δομικό παράγοντα που επηρεάζει το επίπεδο της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε μια οικονομία. Η σχέση είναι θετική, δηλαδή όσο υψηλότερος ο πληθυσμός, τόσο αναμένεται να αυξηθεί η ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια. Η βιομηχανική βάση της οικονομίας βάζει σημαντική πίεση στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Καθώς η ραγδαία βιομηχανική ανάπτυξη εντείνεται, ηλεκτρική ενέργεια κατά συνέπεια απαιτείται για την τροφοδοσία του εξοπλισμού παραγωγής και μηχανημάτων για την αυξημένη χρησιμοποίηση της παραγωγικής ικανότητας.

Μεταβολές της οικονομικής δομής μπορεί να επιφέρουν σημαντική αύξηση (ή μείωση) στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Παράγοντες όπως το μέγεθος των νοικοκυριών, η ηλικιακή κατανομή και οι κλιματικές συνθήκες μιας περιοχής θα έχουν επιπτώσεις στην κατανάλωση ενός νοικοκυριού όσον αφορά την ηλεκτρική ενέργεια. Οι Gladhart, Morrison and Zuiches (1986) βρίσκουν ότι οι κοινωνικό-δημογραφικοί παράγοντες όπως το μέγεθος της οικογένειας, η ηλικιακή κατανομή και ο αριθμός των μισθωτών στο νοικοκυριό είναι σημαντικοί για τον προσδιορισμό της χρήσης της ενέργειας. Η δομή των νοικοκυριών καθορίζει τις συνθήκες ζωής σε ένα συγκεκριμένο νοικοκυριό. Όσο μεγαλύτερο το νοικοκυριό, τόσο περισσότερες ηλεκτρικές συσκευές χρησιμοποιεί, καταναλώνοντας κατά συνέπεια περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια, σε σχέση με τα μικρότερα νοικοκυριά. Ωστόσο, σε κατά κεφαλή βάση, τα μικρότερα νοικοκυριά τείνουν να χρησιμοποιούν περισσότερη ενέργεια από τα μεγαλύτερα (Schipper, Barrlett, Hawk and Vine, 1989). Παρομοίως, η ηλικιακή κατανομή, θα έχει κάποιες επιρροές στην κατανάλωση ενέργειας των νοικοκυριών. Τα άτομα της τρίτης ηλικίας και ίσως οι συνταξιούχοι τείνουν να παραμείνουν στα σπίτια τους και να χρησιμοποιούν περισσότερη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη από τους νεαρούς και μεσήλικες ανθρώπους που πηγαίνουν να εργαστούν ή στο σχολείο/ πανεπιστήμιο καθημερινά. Ομοίως, το κλίμα παίζει επίσης σημαντικό ρόλο στην οικιακή κατανάλωση ενέργειας. Είναι γνωστό ότι οι άνθρωποι τείνουν να καταναλώνουν περισσότερο ρεύμα για καύσιμα για να θερμάνουν τα σπίτια τους κατά τη διάρκεια του χειμώνα και για κλιματισμό κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου. Η αύξηση του πληθυσμού και του βιοτικού επιπέδου είναι επίσης μεταξύ των διαρθρωτικών προσδιοριστικών παραγόντων που μπορούν να επηρεάσουν τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Με αύξηση του πληθυσμού αναμένεται να αυξηθεί η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Η αύξηση του πληθυσμού στη Ελλάδα ήταν μέτρια κατά την περίοδο της μελέτης.

Ο τρόπος ζωής των νοικοκυριών επιφέρει σημαντική αύξηση (ή μείωση) της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στα νοικοκυριά. Μια απόφαση από ένα νοικοκυριό για να μετακινηθεί από π.χ. τα καυσόξυλα ως πηγή ενέργειας σε πιο βολικές και φιλικές προς το περιβάλλον ηλεκτρικές συσκευές και συστήματα θέρμανσης, θα επιφέρει μια σημαντική αύξηση σε κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου. Ενώ και άλλοι παράγοντες διαδραματίζουν θεμελιώδη ρόλο στη διαμόρφωση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, ο τρόπος ζωής των νοικοκυριών είναι εξίσου σημαντικός προσδιοριστικός παράγοντας για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Μια σειρά από μοντέλα έχουν δοκιμαστεί για τον καθορισμό των προσδιοριστικών παραγόντων που επηρεάζουν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Για παράδειγμα, για τον καθορισμό των παραγόντων που επηρεάζουν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ταϊβάν, οι Holtedahl and Joutz (2004) αναφέρουν ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh) μπορεί να εκφραστεί, σε γενικές γραμμές, ως συνάρτηση των οικονομικών παραγόντων, καθώς και το απόθεμα του ηλεκτρικού εξοπλισμού που χρησιμοποιεί ενέργεια. Ως εκ τούτου, η μελέτη αναφέρει ότι τα δύο αυτά διάνυσμα μεταβλητών έχουν ανεξάρτητες και αλληλεξαρτώμενες επιπτώσεις στη ζήτηση και την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Οι Holtedahl and Joutz (2004), τροποποίησαν το μοντέλο τους ώστε να ταιριάζει στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Οι Mohammed and Bodger (2006), προβλέποντας την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της Νέας Ζηλανδίας, έκαναν μια σύγκριση της αξιοπιστίας των τριών μοντέλων που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να καταλήξουμε σε ένα πιο πρακτικό μοντέλο κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Τα μοντέλα αυτά περιλαμβάνουν: το logit μοντέλο, το μοντέλο ARIMA και μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης. Ένα άλλο μοντέλο που ελήφθη υπόψιν, είναι το μοντέλο ARIMA. Αυτό το μοντέλο αναπτύχθηκε από τους Box and Jenkins σε (1970). Το τελευταίο μοντέλο το οποίο είναι το μοντέλο Πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης (MLR), θεωρείται κατάλληλο, διότι μπορεί να λάβει υπόψιν οικονομικές και δημογραφικές μεταβλητές. Μπορεί, επίσης, να εφαρμοστεί για βραχυπρόθεσμη ή μακροπρόθεσμη πρόβλεψη ηλεκτρικής ενέργειας. Παραδείγματα μεταβλητών που χρησιμοποιούνται στα μοντέλα είναι το ΑΕΠ, ο πληθυσμός, η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας, οι βιομηχανίες, οι αγορές, κ. α.

Οι Fisher and Kaysen (1992) προτείνουν ένα μοντέλο δύο σταδίων για τον προσδιορισμό της οικιακής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Η κατανάλωση βραχυπρόθεσμα (το πρώτο στάδιο) εξαρτάται από μεταβλητές όπως το εισόδημα, Y_t και η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος.

ΤΙΜΕΣ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΤΩΝ ΑΓΑΘΩΝ

Οι μελέτες που χρησιμοποιούν, τις τιμές υποκατάστατων μεγεθών, όπως το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο θέρμανσης, επικεντρώνονται κυρίως στη μελέτη ανεπτυγμένων χωρών, όπως οι Η.Π.Α. και η Αυστραλία, όπου η πρόσβαση σε υποκατάστατες μορφές ενέργειας είναι εφικτή, ενώ ταυτόχρονα οι πελάτες έχουν τη δυνατότητα μακροπρόθεσμα να αντιδράσουν σε αυτή την αλλαγή με την αγορά κατάλληλων συσκευών. Η μελέτη των Kamerschen et. Porter (2004) υπολογίζει την ελαστικότητα της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας ως προς τις τιμές του φυσικού αερίου για τις Η.Π.Α. κατά την περίοδο 1973-1998, τόσο για τον οικιακό όσο για τον βιομηχανικό τομέα. Και στις δυο περιπτώσεις η τιμή εμφανίζει μια στατιστικά σημαντική ελαστική σχέση, 0.48 και 0.32 για τον οικιακό και βιομηχανικό τομέα αντίστοιχα.

Ο Cerrutti (2000) υπολογίζει τις ελαστικότητες της οικιακής ζήτησης ως προς την τιμή και το εισόδημα για την πολιτεία της Καλιφόρνια των Η.Π.Α., λαμβάνοντας δεδομένα από την περίοδο 1983-1997 για τα παραπάνω μεγέθη, αλλά και για τον καιρό και την τιμή του φυσικού αερίου. Η μελέτη καταλήγει ότι το εισόδημα δεν έχει σημαντική επιρροή ως προς την τελική διαμόρφωση της ζήτησης, ενώ η τιμή του φυσικού αερίου κρίνεται μη σημαντική.

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ-ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Στην κατηγορία αυτή, εντάσσεται ένα μεγάλο εύρος παραγόντων, το οποίο διαφοροποιείται σημαντικά ανάλογα με την υπό εξέταση χώρα καθώς και τον τομέα ανάλυσης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Αδιαμφισβήτητα, η μοντελοποίηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στον οικιακό τομέα εντοπίζει προσδιοριστικούς παράγοντες, οι οποίοι σχετίζονται με τις γενικότερες καταναλωτικές συνήθειες των πελατών καθώς και την εξέλιξη δημογραφικών μεγεθών, όπως ο πληθυσμός και ο βαθμός αστικοποίησης.

Η εργασία του Fillippini (1999) παρουσιάζει μια εμπειρική ανάλυση για την οικιστική ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια στην ελβετική αγορά. Ο σκοπός της μελέτης είναι να συμβάλει στην εμπειρική βιβλιογραφία της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας κατά την ώρα της χρήσης, με τον υπολογισμό των βραχυπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων ελαστικότητων της ζήτησης ως προς την τιμή και την τιμή υποκατάστατων αγαθών. Η καινοτομία της παρούσας εργασίας είναι ότι κατά την εκτίμηση των ελαστικότητων λαμβάνεται υπόψη το γεγονός ότι τα νοικοκυριά έχουν χρόνο για να αντιδράσουν σε ενδεχόμενες τιμολογιακές αλλαγές και να αγοράσουν αποδοτικότερες ηλεκτρικές συσκευές. Αυτή η ανάλυση έχει εκτελεστεί χρησιμοποιώντας συγκεντρωτικά στοιχεία για 22 πόλεις της Ελβετίας, για την περίοδο 2000-2006. Για το σκοπό αυτό, εκτιμούνται δύο λογαριθμικές εξισώσεις ζήτησης, η μια για τις ώρες αιχμής και η άλλη για τη διαμόρφωση της ζήτησης σε ώρες εκτός αιχμής. Η μελέτη υπολογίζει ότι βραχυχρόνια, η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας ως προς την ίδια τιμή είναι μικρότερη της μονάδας, ενώ μακροπρόθεσμα η ίδια ελαστικότητα είναι υψηλότερη της μονάδας.

Τέλος, ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη των Filippini and Pashauri (2004), οι οποίοι υπολογίζουν τις εποχικές ελαστικότητες των τιμών και των εισοδημάτων της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στον οικιακό τομέα όλων των αστικών περιοχών της Ινδίας βασισμένοι σε εξατομικευμένα στοιχεία της έρευνας για περίπου 30.000 νοικοκυριά. Τρία μοντέλα της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας εκτιμήθηκαν χρησιμοποιώντας μηνιαία στοιχεία για το χειμώνα, την περίοδο των μουσώνων, και το καλοκαίρι, προκειμένου να εντοπιστεί ο βαθμός στον οποίο παράγοντες όπως το εισόδημα, οι τιμές, το μέγεθος του νοικοκυριού και άλλα οικιακά ειδικά χαρακτηριστικά, επηρεάζουν στις διακυμάνσεις που παρατηρήθηκαν στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας είναι ανελαστική ως προς το εισόδημα και την τιμή σε όλες τις τρεις εποχές, και ότι οι ειδικές οικιακές, δημογραφικές και γεωγραφικές μεταβλητές είναι σημαντικές για τον προσδιορισμό της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ινδία.

2.2. ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΙΤΙΟΤΗΤΑ

Η ενεργειακή κρίση στη δεκαετία του 1970 οδήγησε σε μείωση της οικονομικής ανάπτυξης σε πολλές χώρες, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες. Λόγω της πιθανής σχέσης μεταξύ της οικονομικής ανάπτυξης και της κατανάλωσης ενέργειας, η έρευνα της σύνδεσης της αιτιότητας μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας και των μεταβλητών της οικονομίας, όπως το εισόδημα, η απασχόληση, το Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν και το ΑΕΠ έχουν γίνει το επίκεντρο πολλών μελετών κατά την τελευταία δεκαετία. Παραδείγματα αποτελούν οι μελέτες των Amadeh and al. (2009) για το Ιράν, η μελέτη των Acaravci and Ozturk (2010) στις 15 υπό μετάβαση χώρες, των Yuan and al. (2007) σχετικά με την Κίνα, και Altinay and Karagol (2005) σχετικά με την Τουρκία και Ghosh (2002) σχετικά με την Ινδία.

Η μελέτη των Kraft and Kraft (1978) για τις ΗΠΑ είναι μια έρευνα πρωτοπόρος στις σχέσεις αιτιότητας. Τα αποτελέσματά τους έδειξαν ότι η κατεύθυνση της αιτιότητας είναι από την ενεργειακή κατανάλωση προς το ακαθάριστο εθνικό προϊόν. Νέες προσεγγίσεις έναντι των δυνητικών εναλλακτικών πηγών ενέργειας και της ηλεκτρικής ενέργειας, ως συμβολή στη διαδικασία παραγωγής έχουν οδηγήσει σε μεγάλο αριθμό μελετών που επικεντρώθηκαν στην ανάλυση την κατεύθυνση της αιτιότητας μεταξύ της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και της οικονομικής ανάπτυξης.

Μελέτες για τη σύνδεση της αιτιότητας σε άλλες χώρες, είναι ως επί το πλείστον διδιάστατες και όχι πολυμεταβλητές, και κυρίως επικεντρώθηκαν στη σχέση μεταξύ του ΑΕΠ και της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, ή τις κατά κεφαλήν τιμές αυτών των σειρών. Για παράδειγμα, οι μελέτες των Altinay and Karagol (2005) σχετικά με την Τουρκία, Yuan and al. (2007) για την Κίνα, Yoo (2005) για την Κορέα και Zachariadis and Pashourtidou (2007) σχετικά με την Κύπρο, είναι διμετάβλητες μελέτες σχετικά με το ΑΕΠ και την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ οι μελέτες των Squalli (2007) για τα μέλη του ΟPEC, Ghosh (2002) σχετικά με την Ινδία, Wolde-Rufael (2006) σε 17 Αφρικανικές χώρες και Acaravci and Ozturk (2010) σε 15 χώρες σε μεταβατικό στάδιο, διεξήχθησαν χρησιμοποιώντας το κατά κεφαλήν ΑΕΠ και την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κάτοικο. Ένα παράδειγμα μίας πολυμεταβλητής μελέτης είναι το αυτής των Ciarreta and Zarraga (2010), οι οποίοι χρησιμοποιούσαν τα στοιχεία του πίνακα για 12 ευρωπαϊκές χώρες (την Αυστρία, το Βέλγιο, τη Δανία, τη Φινλανδία, τη Γαλλία, τη Γερμανία, την Ιταλία, το Λουξεμβούργο, τις Κάτω Χώρες, τη Νορβηγία, τη Σουηδία και την Ελβετία) για τη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, του ΑΕΠ και των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας. Μία περίληψη των σχετικών μελετών μπορεί να βρεθεί στον Πίνακα 12 στο παράρτημα. Ο στόχος αυτής της ομάδας μελετών είναι να διευκρινιστεί κατά πόσον η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας εισάγει ή παρεμποδίζει ή είναι ουδέτερη σε σχέση με την οικονομική ανάπτυξη.

Ορισμένες έρευνες στη βιβλιογραφία - για παράδειγμα, των Yuan and al. (2007) για την Κίνα, Wolde-Rufael (2006) για την Μπενίν, τη Λαϊκή Δημοκρατία του Κονγκό, και την Τυνησία και του Squalli (2007) για τέσσερα μέλη του ΟPEC (the Organization of the Petroleum Exporting Countries- Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, την Ινδονησία, Νιγηρία και Βενεζουέλα) - διαπίστωσαν ότι η κατεύθυνση της αιτιότητας είναι από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας προς το ΑΕΠ. Δηλαδή, μια μείωση της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας οδηγεί σε μείωση της οικονομικής ανάπτυξης. Οι Yuan and al. (2007) βρήκαν βραχυχρόνια μονομερή αιτιότητα, και οι Wolde-Rufael (2006) και ο Squalli (2007) βρήκαν μακροχρόνια μονομερή αιτιότητα, που εκτείνεται από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην οικονομική ανάπτυξη. Οι μελέτες του Yoo (2005) για την Κορέα και Ciarreta and Zarraga (2010) για μια ομάδα από 12 ευρωπαϊκές χώρες επικεντρώθηκαν στη σχέση αιτιότητας. Και

οι δύο έρευνες έδειξαν ότι βραχυπρόθεσμα, τα αποτελέσματα υποστηρίζουν τα ευρήματα των Yuan *and al.* (2007). Επίσης, οι Wolde-Rufael (2006) και Squalli (2007) επιβεβαίωσαν ότι η αλλαγή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, κατά Granger, προκαλεί θετική μεταβολή του ΑΕΠ.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ορισμένες από αυτές τις μελέτες διαπίστωσαν μια αρνητική αιτιότητα μεταξύ της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και της οικονομικής ανάπτυξης. Για παράδειγμα, ο Wolde-Rufael (2006) βρήκε μια αρνητική αιτιότητα για την Τυνησία, αλλά καμία ερμηνεία αυτής της σχέσης δεν παρεχόταν. Οι Ciarreta and Zarraga (2010) βρήκαν επίσης μια αρνητική σχέση για τα δεδομένα πίνακα από 12 ευρωπαϊκές χώρες, και υποστήριξαν ότι αυτή η αρνητική αιτιότητα θα μπορούσε να οφείλεται στον μεγάλο αριθμό των “μη – παραγωγικών” βαριών βιομηχανιών σε αυτές τις ευρωπαϊκές χώρες.

Μια σειρά από μελέτες έχουν βρει μια αιτιακή σχέση με κατεύθυνση από το ΑΕΠ στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Για παράδειγμα, τα ευρήματα του Ghosh (2002) έδειξαν ότι η κατεύθυνση της αιτιότητας ήταν από την οικονομική ανάπτυξη προς τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Παρόμοια ευρήματα βρέθηκαν από τους Wolde-Rufael (2006) για το Καμερούν, τη Γκάνα, τη Νιγηρία, τη Σενεγάλη, τη Ζάμπια και τη Ζιμπάμπουε. Ο Squalli (2007) αποκάλυψε ότι για την Αλγερία, το Ιράκ, το Κουβέιτ και τη Λιβύη η αιτιότητα ήταν από το ΑΕΠ προς τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτή η ομάδα των μελετών έδειξαν ότι οι αλλαγές στο ΑΕΠ δημιούργησαν αλλαγές προς την ίδια κατεύθυνση για την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, ο Squalli (2007) έδειξε ότι για την Αλγερία, το Ιράκ και τη Λιβύη, υπήρξε αρνητική κατά Granger αιτιότητα από το ΑΕΠ ανά κάτοικο προς την κατά κεφαλήν ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα ανάλογο αποτέλεσμα βρέθηκε από τον Wolde-Rufael (2006) για την Ζάμπια. Ο Squalli (2007) ερμήνευσε αυτά τα ευρήματα ότι σημαίνουν πως μια αρνητική σύνδεση θα μπορούσε να οφείλεται στην κακή διαχείριση των πόρων, με επακόλουθο την αναξιοπιστία της ηλεκτρικής ενέργειας ως πηγή ενέργειας για την οικονομία. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η οικονομία θα βασίζεται σε τομείς υπηρεσιών λιγότερης ενεργειακής έντασης.

Ο Squalli (2007) διεξήγαγε περαιτέρω εμπειρική ανάλυση με τη χρήση του υποδείγματος ARDL. Αυτή παρήγαγε διαφορετικά αποτελέσματα για ορισμένες χώρες. Ο Squalli (2007) υποστήριξε ότι τα αντιφατικά αποτελέσματα ήταν λόγω της ποιότητας των δεδομένων, του μικρού μεγέθους του δείγματος και των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν.

Μια τρίτη ομάδα έρευνας έχει εντοπίσει μια διμερή σχέση αιτιότητας μεταξύ της οικονομικής ανάπτυξης και της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, όπως το έργο του Wold-Rufael (2006) για την Αίγυπτο, την Γκαμπόν και το Μαρόκο και του Yoo (2005) για την Κορέα, σε μακροπρόθεσμο επίπεδο. Η έρευνα του Squalli (2007) σχετικά με το Ιράν, το Κατάρ και τη Σαουδική Αραβία διευκρίνισε περαιτέρω την ύπαρξη μιας αμφίδρομης σχέσης αιτιότητας.

Σε αντίθεση με τις μελέτες που συζητήθηκαν παραπάνω, μερικές μελέτες δεν βρήκαν καμία σχέση μεταξύ της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και του ΑΕΠ. Για παράδειγμα, ο Jumbo (2004) ερεύνησε τη συνολοκλήρωση και τη σύνδεση αιτιότητας μεταξύ της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και του αγροτικού ΑΕΠ για το Μαλάουι. Τα αποτελέσματα δεν απέδειξαν συνολοκλήρωση μεταξύ της σειράς των τόκων. Οι Acaranci and Ozturk (2010) βρήκαν το ίδιο αποτέλεσμα χρησιμοποιώντας δεδομένα για 15 ευρωπαϊκές χώρες. Έδειξαν εν συντομία ότι οι αλλαγές στο ΑΕΠ δεν επηρεάζουν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, και το αντίστροφο.

2.3. ΟΙΚΙΑΚΗ, ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Μία από τις πρώτες μελέτες για την οικιστική ζήτηση των νοικοκυριών παρέχεται από τον Houthakker (1951), χρησιμοποιώντας παρατηρήσεις από 42 επαρχιακές πόλεις στο Ηνωμένο Βασίλειο μεταξύ 1937 και 1938. Η μέση ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά πελάτη υποχώρησε κατά το μέσο χρηματικό εισόδημα ανά νοικοκυριό, την οριακή τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας, την οριακή τιμή του φυσικού αερίου και τη μέση εκμετάλλευση βαρέως εξοπλισμού. Ο Houthakker αναφέρει ότι η εισοδηματική ελαστικότητα της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας ήταν περίπου 1.2, ενώ η ελαστικότητα της ζήτησης ήταν -0.9.

Σε μια επόμενη μελέτη, ωστόσο, οι Houthakker and Taylor (1970) χρησιμοποίησαν ένα μοντέλο δύο εξισώσεων των προσωπικών δαπανών κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, όπου η κατανάλωση έχει μοντελοποιηθεί ως συνάρτηση των αποθεμάτων, του εισοδήματος και των σχετικών τιμών, ενώ η μεταβολή των αποθεμάτων των αγαθών διαρκείας, είναι ίση με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και την απόσβεση. Η μελέτη διαπιστώνει ότι, ενώ μακροπρόθεσμα η απόλυτη τιμή για το εισόδημα και την ελαστικότητα ζήτησης είναι περίπου 2, σε βραχυπρόθεσμο ορίζοντα, η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας τείνει να είναι ως προς την τιμή και ως προς το εισόδημα ανελαστική. Παρόμοια αποτελέσματα λαμβάνονται από τους Mount and al. (1973), Anderson (1973), Houthakker and al. (1973) και Griffin (1974).

Ο Taylor (1975) σημειώνει ότι το μεγαλύτερο μέρος αυτής της πρώιμης βιβλιογραφίας διαπιστώνει ότι η ελαστικότητα της ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια ως προς την τιμή και ως προς το εισόδημα είναι μεγαλύτερη μακροπρόθεσμα και η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας τείνει να είναι αρκετά ελαστική ως προς την τιμή και το εισόδημα σε μακροπρόθεσμη βάση. Αυτά τα αποτελέσματα προέρχονται από συγκεντρωτικά δεδομένα. Με δεδομένη αυτή την κριτική της πρώιμης βιβλιογραφίας από τη χρήση συγκεντρωτικών δεδομένων, οι Parti and Parti (1980) χρησιμοποιούν μια βάση δεδομένων με περισσότερα από 5.000 νοικοκυριά από την κομητεία του Σαν Ντιέγκο το 1975. Σημειώνοντας ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από τη χρήση των συσκευών, η μελέτη αρχικά προσπαθεί να υπολογίσει την αναμενόμενη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας με δεδομένες τις συσκευές στο νοικοκυριό. Η πραγματική χρήση, στη συνέχεια, εξηγείται από την παρουσία των ακόλουθων χαρακτηριστικών: ένα κλιματιστικό, τα τετραγωνικά μέτρα της κατοικίας, το σταθμισμένο μέσο όρο των μέσων τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας κατά τους προηγούμενους δύο μήνες, το εισόδημα των νοικοκυριών, την παρουσία ηλεκτρικού θερμοσίφωνα, την ύπαρξη ηλεκτρικού καλοριφέρ και τον αριθμό των ατόμων που μένουν στο σπίτι. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η βραχυχρόνια ελαστικότητα της ζήτησης ως προς την τιμή ήταν περίπου -0,6 και η ελαστικότητα της ζήτησης ως προς το εισόδημα ήταν 0,2.

Ο Bohi (1981) παρείχε μια εκτενή επισκόπηση των πρώιμων μελετών ελαστικότητας ως προς την τιμή, και κατηγοριοποίησε τις σχετικές εργασίες ανάλογα με τον τύπο δεδομένων. (συγκεντρωτικά, αναλυτικά, από τη βιομηχανία, και αν χρησιμοποιήθηκε οριακή ή μέση τιμή) και από το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε. Ο Bohi (1984) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η βραχυχρόνια ελαστικότητα ως προς την τιμή για το νοικοκυριό είναι -0.2 ενώ η ελαστικότητα ως προς την τιμή μακροπρόθεσμα είναι -0.7. Περαιτέρω κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η μεγάλη διακύμανση στις εκτιμήσεις ελαστικότητας από τις διαθέσιμες μελέτες καθιστούν δύσκολο να αναφέρουν την ελαστικότητα ως προς την τιμή είτε για εμπορικό είτε για βιομηχανικό τομέα. Υπάρχουν αρκετές έρευνες που συνοψίζουν την

ελαστικότητα ως προς την τιμή βασιζόμενες σε ένα σύστημα σταθερών τιμών (Lafferty, Hunger, Ballard, Mahrenholz, Mead, και Bandera, 2001). Ο Bohi (1981) έκανε μία έρευνα ως προς τις πρώιμες μελέτες που αφορούσαν την ελαστικότητα ως προς την τιμή, και κατηγοριοποίησε τις σχετικές εργασίες από τον τύπο δεδομένων (συγκεντρωτικά, αναλυτικά, από τη βιομηχανία, και κατά πόσο χρησιμοποιήθηκε οριακή ή μέση τιμή) και από το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε. Ο Bohi (1984) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η βραχυπρόθεσμη ελαστικότητα ως προς την τιμή για τον οικιακό τομέα είναι 0,2 και η μακροχρόνια ελαστικότητα ως προς την τιμή είναι -0,7. Περαιτέρω, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι μεγάλες διακυμάνσεις στις διαθέσιμες μελέτες, όσον αφορά την ελαστικότητα ως προς την τιμή, καθιστούν δύσκολη την αναφορά της ελαστικότητας ως προς την τιμή είτε για τον εμπορικό είτε για το βιομηχανικό τομέα.

Ο Filippini (1999) εκτίμησε την οικιστική ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας συγκεντρωτικά στοιχεία σε επίπεδο πόλης για 40 πόλεις της Ελβετίας, κατά την περίοδο 1987 έως 1990. Η ελαστικότητα ως προς την τιμή υπολογίστηκε ότι είναι 0,30, που παρουσιάζει μία μέτρια ανταπόκριση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στις μεταβολές των τιμών.

Οι Beenstock, Goldin, and Natbot (1999) χρησιμοποιούσαν τα τριμηνιαία στοιχεία για το Ισραήλ για να συγκρίνουν και να αντιπαραβάλουν τρεις δυναμικές οικονομετρικές μεθοδολογίες για την εκτίμηση της ζήτησης για ηλεκτρικής ενέργειας από τα νοικοκυριά και τις βιομηχανικές επιχειρήσεις. Το Εθνικό Ινστιτούτο Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών (2007) ανέλαβε την επανεξέταση της μακροχρόνιας ελαστικότητας της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για την Αυστραλιανή Εθνική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, και συνέστησε τις αξίες της -0,25, -0,35 και -0,38 για τους οικιακούς, εμπορικούς και βιομηχανικούς πελάτες, αντίστοιχα.

Οι King and Chatterjee (2003) αξιολόγησαν την ελαστικότητα ως προς την τιμή εκτιμώμενη από 35 μελέτες πάνω σε οικιακούς και μικρούς εμπορικούς πελάτες που δημοσιεύτηκαν μεταξύ του 1980 και του 2003. Αναφέρουν μια μέση ελαστικότητα ως προς την τιμή της τάξης του -0,3 μεταξύ αυτής της ομάδας μελετών, με τις περισσότερες μελέτες να κυμαίνονται μεταξύ -0,1 και -0,4. Οι Espey and Espey (2004) πραγματοποίησαν μια μετά-ανάλυση προκειμένου να συνοψίσουν ποσοτικά προηγούμενες μελέτες της οικιακής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για να καθοριστεί αν υπάρχουν παράγοντες που επηρεάζουν συστηματικά τις εκτιμώμενες ελαστικότητες. Σε αυτή τη μελέτη, οι ελαστικότητες ως προς την τιμή και το εισόδημα της οικιακής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, από προηγούμενες μελέτες, χρησιμοποιούνται ως εξαρτημένες μεταβλητές, με τα χαρακτηριστικά των δεδομένων, τη δομή του μοντέλου, και την τεχνική εκτίμηση ως ανεξάρτητες μεταβλητές, χρησιμοποιώντας τόσο την εκτίμηση ελαχίστων τετραγώνων ενός μοντέλου ημι-λογαριθμικού μοντέλου και την εκτίμηση μέγιστης πιθανοφάνειας ενός μοντέλου γάμμα. Οι βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες ελαστικότητες, ως προς την τιμή της οικιακής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, βρέθηκαν να είναι 0,28 και 0,81, αντίστοιχα.

Οι Reiss and White (2005) ανέπτυξαν ένα μοντέλο για την αξιολόγηση των επιπτώσεων των εναλλακτικών δασμολογικών σχεδίων σχετικά με τη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας. Το μοντέλο αντιμετωπίζει ταυτόχρονα διάφορα αλληλένδετα προβλήματα που θέτει η μη γραμμική τιμολόγηση, η ετερογένεια των τιμών καταναλωτή, και η καταναλωτική συνάθροιση επί των συσκευών και του χρόνου. Υπολόγισε το μοντέλο χρησιμοποιώντας εκτενή στοιχεία για ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα 1300 νοικοκυριών στην Καλιφόρνια, και λαμβάνεται η μέση ετήσια ελαστικότητα ως προς την τιμή ηλεκτρικής ενέργειας για τα νοικοκυριά της Καλιφόρνιας να είναι -0,39.

Οι Taylor, Schwarz, and Cochell (2005) υπολόγησαν τη μέση ωριαία ελαστικότητα ζήτησης ως προς την τιμή και την ελαστικότητα υποκατάστασης για τα προγράμματα τιμολόγησης σε πραγματικό χρόνο (Real Time Pricing-RTP) στο Ηνωμένο Βασίλειο και βρήκαν ένα σημαντικό εύρος στις τιμές της ελαστικότητας ως προς την τιμή κατά τη διάρκεια της ημέρας και μεταξύ των πελατών. Παρατήρησαν μεγαλύτερες μειώσεις φορτίου κατά τη διάρκεια υψηλότερα τιμολογημένων ωρών, καθώς οι βιομηχανικοί πελάτες κέρδισαν εμπειρία με ωριαία τιμολόγηση. Σε σύγκριση με ένα ρυθμό χρόνου χρήσης, τα καθαρά οφέλη ήταν \$ 14.000 ανά πελάτη ανά μήνα, περίπου 4% του λογαριασμού του μέσου πελάτη και πολύ μεγαλύτερα από ό,τι το μετρηθέν κόστος.

Οι Dergiades and Tsoulfidis μελετούν την οικιακή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για τις Η.Π.Α. με δεδομένα από το 1965 έως το 2006. Οι μελετητές εντοπίζουν ως κύριες μεταβλητές για την αγορά των Η.Π.Α. το ΑΕΠ ανά κάτοικο, την τιμή του πετρελαίου θέρμανσης, τις καιρικές μεταβολές (θερμοημέρες και ψυχροημέρες) και τον αριθμό νέων σπιτιών από το 1965 μέχρι το 2006. Τα αποτελέσματα της μελέτης (ελαστικότητες των παραπάνω μεγεθών μακροπρόθεσμα και βραχυπρόθεσμα) αναδεικνύουν μια αρνητική σχέση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας με την τιμή αυτής (-1,065) η οποία είναι συμβατή με προηγούμενες βιβλιογραφικές μελέτες (εύρος τιμών ελαστικότητας ως προς την τιμή για τον οικιακό τομέα των Η.Π.Α. :-0,45 έως -2,01). Αντίθετα, ισχυρά θετική επίδραση στην διαμόρφωση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζει ο αριθμός νέων σπιτιών (η μακροπρόθεσμη ελαστικότητα υπολογίζεται στο +1,5), ενώ το εισόδημα έχει μακροπρόθεσμα μικρότερη επίδραση (+0.27).

Συνοπτικά, τα αποτελέσματα από διαφορετικές έρευνες και πηγές δεν είναι πολύ σταθερά. Οι αριθμοί που εμφανίζονται πιο συχνά είναι από -0,2 έως -0,4 για βραχυπρόθεσμες ελαστικότητες, και από -0,5 έως -0,7 για τις μακροπρόθεσμες. Αυτά εμφανίζονται αρκετές φορές και βρίσκονται στο ίδιο εύρος με άλλες πιθανές εκτιμήσεις, όπως οι μέσοι από την έρευνα των Esrey and Esrey (2004) (0,28 και 0,81) και τα αποτελέσματα της μελέτης από τον Bohi (0.25 και 0.66). Τα αποτελέσματα αυτά είναι ως επί το πλείστο για την οικιακή ζήτηση. Ο Πίνακας 6 συνοψίζει τα αποτελέσματα από διάφορες μελέτες. Σημειώστε ότι η έρευνα του Bohi (1981) ήταν μία ιδιαίτερα καλή πρώιμη έρευνα, ενώ των Esrey and Esrey (2004) έχουν τον πιο πρόσφατο και πλήρη κατάλογο εκτιμήσεων.

Πίνακας 6 Μελέτες σχετικά με την οικιακή, βιομηχανική και αθροιστική ζήτηση ηλ. ενέργειας

Ερευνητής	Έτος	Περιοχή	Τομέας	Ελαστικότητα	Σχόλια
Bohl & Zimmerman	1984	Η.Π.Α	Οικιακός, Βιομηχανικός & Εμπορικός	<u>Οικιακός τομέας</u> Βραχυπρόθεσμα: 0,2 Μακροπρόθεσμα: -0,7	Δύσκολο να προσδιορίσουν την ελαστικότητα ως προς την τιμή είτε για τον εμπορικό είτε για το βιομηχανικό τομέα
Filippini	1999	Ελβετία (40 πόλεις)	Αθροιστικός	-0,3	Προτάθηκε η τιμολόγηση της ώρας χρήσης για την επίτευξη της διατήρησης της ηλεκτρικής ενέργειας, αντί των αυξήσεων δείκτη τιμών γενικής ηλεκτρικής ενέργειας.
Beenstock et al.	1999	Ισραήλ	Οικιακός και Βιομηχανικός	Οικιακός τομέας : -0,21 έως -0,5 Βιομηχανικός : -0,002 έως -0,44	Συγκρίθηκαν το δυναμικό μοντέλο παλινδρόμησης και η μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων και μέθοδος μεγιστοποίησης πιθανότητας για την εκτίμηση της ζήτησης
NIER	2007	Αυστραλία	Οικιακός, Βιομηχανικός & Εμπορικός	Οικιακός τομέας: 0,25 Βιομηχανικός τομέας: 0,38 και εμπορικός τομέας: 0,35	Η μακροχρόνια ελαστικότητα της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για κάθε πολιτεία της Αυστραλίας εκτιμάται επίσης
King & Shatrawka	1994	Αγγλία	Οικιακός και Βιομηχανικός	Ελαστικότητα υποκατάστασης Εντός της ημέρας: 0,1 έως 0,2 Μεταξύ των επόμενων ημερών: 0,01 έως 0,02	Μεταξύ 33% και 50% των συμμετεχόντων πελατών απάντησε σε χρονικά μεταβαλλόμενες τιμές.

King & Chatterjee	2003	Καλιφόρνια	Οικιακός και Βιομηχανικός τομέας	Από -0,1 έως -0,4	Μία μέση ελαστικότητα ως προς την τιμή της τάξεως του 0,3 αναφέρθηκε.
Reiss & White	2005	Καλιφόρνια	Οικιακός τομέας	-0,39	Ανέπτυξε ένα μοντέλο για την αξιολόγηση των επιπτώσεων των εναλλακτικών δασμολογικών σχεδίων για τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας
Faruqui & George	2005	Καλιφόρνια	Οικιακός, Βιομηχανικός & Εμπορικός τομέας	Ελαστικότητα υποκατάστασης: 0,09	Οι οικιακοί, εμπορικοί και βιομηχανικοί πελάτες μείωσαν τη χρήση ενέργειας σε περίοδο αιχμής ως απάντηση στις χρονικά μεταβαλλόμενες τιμές
Yoo et al	2005	Νότιος Κορέα	Οικιακός τομέας	Από -0,1 έως -0,6	Μία μέσα μακροπρόθεσμη ελαστικότητα ως προς το εισόδημα της τάξεως του 0,593 αναφέρθηκε
Ziramba	2008	Νότιος Αφρική	Οικιακός τομέας	Από -0,1 έως -0,4	Μία μέσα μακροπρόθεσμη ελαστικότητα ως προς το εισόδημα της τάξεως του 0,33 αναφέρθηκε
Babatunde & Shuaibu	2007	Νιγηρία	Οικιακός τομέας	Ελαστικότητα υποκατάστασης Βραχυπρόθεσμα: 0,03 και Μακροπρόθεσμα:	Η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται είναι η συνολοκλήρωση μέσα σε ένα αυτοπαλινδρόμο

				0,057	πλαίσιο
De Vita et al	2005	Ναμίμπια	Οικιακός τομέας	Από -0,1 έως -0,5	Μία μέσα μακροπρόθεσμη ελαστικότητα ως προς το εισόδημα της τάξεως του 0,41 παρατηρήθηκε
Dergiades and Tsoulfidis	2008	Η.Π.Α.	Οικιακός τομέας	Ελαστικότητα ως προς τα εισόδημα: 0,27 Ελαστικότητα ως προς την τιμή: -1,06	Δύσκολο να προσδιορίσουν την ελαστικότητα ως προς την τιμή είτε για τον εμπορικό είτε για το βιομηχανικό τομέα

2.4. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ

Πλούσια ερευνητική μελέτη έχει πραγματοποιηθεί για την ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα τις τελευταίες δυο δεκαετίες.

Η ζήτηση ενέργειας στον οικιακό τομέα (νοικοκυριά) προκύπτει ως αποτέλεσμα της ανάγκης των νοικοκυριών για τη θέρμανση των χώρων και του νερού, τη μαγειρική και τη χρήση διάφορων ηλεκτρικών συσκευών. Τόσο η θέρμανση χώρων και νερού, όσο και τη μαγειρική, αποτελούν χρήσεις στις οποίες μπορεί να παρατηρηθεί υποκατάσταση μεταξύ διαφορετικών τύπων καυσίμου, γεγονός που δεν ισχύει στην περίπτωση των ηλεκτρικών συσκευών (Μαντζος, 1997, σελ. 75).

Οι Donatos and Mergos (1989) εξετάζουν τον αντίκτυπο των δύο ενεργειακών κρίσεων 1973-74 και 1978-79 σχετικά με τη ζήτηση ενέργειας στην Ελλάδα. Αρχικά, παρουσιάζονται ορισμένα χαρακτηριστικά των μοντέλων κατανάλωσης πριν και μετά το 1973, ενώ χρησιμοποιούνται μοντέλα παλινδρόμησης για να εξεταστεί αν υπήρξε διαρθρωτική αλλαγή στην ενεργειακή ζήτηση που προέκυψε μέσα από τις δυο αυτές κρίσεις. Τα αποτελέσματα δείχνουν, ότι ενώ τα καταναλωτικά πρότυπα παρουσιάζουν διαφορές λόγω των μεταβολών στις τιμές και το εισόδημα, οι παράμετροι της ενεργειακής ζήτησης στην Ελλάδα παρέμειναν σταθερές.

Δύο χρόνια αργότερα εξετάζουν τους προσδιοριστικούς παράγοντες της οικιακής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα κατά την περίοδο 1961-1986. Η εργασία παρουσιάζει πρώτα μια σύντομη περιγραφή της εξέλιξης της οικιακής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Στη συνέχεια, προβαίνει στην εκτίμηση της ελαστικότητας της οικιακής ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας ένα ενιαίο μοντέλο. Το άρθρο καταλήγει στο συμπέρασμα ότι:

- i. η οικιστική ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια είναι ανελαστική και το εισόδημα ελαστικό,
- ii. υπάρχει μεγάλη δυνατότητα υποκατάστασης μεταξύ του ηλεκτρισμού και του υγραερίου,
- iii. ο αριθμός των καταναλωτών διαδραμάτισε πολύ σημαντικό ρόλο στην επέκταση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα και
- iv. δεν υπάρχει περιφερειακή διαφοροποίηση στην οικιακή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο Tserkezos (1992) μελετά και προβλέπει την οικιακή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα με χρήση αυτοπαλίνδρομων μοντέλων (ARIMA models). Βασικός σκοπός της μελέτης είναι η διερεύνηση του κατάλληλου τύπου αρχικών δεδομένων τα οποία αποδίδουν την πιο ακριβή πρόβλεψη - μηνιαία ή τριμηνιαία. Ο ερευνητής ξεχωρίζει το εισόδημα, τη θερμοκρασία και την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας ως τους βασικούς προσδιοριστικούς παράγοντες της ζήτησης στον οικιακό κλάδο. Τέλος, μεταξύ των δυο διαφορετικών μοντέλων υπολογίζεται ότι αυτό με την χρήση μηνιαίων στοιχείων επιτυγχάνει τις πιο ακριβείς προβλέψεις.

Οι Psiloglou et al. (2009) παρουσιάζουν μια σύγκριση των χαρακτηριστικών της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για το Λονδίνο, Ηνωμένο Βασίλειο και την Αθήνα, Ελλάδα και διερευνά τη σχέση του τόσο με τους κλιματικούς και μη παράγοντες. Οι από έτος σε έτος τάσεις και για τις δύο πόλεις που προσδιορίζονται, συνδέονται κυρίως με οικονομικούς, κοινωνικούς και δημογραφικούς παράγοντες. Επιπλέον, οι διάφορες άλλες επιπτώσεις,

όπως οι συνέπειες των διακοπών, που δεν σχετίζονται με τις καιρικές συνθήκες, ανιχνεύονται και εξετάζονται συγκριτικά για τις δύο πόλεις.

Επιπρόσθετα, αναφέρεται και η μελέτη των Rapanos and Polemis (2005), η οποία εφαρμόζει τη μεθοδολογία των Engle and Granger με σκοπό την εκτίμηση της ζήτησης της ενέργειας των νοικοκυριών στην Ελλάδα την περίοδο 1965-1998 ανά κύρια εισροή (πετρέλαιο θέρμανσης και ηλεκτρική ενέργεια). Η ζήτηση οικιακής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα την περίοδο 1986-1999 έχει εξετασθεί και στη μελέτη του Hondrogiannis (2004), μέσα από την εφαρμογή ενός διανυσματικού αυτοπαλίνδρομου υποδείγματος διόρθωσης σφάλματος (VECM).

Ο Hondrogiannis (2004) εξετάζει την οικιακή ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Τα ζητήματα της διαρθρωτικής σταθερότητας, η τιμή και η ευαισθησία του εισοδήματος τόσο της μακροπρόθεσμης όσο και της βραχυπρόθεσμης οικιακής ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, εξετάστηκαν χρησιμοποιώντας μηνιαία στοιχεία για την περίοδο 1986-1999. Η μακροχρόνια οικιακή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας εκτιμάται λαμβάνοντας υπόψιν τις αλλαγές στις καιρικές συνθήκες σταθμίζοντας τις με το μέγεθος του πληθυσμού στα πλαίσια μιας πολυπαραγοντικής ανάλυσης. Διαπιστώθηκε ότι υπάρχει μια μακροχρόνια συνάρτηση οικιακής ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια, ευαίσθητη στο πραγματικό εισόδημα, το επίπεδο των τιμών και τις καιρικές συνθήκες, και παρουσιάστηκε η σημασία των βραχυχρόνιων αποκλίσεων χρησιμοποιώντας το μοντέλο εκτίμησης VECM. Τα εμπειρικά αποτελέσματα υποδηλώνουν την παρουσία μιας σταθερής οικιακής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, τόσο στις μακροπρόθεσμες όσο και βραχυπρόθεσμες περιόδους και παρουσιάζονται οι επιπτώσεις της πολιτικής μιας τέτοιας σχέσης.

2.5. ΣΥΝΟΨΗ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΖΗΤΗΣΗΣ

A) ΑΕΠ

Το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (ΑΕΠ) αναφέρεται στην αξία όλων των τελικών αγαθών και υπηρεσιών που παράγονται σε μια χώρα ή μια περιοχή σε μια χρονική περίοδο (ένα τρίμηνο ή ένα έτος), και συχνά θεωρείται το καλύτερο πρότυπο για τη μέτρηση των εθνικών οικονομικών συνθηκών (Mankiw and Taylor 2007). Σύμφωνα με τα στοιχεία από το wikipedia του ΑΕΠ σε όλο τον κόσμο για το 2014, οι Ηνωμένες Πολιτείες βρέθηκαν στην κορυφή της λίστας, για μία ακόμη φορά με 2^η την Κίνα, ενώ η Ελλάδα ήρθε στην κατάταξη 44^η. Το ΑΕΠ της Ελλάδας το 2014 ήταν 177,5 δις €, και ο ρυθμός μείωσης του ΑΕΠ ήταν 1,5%.

Το κατά κεφαλήν ΑΕΠ χρησιμοποιείται συχνά ως μέτρο της οικονομικής ανάπτυξης, και είναι ένα από τα πιο σημαντικά (μακρο)οικονομικά μεγέθη. Το κατά κεφαλήν ΑΕΠ είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για τη μελέτη της μακροοικονομικής κατάστασης μιας χώρας ή μιας περιοχής. Χρησιμοποιούμε το ΑΕΠ σε σταθερές τιμές σε μια εθνική λογιστική περίοδο (συνήθως ένα έτος) διαιρούμενο με τον πληθυσμό (εγγεγραμμένο πληθυσμό) για να πάρουμε το κατά κεφαλήν ΑΕΠ.

Η σημασία του κατά κεφαλήν ΑΕΠ ως μέτρο της οικονομικής ανάπτυξης μπορεί να φανεί σε τρία σημεία.

- Πρώτον, το κατά κεφαλήν ΑΕΠ αντανακλά το επίπεδο και το βαθμό της οικονομικής ανάπτυξης στις βιομηχανικές χώρες. Για παράδειγμα, το κατά κεφαλήν ΑΕΠ του Λουξεμβούργου κατετάγη 1^ο στον κόσμο το 2012. Παρά το γεγονός ότι το διεθνές καθεστώς και η επιρροή του Λουξεμβούργου είναι κατώτερη από της Ινδίας, η οποία κατετάγη 140^η στον κόσμο, όσον αφορά την εκπαίδευση, την υγεία, την κοινωνική ασφάλιση κ.λπ., το επίπεδο κοινωνικής ανάπτυξης του Λουξεμβούργου και η ισορροπημένη ανάπτυξη μεταξύ αστικών και αγροτικών περιοχών από τους περισσότερους θεωρείται καλύτερη από της Ινδία (Yan 2011).
- Δεύτερον, αν τα ατομικά επίπεδα εισοδήματος σε μια χώρα δεν διαφέρουν πολύ μεταξύ των κατοίκων, τα δεδομένα που συλλέγονται για να μετρηθεί το κατά κεφαλήν ΑΕΠ μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση της κοινωνικής δικαιοσύνης και ισότητας.
- Τρίτον, το κατά κεφαλήν ΑΕΠ έχει επίσης αποδειχθεί ότι σχετίζεται με το επίπεδο της κοινωνικής σταθερότητας σε μια χώρα.

Δεδομένου ότι το ΑΕΠ και το κατά κεφαλήν ΑΕΠ είναι τόσο σημαντικοί δείκτες, η χρήση του, μπορεί να είναι κρίσιμη για τους φορείς λήψης αποφάσεων, όχι μόνο κατά την κατάρτιση σχεδίων για οικονομική ανάπτυξη, αλλά επίσης για να είναι σε θέση να αντιμετωπίζει τις ενδεχόμενες υφέσεις εκ των προτέρων. Πολλά μοντέλα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να κάνει κανείς προβλέψεις, καθένα από τα οποία έχει τα δικά του πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

B) ΚΑΤΑ ΚΕΦΑΛΗΝ ΕΙΣΟΔΗΜΑ

Το εισόδημα, σε γενικές γραμμές, λειτουργεί ως ένα καθοριστικό στοιχείο της ζήτησης για όλα τα εμπορεύματα τα οποία καταναλώνονται σε μία κοινωνία. Το ίδιο ισχύει και για το δίκτυο κατανάλωσης ηλεκτρισμού. Μπορούμε να πούμε ότι όσο το εισόδημα των νοικοκυριών αυξάνεται, τόσο ο αριθμός των συσκευών που έχει στην κατοχή του τείνει να αυξάνεται. Αυτό δημιουργεί μια θετική σχέση ανάμεσα στο εισόδημα του καταναλωτή και στον αριθμό των συσκευών.

Το κατά κεφαλήν εισόδημα είναι ένας σημαντικός προσδιοριστικός παράγοντας της οικιακής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, και οι αλλαγές στο εισόδημα θα επηρεάσουν την ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που αγοράζεται. Οι μεταβολές στο κατά κεφαλήν εισόδημα επηρεάζουν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας με δύο τρόπους. Κατ' αρχάς, μια αλλαγή στο εισόδημα θα προκαλέσει μια αλλαγή στην ένταση της χρήσης των υφιστάμενων συσκευών που καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια, καθώς οι καταναλωτές θα πρέπει να επανεκτιμήσουν τη χρήση ενός περιορισμένου προϋπολογισμού. Δεύτερον, μια εισοδηματική αλλαγή θα προκαλέσει αλλαγές στο απόθεμα των συσκευών που καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια, καθώς οι καταναλωτές είναι σε θέση να αγοράζουν λιγότερες ή περισσότερες συσκευές υψηλής έντασης ηλεκτρικού ρεύματος. Καθώς αλλάζει το εισόδημα, ως εκ τούτου, η ζήτηση για την ηλεκτρική ενέργεια θα αυξηθεί ή θα μειωθεί. Μελέτες που έχουν γίνει δείχνουν μια θετική και, τυπικά, στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ του εισοδήματος και της οικιακής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, όπως είδαμε νωρίτερα. Το πραγματικό (δηλαδή με τον πληθωρισμό προσαρμοσμένο) κατά κεφαλήν εισόδημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ερμηνευτική μεταβλητή.

Γ) ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ

Ο πληθυσμός είναι μια σημαντική μεταβλητή, επειδή οι δημογραφικές τάσεις χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη του αριθμού των οικιακών πελατών. Τόσο ο αριθμός των νοικοκυριών, όσο και το μέγεθος του νοικοκυριού παίζουν ρόλο στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Ο αριθμός των νοικοκυριών επηρεάζει τον αριθμό των οικιακών πελατών που αγοράζουν ηλεκτρική ενέργεια, ενώ οι αλλαγές στο μέσο μέγεθος της οικογένειας μπορούν να επηρεάσουν τη χρήση ανά πελάτη. Μεγαλύτεροι αριθμοί πελατών σημαίνουν υψηλότερη ζήτηση, και μικρότερα μεγέθη των νοικοκυριών (για ένα δεδομένο σύνολο του πληθυσμού) τυπικά θα οδηγήσουν σε υψηλότερη ζήτηση. Η αύξηση του πληθυσμού και ο ρυθμός σχηματισμού των νοικοκυριών είναι στενά συνδεδεμένα, και τα δύο επηρεάζουν την αστική χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, το μέγεθος των νοικοκυριών έχει μια αργή αλλά σταθερή πτώση με την πάροδο του χρόνου, καθώς οι πολιτιστικές και κοινωνικές νόρμες αλλάζουν (Tewathia, 2014).

Δ) ΑΝΕΡΓΙΑ

Η ανεργία και ο πληθωρισμός είναι δύο μεγάλα οικονομικά προβλήματα που αντιμετωπίζουν σχεδόν όλες οι οικονομίες (Kooros, Sussan and Semetesy, 2006). Ενώ η επίπτωση του πληθωρισμού θα μπορούσε να θεωρηθεί από τις πιο σοβαρές για την οικονομία, δεν έχει άμεσες αρνητικές κοινωνικο-πολιτικές συνέπειες σε αντίθεση με την ανεργία που οδηγεί στην επιδείνωση των κοινωνικών δεινών (Chukuezi, 2009, Amuseghan and Tayo-Olajubutu, 2009, Okafor, 2011). Πολλές μελέτες επικεντρώνουν τις προσπάθειές τους στην εξεύρεση λύσεων για το υψηλό ποσοστό ανεργίας μέσω της ανάπτυξης της γεωργίας (Ayinde, Ayinde, Memudu και Ojehomon, 2007, Ingwe, Ushie, Ojong and Okeme, 2009) και την ανάπτυξη της επιχειρηματικότητας μεταξύ των νέων (Awogbenle και Iwuamadi, 2010).

Ε) ΠΛΗΘΩΡΙΣΜΟΣ

Ο πληθωρισμός ως παρεμβαίνουσα μεταβλητή επηρεάζει τόσο την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας όσο και την οικονομική ανάπτυξη. Έχει υποστηριχθεί ότι, αν μια τέτοια μεταβλητή περιλαμβάνεται στο πλαίσιο της αιτιότητας, η κατεύθυνση της αιτιότητας θα μπορούσε όχι μόνο να αλλάξει, αλλά και να αυξηθεί (Caporale and Pittis, 1997; Odhiambo, 2008; and Njindan, 2013).

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1. ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΕΙΡΕΣ¹

Η μελέτη και η ανάλυση χρονολογικών σειρών αποτελεί σημαντικό κεφάλαιο για διάφορους κλάδους της επιστήμης, όπως οι οικονομικές και κοινωνικές επιστήμες, αλλά και για την ιατρική, τη φυσική και άλλα πεδία. Βασικό χαρακτηριστικό κάθε χρονολογικής σειράς αποτελεί η συσχέτιση που παρατηρείται μεταξύ διαδοχικών τιμών της καθώς ο βαθμός και η φύση της αλληλεξάρτησης αυτής αποτελεί το κύριο αντικείμενο μελέτης και ανάλυσης. Η ανάλυση των χρονολογικών σειρών πραγματοποιείται συνήθως σε δύο στάδια. Το πρώτο είναι κυρίως περιγραφικό με σκοπό την παρατήρηση και την ανάλυση των δεδομένων ώστε να προσδιοριστούν τα βασικά χαρακτηριστικά και η συμπεριφορά της χρονολογικής σειράς. Το δεύτερο στάδιο είναι η διαδικασία κατασκευής του υποδείγματος της χρονολογικής σειράς που πιθανώς αυτή να ακολουθεί.

Κύριος σκοπός της ανάλυσης μιας χρονολογικής σειράς είναι η χρησιμοποίηση αυτής στη διενέργεια μοντελοποίησης και προβλέψεων. Η κατασκευή του υποδείγματος χρονολογικής σειράς για κάποια σειρά δεδομένων οδηγεί στην επιλογή μεθόδου πρόβλεψης για τη μελλοντική εξέλιξη της σειράς αυτής. Οι μέθοδοι πρόβλεψης διαχωρίζονται σε υποκειμενικές ή ποιοτικές (subjective or qualitative) και σε αντικειμενικές ή ποσοτικές (objective or quantitative). Η πρώτη κατηγορία στηρίζεται σε ποιοτικά δεδομένα. Αντίθετα, η δεύτερη κατηγορία στηρίζεται σε κάποιο μαθηματικό ή στατιστικό υπόδειγμα που εφαρμόζεται σε ποσοτικά δεδομένα. Τα υποδείγματα αυτά που αφορούν αντικειμενικές ή ποσοτικές μεθόδους πρόβλεψης διακρίνονται σε αιτιακά και μη αιτιακά. Με τα αιτιακά υποδείγματα γίνονται προβλέψεις μιας μεταβλητής με βάση τη σχέση που συνδέει αυτή τη μεταβλητή με άλλες σχετιζόμενες μεταβλητές, ενώ με τα μη αιτιακά η πρόβλεψη στηρίζεται αποκλειστικά στις προηγούμενες τιμές της ίδιας χρονολογικής σειράς.

Η διαδικασία που ακολουθείται κατά την ανάλυση των χρονολογικών σειρών είναι πρωταρχικά η εξέταση του χρονοδιαγράμματος των ιστορικών δεδομένων κάθε σειράς και στη συνέχεια η εξέταση της δομής τους με συγκεκριμένα στατιστικά μέτρα. Αρχικά, πραγματοποιείται έλεγχος για να εξεταστεί κατά πόσον οι χρονολογικές σειρές είναι στάσιμες ή όχι. Στη συνέχεια, διεξάγεται διερεύνηση για την επιλογή του κατάλληλου εμπειρικού μοντέλου.

3.2. ΣΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑ

Οι χρονολογικές σειρές χωρίζονται σε στάσιμες (stationary) και μη στάσιμες (non-stationary). Η κύρια ιδέα της στασιμότητας είναι ότι οι νόμοι πιθανότητας που διέπουν μια στοχαστική διαδικασία παραμένουν αμετάβλητοι με το χρόνο. Η στασιμότητα μπορεί να οριστεί είτε με την αυστηρή έννοια, είτε με την ασθενέστερη. Ειδικότερα, μια στοχαστική διαδικασία $\{Y_t\}$ θεωρείται αυστηρά στάσιμη αν η από κοινού κατανομή πιθανότητας των $\{Y_t, Y_{t+1}, \dots, Y_{t+N-1}\}$ είναι ίδια με την από κοινού κατανομή του συνόλου

¹ Η ενότητα αυτή στηρίζεται στους Μιχαηλίδης Π. και Κωνσταντάκης Κ. (2013), Ανάλυση Χρονολογικών Σειρών: Σημειώσεις Παραδόσεων Ε.Μ.Π., Αθήνα, καθώς και στη Δημέλη Σ. (2013), Σύγχρονες Μέθοδοι Ανάλυσης Χρονολογικών Σειρών.

$\{Y_{t+k}, Y_{t+k+1}, \dots, Y_{t+k+N-1}\}$ για οποιαδήποτε επιλογή του χρόνου t , του πλήθους N και των υστερήσεων/ προηγήσεων k .

Παρόμοιος ορισμός, αλλά μαθηματικά λιγότερο αυστηρός, είναι ο ορισμός της ασθενούς στασιμότητας. Σύμφωνα με τον ορισμό αυτό, απαιτείται στασιμότητα μόνο στις στατιστικές ροπές πρώτης τάξης (δηλαδή του μέσου) και δεύτερης τάξης (δηλαδή των διακυμάνσεων και συνδιακυμάνσεων). Με βάση αυτά, μια χρονολογική σειρά θα είναι ασθενώς στάσιμη (weakly stationary) αν ο μέσος και η διακύμανση της δε μεταβάλλονται με το χρόνο, ενώ και η συνδιακύμανση μεταξύ των τιμών της σε δύο χρονικά σημεία εξαρτάται μόνο από την απόσταση ανάμεσα σε αυτά τα σημεία και όχι από τον ίδιο το χρόνο.

Μαθηματικά, αν η χρονολογική σειρά είναι ασθενώς στάσιμη, τότε θα ισχύουν οι εξής συνθήκες:

$$E(Y_t) = \mu_y, \text{ για όλα τα } t \quad (3.1)$$

$$\text{var}(Y_t) = E[Y_t - E(Y_t)]^2 = \sigma_y^2, \text{ για όλα τα } t \quad (3.2)$$

$$\text{cov}(Y_t, Y_{t+k}) = \text{cov}(Y_{t+m}, Y_{t+m+k}) = \gamma_k, \text{ για όλα τα } t \text{ και } k, m \neq 0 \quad (3.3)$$

Όπου μ_y συμβολίζει το σταθερό μέσο της Y_t , το σ_y^2 συμβολίζει τη σταθερή διακύμανση της και το γ_k τη συνδιακύμανση μεταξύ δύο οποιωνδήποτε τιμών της Y_t που απέχουν k χρονικές περιόδους. Στο εξής, η τελευταία θα ονομάζεται αυτοσυνδιακύμανση (autocovariance) και ορίζεται ως:

$$\gamma_k = \text{cov}(Y_t, Y_{t+k}) = E[Y_t - E(Y_t)][Y_{t+k} - E(Y_{t+k})] \quad (3.4)$$

Η πρώτη και η δεύτερη συνθήκη υποδηλώνουν, αντίστοιχα, σταθερό μέσο και σταθερή διακύμανση, για οποιαδήποτε χρονική στιγμή t . Η τρίτη συνθήκη δηλώνει ότι η συνδιακύμανση μεταξύ δύο οποιωνδήποτε τιμών της Y_t , που απέχουν k χρονικές περιόδους, είναι συνάρτηση μόνο του k , δηλαδή της χρονικής υστέρησης ή προήγησης των δύο αυτών τιμών. Είναι φανερό ότι η αυτοδιακύμανση μηδενικής υστέρησης ($k=0$) είναι η διακύμανση, δηλαδή:

$$\gamma_0 = \text{cov}(Y_t, Y_t) = \text{var}(Y_t) = \sigma_y^2 \quad (3.5)$$

Με βάση αυτό, μπορούμε να ενοποιήσουμε τη δεύτερη και τρίτη συνθήκη ώστε να διατυπωθούν συνοπτικά οι συνθήκες στασιμότητας ως εξής:

σταθερός μέσος σε όλα τα χρονικά σημεία t

Συνδιακυμάνσεις γ_k ανεξάρτητες του χρόνου t , για οποιοδήποτε ακέραιο k .

Παραβίαση οποιασδήποτε από τις συνθήκες καθιστά τη σειρά μη στάσιμη. Στη βιβλιογραφία μια διαδικασία που πληροί τις παραπάνω συνθήκες μπορεί να αναφέρεται και ως στάσιμη δεύτερης τάξεως (second order stationary) ή στάσιμη ως προς τη συνδιακύμανση (covariance stationary) ή γενικά στάσιμη υπό την ευρεία έννοια.

Αν μια χρονολογική σειρά είναι μη στάσιμη, είναι δυνατόν να μετατρέπεται σε στάσιμη με λήψη διαφορών. Αν μετατρέπεται σε στάσιμη μετά από διαφορές d τάξεως, τότε αυτή ονομάζεται ολοκληρωμένη (integrated) d τάξεως και συμβολίζεται με $I(d)$. Γενικά, οι Box and Jenkins (1976) προτείνουν να μετατρέπουμε τις σειρές σε στάσιμες παίρνοντας διαφορές πρώτης, δεύτερης ή και μεγαλύτερης τάξης.

3.3. ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΟΝΑΔΙΑΙΑΣ ΡΙΖΑΣ

Ο έλεγχος μοναδιαίας ρίζας αφορά στον έλεγχο μη στασιμότητας μιας χρονοσειράς.

Για την καλύτερη κατανόηση του ελέγχου θα χρησιμοποιηθεί το αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα AR(1):

$$Y_t = \delta + \alpha Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.6)$$

Όπου ε_t είναι διαδικασία λευκού θορύβου. Στο υπόδειγμα αυτό, αν $|\alpha| < 1$ η στοχαστική διαδικασία είναι στάσιμη. Αν όμως η παράμετρος α είναι πολύ κοντά στη μονάδα, τότε η σειρά συμπεριφέρεται περισσότερο ως μη στάσιμη, με τους συντελεστές αυτοσυσχέτισης να φθίνουν σταδιακά αλλά με αργό ρυθμό. Συνεπώς, αυτό που μας ενδιαφέρει, είναι να ελέγξουμε αν α ισούται με τη μονάδα, οπότε η μηδενική υπόθεση που θέτουμε είναι αν η σειρά Y_t έχει μοναδιαία ρίζα (unit root):

$$H_0 : \alpha = 1 \quad (3.7)$$

Σε περίπτωση μη απόρριψης της H_0 , τότε για $\alpha = 1$ προκύπτει μια διαδικασία τυχαίας διαδρομής με σταθερά :

$$Y_t = \delta + Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.8)$$

η οποία είναι μια $I(1)$ διαδικασία, δηλαδή μια $I(0)$ στις πρώτες διαφορές. Επομένως, η χαρακτηριστική εξίσωση της στοχαστικής διαδικασίας Y_t έχει μια μοναδιαία ρίζα, από την οποία έχει λάβει την ονομασία του ο παραπάνω έλεγχος. Για $\delta = 0$ έχουμε μια καθαρά τυχαία διαδρομή, ενώ για $\delta \neq 0$ έχουμε την τυχαία διαδρομή με σταθερά (ή μετατόπιση). Σε κάθε περίπτωση, η σειρά υπό την υπόθεση H_0 για το υπόδειγμα AR(1), είναι μη στάσιμη και έχει διακύμανση $t\sigma_\varepsilon^2$ που τείνει στο άπειρο καθώς αυξάνεται το t .

Η εναλλακτική υπόθεση, σε όλες τις περιπτώσεις, διατυπώνεται με τη μορφή του μονοκατάληκτου ελέγχου :

$$H_a : \alpha < 1 \quad (3.9)$$

Απόρριψη της H_0 έναντι της H_a σημαίνει ότι η στοχαστική διαδικασία Y_t είναι στάσιμη. Η εναλλακτική $\alpha > 1$ δεν εξετάζεται αφού αντιστοιχεί σε αποκλίνουσα Y_t

Στη βιβλιογραφία αναφέρονται πολλοί τρόποι με τους οποίους μπορούμε να εκτελέσουμε έναν έλεγχο μοναδιαίας ρίζας. Οι πιο συνήθεις έλεγχοι για την εξέταση της μοναδιαίας ρίζας είναι ο έλεγχος των Dickey – Fuller (1979) και ο έλεγχος των Phillips – Perron (1988). Συγκεκριμένα, οι Dickey and Fuller (1979) χρησιμοποίησαν τρεις διαφορετικές εξισώσεις μορφής AR(1):

$$Y_t = \alpha Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad \text{ή} \quad \Delta Y_t = \beta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.10)$$

$$Y_t = \delta + \alpha Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad \text{ή} \quad \Delta Y_t = \delta + \beta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.11)$$

$$Y_t = \delta + \gamma t + \alpha Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad \text{ή} \quad \Delta Y_t = \delta + \gamma t + \beta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.12)$$

όπου τα κατάλοιπα ε_t πληρούν τις γνωστές ιδιότητες του λευκού θορύβου. Σε καθεμία από τις τρεις περιπτώσεις η ελεγχόμενη υπόθεση είναι ίδια, αυτής της μοναδιαίας ρίζας:

$$H_0 : \alpha = 1 \quad \text{ή} \quad \beta = \alpha - 1 = 0 \quad (3.13)$$

Κάτω από την υπόθεση μηδέν και τα τρία υποδείγματα είναι μη στάσιμα, αλλά η γενεσιουργός διαδικασία των δεδομένων είναι διαφορετική σε κάθε περίπτωση. Θέτοντας $\beta = 0$ στις εξισώσεις λαμβάνουμε τις πραγματικές σχέσεις. Σε όλες τις περιπτώσεις, ελέγχουμε τη μηδενική υπόθεση, χωρίς άλλο περιορισμό στις παραμέτρους.

Απόρριψη της H_0 συνεπάγεται ότι στην πρώτη περίπτωση η χρονολογική σειρά Y_t είναι στάσιμη με μηδενικό μέσο, στη δεύτερη περίπτωση στάσιμη με μέση τιμή ίση με $\delta/(1 - \alpha)$ και στην τρίτη περίπτωση είναι στάσιμη γύρω από μια ντετερμινιστική τάση.

Οι Dickey-Fuller προτείνουν δυο κατανομές για τον έλεγχο της υπόθεσης H_0 , τη στατιστική t και την κατανομή K :

$$t = \frac{\hat{a} - 1}{s_a} \quad \text{ή} \quad K = N(\hat{a} - 1) \quad (3.14)$$

Οι κριτικές τιμές DF των στατιστικών αυτών για κάθε περίπτωση είναι διαφορετικές, ανάλογα με το αν περιλαμβάνεται σταθερά ή/ και τάση στην υποτιθέμενη αληθινή σχέση. Σε περίπτωση μη απόρριψης της H_0 τότε πρέπει να επαναληφθεί ο έλεγχος για ύπαρξη

μοναδιαίας ρίζας στη σειρά των πρώτων διαφορών ΔY_t παλινδρομώντας τις δεύτερες διαδρομές $\Delta^2 Y_t = \Delta Y_t - \Delta Y_{t-1}$ στην υστέρηση ΔY_{t-1} μέχρι να φτάσουμε σε απόρριψη της H_0 .

Οι Dickey – Fuller για το πρόβλημα της αυτοσυσχέτισης των καταλοίπων, ανέπτυξαν έναν άλλο έλεγχο, γνωστό ως «επαυξημένο έλεγχο Dickey-Fuller» (Augmented Dickey-Fuller – ADF). Αυτός ο έλεγχος προσαρμόζει τον έλεγχο DF προκειμένου να αντιμετωπίσει την πιθανή παρουσία αυτοσυσχέτισης στους όρους σφάλματος, προσθέτοντας τους όρους διαφορών με υστέρηση της παλινδρομούμενης μεταβλητής. Οι Phillips-Perron (1988) πάλι, χρησιμοποιούν μη παραμετρικές στατιστικές μεθόδους ούτως ώστε να αντιμετωπίσουν την αυτοσυσχέτιση στους όρους σφάλματος, χωρίς να προσθέτουν όρους διαφορών με υστέρηση.

Οι έλεγχοι DF υποθέτουν ότι οι διαταρακτικοί όροι δεν αυτοσυσχετίζονται και ότι έχουν σταθερή διακύμανση. Οι Phillips – Perron (1988) αναπτύσσουν δύο στατιστικές ελέγχου μοναδιαίας ρίζας χωρίς τις αυστηρές υποθέσεις των Dickey-Fuller για την κατανομή των διαταρακτικών όρων. Οι προτεινόμενες στατιστικές ελέγχου, που παριστάνονται με Z_α και Z_t , είναι οι τροποποιημένες DF στατιστικές, έτσι που, η αυτοσυσχέτιση δεν επηρεάζει την ασυμπτωτική κατανομή τους. Για τον έλεγχο μοναδιαίας ρίζας των Phillips – Perron (PP) ισχύουν οι ίδιες κρίσιμες τιμές με αυτές που ισχύουν στους ελέγχους των Dickey – Fuller. Αν οι τιμές των Z_α και Z_t , σε απόλυτους όρους, υπερβαίνουν τις κρίσιμες τιμές, για δεδομένο επίπεδο σημαντικότητας, τότε η μηδενική υπόθεση ότι υπάρχει μοναδιαία ρίζα απορρίπτεται.

Η περιγραφή του ελέγχου PP (Συριόπουλος και Φίλιππας 2010) είναι η ακόλουθη. Θεωρούμε μια χρονοσειρά Y_t με το υπόδειγμα παλινδρόμησης :

$$D_t \Delta(Y_t) = \beta' D_t + \alpha Y_{t-1} + e_t$$

Όπου: D_t είναι ένα διάνυσμα προσδιοριστικών όρων (σταθερός όρος, τάση, κτλ.) και e_t διάνυσμα των σφαλμάτων που μπορεί να είναι ετεροσκεδαστικό. Μετά την εκτίμηση του υποδείγματος, ο έλεγχος PP ανεξάρτητα της συσχέτισης και ετεροσκεδαστικότητας του όρου e_t , εξετάζει τις ελεγχουσυναρτήσεις:

$$Z_t = \left(\frac{\hat{\sigma}^2}{\hat{\lambda}^2}\right)^{1/2} t_{a=0} - \frac{1}{2} \left(\frac{\hat{\lambda}^2 - \hat{\sigma}^2}{\hat{\lambda}^2}\right) \left(\frac{T se(\hat{a})}{\hat{\sigma}^2}\right) \quad (3.15)$$

$$Z_\alpha = T \hat{a} - \frac{1}{2} \left(\frac{T^2 se(\hat{a})}{\hat{\sigma}^2}\right) (\hat{\lambda}^2 - \hat{\sigma}^2) \quad (3.16)$$

Ο όρος T είναι ο αριθμός των παρατηρήσεων και οι όροι $\hat{\sigma}^2$ και $\hat{\lambda}^2$ είναι συνεπείς εκτιμητές των διακυμάνσεων:

$$\sigma^2 = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{\sum_{t=1}^T E(\hat{e}_t^2)}{T} \quad \text{και} \quad \lambda^2 = \lim_{T \rightarrow \infty} \left(\sum_{t=1}^T E(T^{-1} \sum_{t=1..T} e_t) \right) \quad (3.17)$$

Όπου είναι οι δειγματικές διακυμάνσεις των καταλοίπων \hat{e}_t της OLS (Ordinary Least Squares), της άγνωστης διακύμανσης σ^2 και της Newey – West μακροχρόνιας διακύμανσης λ^2 αντίστοιχα.

Θεωρώντας ως μηδενική υπόθεση την $H_0 : \alpha=0$, οι στατιστικές Z_a και Z_t θα πρέπει να έχουν την ίδια ασυμπτωτική κατανομή με την περίπτωση των ADF και κανονική αμεροληψία. Ο έλεγχος PP είναι πιο αποτελεσματικός από τον έλεγχο ADF αφού δεν εξαρτάται από το μήκος των υστερήσεων.

3.4. ΑΥΤΟΠΑΛΙΝΔΡΟΜΟ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΟ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ (VECTOR AUTOREGRESSION MODEL - VAR)

Τα πολυμεταβλητά υποδείγματα χρονολογικών σειρών (multivariate time series) αφορούν τη μελέτη ενός αριθμού μεταβλητών και όχι μεμονωμένα μιας χρονολογικής σειράς. Στην περίπτωση του διανυσματικού αυτοπαλίνδρομου υποδείγματος θεωρούμε π.χ. δύο μεταβλητές Y_t και X_t από κοινού, ως σύστημα εξισώσεων, όπου κάθε μεταβλητή εκφράζεται ως συνάρτηση των υστερήσεων της ίδιας καθώς και των υστερήσεων όλων των άλλων μεταβλητών.

Η χρήση του υποδείγματος VAR είναι προτιμότερη όταν δεν γνωρίζουμε εκ των προτέρων ποιες μεταβλητές είναι ενδογενείς και ποιες εξωγενείς, οπότε θεωρούμε πως όλες είναι ενδογενείς και μελετούμε τις σχέσεις τους από κοινού. Τα υποδείγματα VAR προτάθηκαν από τον Sims (1980).

Τα υποδείγματα VAR περιγράφουν τη δυναμική εξέλιξη ενός συνόλου μεταβλητών. Όπως αναφέρθηκε, κάθε μεταβλητή περιγράφεται ως συνάρτηση των προηγούμενων τιμών (υστερήσεων) της ίδιας καθώς και των προηγούμενων τιμών όλων των υπολοίπων μεταβλητών του συστήματος. Ο αριθμός των υστερήσεων αποτελεί την τάξη του υποδείγματος και προσδιορίζεται βάσει των δεδομένων και τη συχνότητα τους.

Ας θεωρήσουμε το παράδειγμα ενός διμεταβλητού υποδείγματος μεταξύ των μεταβλητών X_t και M_t των οποίων η συμπεριφορά διέπεται από το σύστημα:

$$X_t = \delta_1 + \alpha_{11}X_{t-1} + \alpha_{12}X_{t-2} + \beta_{11}M_{t-1} + \beta_{12}M_{t-2} + e_{t1} \quad (3.18)$$

$$M_t = \delta_2 + \alpha_{21}X_{t-1} + \alpha_{22}X_{t-2} + \beta_{21}M_{t-1} + \beta_{22}M_{t-2} + e_{t2} \quad (3.19)$$

Ο αριθμός των υστερήσεων από κάθε χρονολογική σειρά προσδιορίζει την τάξη του συστήματος, πρόκειται δηλαδή για ένα VAR(2). Αν γράψουμε το σύστημα σε διανυσματική μορφή, θα έχουμε

$$\begin{bmatrix} X_t \\ M_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \beta_{11} \\ \alpha_{21} & \beta_{21} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{t-1} \\ M_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \alpha_{12} & \beta_{12} \\ \alpha_{22} & \beta_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{t-2} \\ M_{t-2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{t1} \\ e_{t2} \end{bmatrix} \quad (3.20)$$

ή αλλιώς:

$$Y_t = \delta + A_1 Y_{t-1} + A_2 Y_{t-2} + e_t \quad (3.21)$$

όπου Y_t είναι το διάνυσμα των ενδογενών μεταβλητών τη χρονική στιγμή t , δ είναι το διάνυσμα των σταθερών όρων, $A_i (i=1,2)$ είναι οι μήτρες των συντελεστών των μεταβλητών χρονικής υστέρησης και e_t το διάνυσμα λευκού θορύβου. Η εξίσωση αυτή είναι ένα υπόδειγμα AR(2) στο διάνυσμα Y_t γι' αυτό και ονομάζεται διανυσματικό αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα δεύτερης τάξης ή VAR(2).

Το υπόδειγμα μπορεί να γενικευθεί ώστε να περιλαμβάνονται περισσότερες μεταβλητές και κάθε μεταβλητή να έχει πάνω από δύο υστερήσεις. Ακόμα μπορεί να περιλαμβάνει και άλλους προσδιοριστικούς παράγοντες πέρα από το διάνυσμα δ των σταθερών. Έτσι, η γενική μορφή του υποδείγματος VAR(p) με k μεταβλητές και p υστερήσεις θα είναι:

$$Y_t = A_1 Y_{t-1} + A_2 Y_{t-2} + \dots + A_p Y_{t-p} + B X_t + e_t \quad (3.22)$$

όπου το διάνυσμα $Y_t = [Y_{1t}, \dots, Y_{kt}]'$ διάστασης $k \times 1$ περιέχει k διαφορετικές μεταβλητές, το διάνυσμα $X_t = [1, X_{1t}, \dots, X_{dt}]'$ περιέχει τις εξωγενείς μεταβλητές.

Για την ορθή εκτίμηση ενός VAR υποδείγματος θα πρέπει να ικανοποιούνται κάποιες βασικές υποθέσεις για τις μεταβλητές Y_t και για το διάνυσμα e_t . Το διάνυσμα e_t είναι ένα διάνυσμα λευκού θορύβου με τις εξής ιδιότητες:

$$E(e_t) = 0 \text{ για όλα τα } t \quad (3.23)$$

$$\text{και } E(e_t e_s') = \begin{cases} \Omega & \text{για } t = s \\ 0 & \text{για } t \neq s \end{cases} \quad (3.24)$$

όπου Ω συμβολίζει τη μήτρα διακυμάνσεων – συνδιακυμάνσεων. Στην περίπτωση του διμεταβλητού VAR υποδείγματος η μήτρα αυτή ισούται με

$$\Omega = E(e_t e_t') = \begin{bmatrix} \text{var}(e_{t1}) & \text{cov}(e_{t1}, e_{t2}) \\ \text{cov}(e_{t1}, e_{t2}) & \text{var}(e_{t2}) \end{bmatrix} \quad (3.25)$$

Δηλαδή, ο τυχαίος παράγοντας κάθε εξίσωσης είναι λευκός θόρυβος με μηδενικό μέσο και σταθερές διακυμάνσεις στην κύρια διαγώνιο της μήτρας Ω . Ο τυχαίος θόρυβος μιας εξίσωσης μπορεί να συσχετίζεται με αυτόν μιας άλλης εξίσωσης κατά την τρέχουσα περίοδο, δηλαδή οι συνδιακυμάνσεις στα μη διαγώνια στοιχεία της Ω να διαφέρουν από το μηδέν. Ακόμα, τα e_{jt} δεν πρέπει να συσχετίζονται με καμιά άλλη μεταβλητή στο δεξί

μέλος της εξίσωσης. Επιπλέον, θα πρέπει να υποθέσουμε ότι το υπόδειγμα VAR είναι στάσιμο.

Συνεπώς, θα ισχύουν τα εξής: το διάνυσμα Y_t έχει σταθερό μέσο, σταθερή διακύμανση και οι μήτρες συνδιακυμάνσεων μεταξύ Y_t και Y_{t+k} εξαρτώνται μόνο από την απόσταση k και όχι από το χρόνο t .

Ουσιαστικά, οι υποθέσεις περί στασιμότητας υποδηλώνουν ότι οι μεταβλητές του VAR συστήματος πρέπει να είναι $I(0)$ και άρα να μην έχουν τάση ή εποχικότητα, ούτε διακυμάνσεις που μεταβάλλονται διαχρονικά. Σε κάθε άλλη περίπτωση, απαιτούνται μετασχηματισμοί των στατιστικών δεδομένων, όπως για παράδειγμα λήψη διαφορών πρώτης ή δεύτερης τάξης ώστε οι μεταβλητές να μετατραπούν σε στάσιμες.

3.5. ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΑΞΗΣ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Για την επιλογή του άριστου αριθμού υστερήσεων, της τάξης δηλαδή, ενός υποδείγματος VAR αλλά και κατά την επιλογή του κατάλληλου αριθμού υστερήσεων για άλλους ελέγχους, όπως ο έλεγχος αιτιότητας Granger, εφαρμόζονται τα κριτήρια πληροφορίας (information criteria). Συνήθη κριτήρια πληροφορίας είναι αυτά που αναπτύχθηκαν από τον Akaike (1974) και τον Schwarz (1978) τα οποία είναι γνωστά ως AIC (Akaike Information Criteria) και SBIC (Schwarz Bayesian Information Criterion). Στην παρούσα διπλωματική χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο SBIC το οποίο στη βιβλιογραφία απαντάται και ως SIC ή BIC.

Για να οριστεί το κριτήριο, ορίζεται ο λογάριθμος της συνάρτησης πιθανοφάνειας LL για ένα υπόδειγμα VAR με:

$$LL = \left(\frac{T}{2}\right) \left\{ \ln \left(\left| \hat{\Sigma}^{-1} \right| \right) - K \ln(2\pi) - K \right\} = - \left(\frac{T}{2}\right) \left\{ \ln \left(\left| \hat{\Sigma} \right| \right) + K \ln(2\pi) + K \right\} \quad (3.26)$$

Όπου T είναι ο αριθμός των παρατηρήσεων, K ο αριθμός των εξισώσεων, και Σ ο εκτιμητής μεγίστης πιθανοφάνειας του $E[u_t u_t']$.

Το κριτήριο SBIC ορίζεται ως εξής:

$$SBIC(p) = -2 \left(\frac{LL}{T} \right) + \frac{\ln(T)}{T} t_p \quad (3.27)$$

Όπου LL ο λογάριθμος της συνάρτησης πιθανοφάνειας, T ο αριθμός των παρατηρήσεων και p ο αριθμός των υστερήσεων

Η επιλογή της τάξης του υποδείγματος γίνεται με βάση τη μικρότερη τιμή του κριτηρίου.

3.6. ΣΥΝΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ

Η πρόσθεση ή αφαίρεση δύο σειρών, ολοκληρωμένων σε διαφορετικές τάξεις, θα δώσει ως αποτέλεσμα μια τρίτη σειρά, η οποία είναι ολοκληρωμένη από τις δυο αρχικές, με τάξη τη μεγαλύτερη εκ των δύο. Ωστόσο, υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες ο γραμμικός συνδυασμός δύο $I(1)$ μεταβλητών καταλήγει σε μια άλλη $I(0)$. Αν ισχύει αυτή η περίπτωση τότε οι σειρές ονομάζονται συνολοκληρωμένες (cointegrated).

Σύμφωνα με τον ορισμό των Engle and Granger (1987), ένα διάνυσμα χρονολογικών σειρών $Y_t = [Y_{1t}, Y_{2t}, \dots, Y_{kt}]'$ διαστάσεων $k \times 1$ είναι συνολοκληρωμένο τάξης (d, b) και θα συμβολίζεται ως $CI(d, b)$, εάν ισχύουν τα εξής:

Κάθε χρονολογική σειρά στο διάνυσμα Y_t είναι $I(d)$.

Υπάρχει κάποιο μη μηδενικό διάνυσμα β διαστάσεων $k \times 1$ τέτοιο ώστε ο γραμμικός συνδυασμός:

$$\beta' Y_t = \beta_1 Y_{1t} + \beta_2 Y_{2t} + \dots + \beta_k Y_{kt} \approx I(d-b), b > 0 \quad (3.28)$$

δηλαδή θα πρέπει $\beta' Y_t$ να είναι ολοκληρωμένο με τάξη μικρότερη του d . Το διάνυσμα β αποτελεί το διάνυσμα συνολοκλήρωσης (cointegrating vector).

Για παράδειγμα στην απλή περίπτωση ενός διανύσματος δύο $I(1)$ μεταβλητών $Y_t = [Y_t \ X_t]'$ θα λέμε πως αυτές συνολοκληρώνονται, αν υπάρχει ένα διάνυσμα $\beta = [\beta_1 \ \beta_2]'$ που ο γραμμικός συνδυασμός τους είναι στάσιμος:

$$\beta_1 Y_t + \beta_2 X_t = \varepsilon_t \approx I(0) \quad (3.29)$$

Για την πραγματοποίηση ελέγχων συνολοκλήρωσης χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο δύο μεθοδολογίες: η μεθοδολογία Engle-Granger (1987) και η μεθοδολογία Johansen (1988). Η μεθοδολογία Engle-Granger αποτελεί εφαρμογή του αντιπροσωπευτικού θεωρήματος που πρότεινε αρχικά ο Granger. Βασίζεται στον έλεγχο μη στασιμότητας των καταλοίπων της εξίσωσης συνολοκλήρωσης κάθε μεταβλητής ξεχωριστά. Η μεθοδολογία του Johansen στηρίζεται στη εκτίμηση των συστημάτων συνολοκλήρωσης μέσω της μεθόδου μεγίστης πιθανοφάνειας πλήρους πληροφόρησης (full information maximum likelihood).

3.7. ΜΕΘΟΔΟΣ JOHANSEN

Η μεθοδολογία Johansen περιλαμβάνει τρία βήματα:

Βήμα 1: Βοηθητικές παλινδρομήσεις.

Για ένα διάνυσμα Y_t μεταβλητών, διάστασης $k \times 1$, εξειδικεύουμε ένα σύστημα VAR(p):

$$Y_t = A_1 Y_{t-1} + \dots + A_k Y_{t-k} + u_t, \quad t = 1, \dots, N \quad (3.30)$$

το οποίο μπορεί να λάβει τη μορφή ενός VAR(p-1) στις πρώτες διαφορές με έναν επιπρόσθετο όρο:

$$\Delta Y_t = \Pi Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta Y_{t-i} + u_t \quad (3.31)$$

όπου:

$$\Pi = - \left(I - \sum_{j=1}^p A_j \right) \text{ και } \Gamma_i = \sum_{j=i+1}^p A_j, \quad i = 1, \dots, p \quad (3.32)$$

Κατόπιν αναδιατάξεως, λαμβάνουμε:

$$\Delta Y_t - \alpha \beta' Y_{t-1} = \Gamma_1 \Delta Y_{t-1} + \dots + \Gamma_{p-1} \Delta Y_{t-p+1} + u_t \quad (3.33)$$

Παλινδρομούμε πάνω στις μεταβλητές του δευτέρου μέλους αρχικά το ΔY_t και μετά το Y_{t-1} και λαμβάνουμε τις εκτιμήσεις LS των καταλοίπων R_{0t} και R_{1t} αντίστοιχα.

Βήμα 2: Υπολογισμός συσχετίσεων.

Στη συνέχεια, εφαρμόζεται ανάλυση συσχετίσεων στις μήτρες διακυμάνσεων – συνδιακυμάνσεων των καταλοίπων R_{0t} και R_{1t} του πρώτου βήματος:

$$S_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N R_{it} R_{jt}' = \begin{bmatrix} S_{00} & S_{01} \\ S_{10} & S_{11} \end{bmatrix}, \quad i, j = 0, 1 \quad (3.34)$$

Αποδεικνύεται ότι οι k συσχετίσεις είναι οι ιδιοτιμές λ_j που προκύπτουν από τη λύση της εξίσωσης:

$$|\lambda S_{11} - S_{10} S_{00}^{-1} S_{01}| = 0 \quad (3.35)$$

όπου S_{ij} είναι οι παραπάνω μήτρες και λ το διάνυσμα των ιδιοτιμών.

Αναπτύσσοντας την (3.35) λαμβάνουμε τις εκτιμήσεις των ιδιοτιμών $\hat{\lambda}_1, \hat{\lambda}_2, \dots, \hat{\lambda}_k$ και των αντίστοιχων ιδιοδιανυσμάτων.

Οι εκτιμήσεις μέγιστης πιθανοφάνειας των διανυσμάτων ολοκλήρωσης β είναι τα ιδιοδιανύσματα που αντιστοιχούν στις r μεγαλύτερες ιδιοτιμές που προέκυψαν από την επίλυση της. Αφού κατατάξουμε τις ιδιοτιμές που προέκυψαν κατά φθίνουσα σειρά $\hat{\lambda}_1 > \hat{\lambda}_2 > \dots > \hat{\lambda}_k$, η μέγιστη τιμή της συνάρτησης πιθανοφάνειας, υπό τον περιορισμό ότι υπάρχουν $r < k$ σχέσεις συνολοκλήρωσης, ισούται με:

$$L^* = -\left(\frac{Nk}{2}\right) \ln(2\pi) - \frac{Nk}{2} - \left(\frac{N}{2}\right) \ln |S_{11}| - \left(\frac{N}{2}\right) \sum_{i=1}^r \ln(1 - \hat{\lambda}_i) \quad (3.36)$$

όπου N είναι ο αριθμός των δειγματικών παρατηρήσεων, k ο αριθμός των μεταβλητών του συστήματος και r ο αριθμός των γραμμικά ανεξάρτητων διανυσμάτων συνολοκλήρωσης.

Βήμα 3^ο: Εκτιμήσεις μέγιστης πιθανοφάνειας των παραμέτρων.

Τέλος, γίνεται εκτίμηση των παραμέτρων του υποδείγματος επιβάλλοντας τον περιορισμό για το βαθμό r της μήτρας $\Pi = \alpha\beta'$ που προέκυψε από το προηγούμενο βήμα.

Με βάση τη διαδικασία που περιγράφηκε, προκύπτουν δύο τρόποι ελέγχου του βαθμού συνολοκλήρωσης.

Α) Έλεγχος ίχνους όπου ελέγχεται η αρχική υπόθεση H_0 ότι υπάρχουν το πολύ r_0 διανύσματα συνολοκλήρωσης, έναντι της εναλλακτικής ότι υπάρχουν περισσότερα από r_0 .

$$H_0 : r \leq r_0 \quad \text{έναντι} \quad H_a : r_0 < r \leq k \quad (3.37)$$

Ο έλεγχος γίνεται με το στατιστικό κριτήριο του ίχνους (trace test)

$$\lambda_{trace} = -N \sum_{i=r_0+1}^k \ln(1 - \hat{\lambda}_i) \quad (3.38)$$

Β) Έλεγχος μέγιστης ιδιοτιμής, στον οποίο η υπόθεση H_0 είναι η ίδια αλλά η εναλλακτική είναι περισσότερο περιοριστική, ότι υπάρχουν ακριβώς $r_0 + 1$ διανύσματα συνολοκλήρωσης

$$H_0 : r \leq r_0 \quad \text{έναντι} \quad H_a : r = r_0 + 1 \quad (3.39)$$

Ο έλεγχος γίνεται με το κριτήριο της μέγιστης ιδιοτιμής (maximum eigenvalue test)

$$\lambda_{max} = -T \ln(1 - \hat{\lambda}_{r_0+1}) \quad (3.40)$$

3.8. ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ

Θεωρούμε το σύστημα

$$Y_t = \delta + A_1 Y_{t-1} + A_2 Y_{t-2} + e_t \quad (3.41)$$

των δύο μεταβλητών $Y_t = [X_t M_t']$ με μια υστέρηση, δηλαδή το VAR(1) της εξίσωσης

$$y_t = A_1 y_{t-1} + e_t \quad (3.42)$$

Εφαρμόζοντας την τεχνική διαδοχικών αντικαταστάσεων προς τα πίσω σε κάθε εξίσωση του συστήματος έχουμε:

$$Y_t = \delta + A_1 Y_{t-1} + e_t = \delta + A_1 (\delta + A_1 Y_{t-2} + e_{t-1}) + e_t = (I + A_1) \delta + A_1^2 Y_{t-2} + A_1 e_{t-1} + e_t \quad (3.43)$$

όπου I είναι μοναδιαίος πίνακας διαστάσεων 2×2 . Μετά από v επαναλήψεις λαμβάνουμε:

$$Y_t = (I + A_1 + A_1^2 + \dots + A_1^v) \delta + \sum_{i=0}^v A_1^i e_{t-i} + A_1^{v+1} Y_{t-v-1} \quad (3.44)$$

Για να συγκλίνει το παραπάνω σύστημα πρέπει ο τελευταίος όρος να εξαφανίζεται καθώς το v τείνει στο άπειρο. Αυτό συμβαίνει όταν πληρούνται οι συνθήκες ευστάθειας (stability conditions). Σύμφωνα με αυτές, οι ιδιοτιμές της μήτρας A_1 , οι ρίζες δηλαδή της χαρακτηριστικής εξίσωσης $|A - \lambda I| = 0$, πρέπει να είναι σε απόλυτη τιμή μικρότερες της μονάδας.

Ουσιαστικά, για να είναι το VAR στάσιμο, θα πρέπει οι ιδιοτιμές να είναι μέσα στο μοναδιαίο κύκλο. Στην αντίθετη περίπτωση, ορισμένα αποτελέσματα όπως τα τυπικά σφάλματα των δυναμικών, δεν ισχύουν.

3.9. ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΑΠΟΚΡΙΣΕΩΝ

Μια από τις κύριες διαδικασίες κατά τη μελέτη των VAR είναι να εξεταστεί ποιος είναι ο αντίκτυπος στην πορεία των ενδογενών μεταβλητών από μια αιφνίδια διαταραχή στην εξίσωση του συστήματος. Στην ορολογία των VAR υποδειγμάτων θα μιλάμε για δυναμικές αποκρίσεις που ωθούνται από απρόσμενες διαταραχές (impulse responses).

Στη γενική περίπτωση του VAR(p) υποδείγματος, μπορούμε να λάβουμε τη VMA μορφή πολλαπλασιάζοντας τη σχέση:

$$\Phi(L)Y_t = \delta + e_t \quad (3.45)$$

κατά μέλη με την αντίστροφη μήτρα $\Phi(L)^{-1}$, η οποία θεωρούμε ότι υπάρχει οπότε θα έχουμε:

$$Y_t = \mu + \Phi(L)^{-1} e_t = \mu + e_t + \Psi_1 e_{t-1} + \Psi_2 e_{t-2} + \dots \quad (3.46)$$

οπού οι μήτρες Ψ_j προέκυψαν κατόπιν αντιστροφής της $\Phi(L)$:

$$\Phi(L)^{-1} = I + \Psi_1 L + \Psi_2 L^2 + \dots \quad (3.47)$$

Με βάση την (2.46), οι επιδράσεις πάνω στις μελλοντικές τιμές της Y_t μιας αιφνίδιας μοναδιαίας μεταβολής του λευκού θορύβου e_t δίνονται από τα στοιχεία της μήτρας:

$$\Psi_s = \frac{\partial Y_{t+s}}{\partial e_t}, \quad s=1,2,3,\dots \quad (3.48)$$

Η μήτρα αυτή αποτελεί τη μήτρα των δυναμικών αποκρίσεων. Κάθε στοιχείο (i, j) της Ψ_s μετρά την επίδραση μιας μοναδιαίας διαταραχής στην εξίσωση j τη χρονική στιγμή $t(e_{jt})$ πάνω στην i -μεταβλητή μετά από $t+s$ περιόδους $(Y_{i,t+s})$, θεωρώντας ότι όλοι οι άλλοι διαταρακτικοί όροι σε οποιοδήποτε χρόνο δεν μεταβάλλονται. Αν, για παράδειγμα, επιδρούσε μια μοναδική διαταραχή στην πρώτη εξίσωση (e_{1t}) , τότε η πρώτη στήλη του πίνακα Ψ_s περιέχει τις επιδράσεις αυτής της διαταραχής σε όλες τις μεταβλητές του συστήματος για συγκεκριμένο s .

Οι δυναμικές επιδράσεις της τυχαίας διαταραχής e_t πάνω στη i -μεταβλητή Y_i για όλες τις περιόδους $s=1,2,\dots$ δίνονται από τα στοιχεία της πρώτης στήλης και i γραμμής των μητρών I, Ψ_1, Ψ_2, \dots . Η διαγραμματική παρουσίαση των στοιχείων αυτών από κάθε μήτρα ως συνάρτηση του s αποτελεί τη συνάρτηση απόκρισης της (Y_i) σε μια μοναδιαία διαταραχή του e_t .

Γενικά, αν ληφθεί το στοιχείο της i -γραμμής και j -στήλης της μήτρας Ψ_s ως συνάρτηση του s :

$$\frac{\partial Y_{i,t+s}}{\partial e_{jt}}, \quad s=1,2,3,\dots \quad (3.49)$$

τότε θα έχουμε τη συνάρτηση απόκρισης σε εφάπαξ διαταραχές (impulse response function) του συστήματος. Η συνάρτηση αυτή εκφράζει την απόκριση της $Y_{i,t+s}$ από μια απρόσμενη τυχαία διαταραχή στην εξίσωση της Y_{jt} , θεωρώντας ότι δεν υπάρχουν άλλες διαταραχές τη χρονική στιγμή t ή νωρίτερα.

Στην περίπτωση που το πρώτο στοιχείο του διάνυσματος των διαταραχών e_t μεταβαλλόταν κατά d_1 , και την ίδια στιγμή το δεύτερο κατά d_2 , κ.ο.κ. και το νιοστό κατά d_v τότε οι επιδράσεις από το συνδυασμό όλων των διαταραχών στο διάνυσμα Y_{t+s} θα είναι:

$$\frac{\partial Y_{t+s}}{\partial e_{1t}} d_1 + \frac{\partial Y_{t+s}}{\partial e_{2t}} d_2 + \dots + \frac{\partial Y_{t+s}}{\partial e_{vt}} d_v = \Psi_s d \quad (3.50)$$

όπου το διάνυσμα $d = [d_1 \quad d_2 \quad \dots \quad d_v]'$ περιέχει τις μεταβολές που παρατηρήθηκαν.

4. ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

4.1. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Το σύνολο των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την παρούσα εργασία αφορούν την περίοδο 2001 (1^ο τρίμηνο) – 2014 (3^ο τρίμηνο). Τα δεδομένα αυτά προέρχονται από την Ελληνική Στατιστική Αρχή, τη ΔΕΗ ΑΕ και τη Eurostat και αφορούν τις εξεταζόμενες μεταβλητές, οι οποίες χωρίζονται, βάσει τη βιβλιογραφία, σε ενδογενείς και εξωγενείς, και είναι οι ακόλουθες:

- Ενδογενείς μεταβλητές:
Ζητούμενη ενέργεια, Κατανάλωση, Πληθωρισμός, Ανεργία και ΑΕΠ
- Εξωγενείς μεταβλητές:
Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας, Ελληνική οικονομική κρίση, Παγκόσμια οικονομική κρίση, ο σχηματισμός της ΟΝΕ (Οικονομική Νομισματική Ένωση) & οι Ολυμπιακοί Αγώνες

Για να προβούμε στην εκτίμηση του VAR υποδείγματος θα πρέπει, αρχικά, να καθορίσουμε τον βαθμό των χρονικών υστερήσεων που θα χρησιμοποιηθούν για κάθε μεταβλητή. Στο VAR υπόδειγμα που δημιουργούμε, ως ενδογενείς λαμβάνουμε τις μεταβλητές: Ζητούμενη ενέργεια, Κατανάλωση, Πληθωρισμός, Ανεργία και ΑΕΠ, ενώ οι υπόλοιπες, δηλαδή οι: Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας, Ελληνική οικονομική κρίση, Παγκόσμια οικονομική κρίση, ο σχηματισμός της ΟΝΕ (Οικονομική Νομισματική Ένωση) και οι Ολυμπιακοί Αγώνες, είναι εξωγενείς.

Να σημειώσουμε εδώ, ότι ο διαχωρισμός σε ενδογενείς και εξωγενείς μεταβλητές έγινε με βάση τον παρακάτω ορισμό: Οι ενδογενείς προσδιορίζονται από το σύστημα στο οποίο αναφέρονται, ενώ οι εξωγενείς θεωρούνται δεδομένες, δηλαδή προσδιορίζονται εκτός του συστήματος. Οι ενδογενείς μεταβλητές (π.χ. κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας), μέσω των εξισώσεων του συστήματος, προσδιορίζουν άλλες ενδογενείς μεταβλητές, αλλά και προσδιορίζονται ταυτόχρονα από αυτές. Οι εξωγενείς μεταβλητές προσδιορίζουν τις ενδογενείς, αλλά δεν προσδιορίζονται από αυτές (π.χ. τιμή ηλεκτρικής ενέργειας).

4.2. ΈΛΕΓΧΟΣ ΜΟΝΑΔΙΑΙΑΣ ΡΙΖΑΣ

Πραγματοποιήθηκε έλεγχος μοναδιαίας ρίζας, με τον έλεγχο Phillips – Perron, ώστε να ελεγχθεί η στασιμότητα των μεταβλητών. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ελέγχων μοναδιαίας ρίζας.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των ελέγχων, η χρονολογική σειρά του πληθωρισμού είναι μη στάσιμη, για αυτό εξετάστηκε η σειρά των πρώτων διαφορών και προέκυψε πως είναι στάσιμη στις πρώτες διαφορές, άρα είναι I(1). Το ίδιο προέκυψε και για τις μεταβλητές: τιμή ηλεκτρικής ενέργειας, κατανάλωση, ζήτηση ενέργειας, ΑΕΠ και ανεργία.

Ακόμη, η χρονολογική σειρά του πληθυσμού, κατά την περίοδο που εξετάζουμε, είναι στάσιμη σε επίπεδο σημαντικότητας 1%.

Πιο αναλυτική παρουσίαση των στοιχείων πραγματοποιείται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 7: Έλεγχος μοναδιαίας ρίζας Phillips -Perron στο επίπεδο

Μεταβλητές	t-stat	Κρίσιμη τιμή (σε επίπεδο σημαντικότητας)	Στασιμότητα
Πληθωρισμός	-2.009	-3.175 (10%)	ΟΧΙ
Τιμή Ηλεκτρικής ενέργειας	-1.797	-3.175 (10%)	ΟΧΙ
Πληθυσμός	-4.149	-4.130 (1%)	ΝΑΙ
Κατανάλωση	-1.043	-3.175 (10%)	ΟΧΙ
Ζήτηση Ενέργειας	-1.393	-3.175 (10%)	ΟΧΙ
ΑΕΠ	-1.032	-3.175 (10%)	ΟΧΙ
Ανεργία	-1.183	-3.175 (10%)	ΟΧΙ

Πίνακας 8: Έλεγχος μοναδιαίας ρίζας Phillips -Perron στις πρώτες διαφορές

Μεταβλητές	t-stat	Κρίσιμη τιμή (σε επίπεδο σημαντικότητας)	Στασιμότητα
Πληθωρισμός	-3.491	-2.924 (5%)	ΝΑΙ
Τιμή Ηλεκτρικής ενέργειας	-4.966	-4.132 (1%)	ΝΑΙ
Πληθυσμός	²	-	-
Κατανάλωση	-12.158	-3.569 (1%)	ΝΑΙ
Ζήτηση Ενέργειας	-5.617	-3.569 (1%)	ΝΑΙ
ΑΕΠ	-4.485	-3.569 (1%)	ΝΑΙ
Ανεργία	-10.100	-3.570 (1%)	ΝΑΙ

4.3. ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΛΗΘΟΥΣ ΥΣΤΕΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ VAR

Το κριτήριο κατά το οποίο επιλέγεται το πλήθος των υστερήσεων είναι το SBIC (Schwarz Bayesian Information Criterion). Τα αποτελέσματα του ελέγχου παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

²Στις περιπτώσεις όπου οι μεταβλητές είναι στάσιμες στο επίπεδο βάζουμε παύλα στις πρώτες διαφορές.

Πίνακας 9: Τάξη υποδείγματος VAR

Μεταβλητές	Υστερήσεις	Κριτήριο SBIC
Ενδογενείς μεταβλητές: Ζητούμενη ενέργεια, Κατανάλωση, Πληθωρισμός, Ανεργία & ΑΕΠ Εξωγενείς μεταβλητές: Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας, Ελληνική οικονομική κρίση, Παγκόσμια οικονομική κρίση, ο σχηματισμός της ΟΝΕ & οι Ολυμπιακοί Αγώνες	0	4.43007
	1	2.93838
	2	3.23372
	3	2.05863
	4	1.97672*

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι το πλήθος των υστερήσεων που πρέπει να επιλεγεί είναι τέσσερις (στον πίνακα σημειώνεται με *).

4.4. ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ (COINTEGRATION TEST)

Έλεγχος συνολοκλήρωσης πραγματοποιήθηκε για τις ενδογενείς μεταβλητές μας, για τις οποίες προέκυψε από τον έλεγχο μοναδιαίας ρίζας ότι δεν είναι στάσιμες. Πραγματοποιήθηκε δηλαδή για τις I(1) ενδογενείς μεταβλητές: ζήτηση ενέργειας, πληθωρισμός, ανεργία, ΑΕΠ, κατανάλωση. Ωστόσο, όπως προκύπτει και από τον ακόλουθο πίνακα, φαίνεται ότι δεν υπάρχει σχέση συνολοκλήρωσης μεταξύ των μεταβλητών του υποδείγματος.

Πίνακας 10: Έλεγχος συνολοκλήρωσης Johansen

Μέγιστος Βαθμός Συνολοκλήρωσης	Λόγος Πιθανοφάνειας	Ιδιοτιμή	Στατιστική Ίχνους	5% Κρίσιμη Τιμή	Συνολοκλήρωση
0	-46.844999	-	171.5273	68.52	ΟΧΙ
1	-20.204657	0.61382	118.2467	47.21	ΟΧΙ
2	4.5691865	0.58720	68.6990	29.68	ΟΧΙ
3	27.825265	0.56420	22.1868	15.41	ΟΧΙ
4	35.246915	0.23275	7.3501	3.76	ΟΧΙ
5	38.918675	0.12300			

Έχουμε δει από το τεστ συνοκλήρωσης ότι οι μεταβλητές μας δεν παρουσιάζουν συνοκλήρωση. Επομένως, μπορούμε να εκτιμήσουμε το μοντέλο VAR. Επειδή οι μεταβλητές μας δεν παρουσιάζουν συνολοκλήρωση, δεν υπάρχει μακροπρόθεσμη αιτιότητα. Υπάρχει μόνο βραχυπρόθεσμη αιτιότητα, η οποία είναι από την ανεξάρτητη στην εξαρτημένη μεταβλητή. Να σημειώσουμε εδώ ότι μια ανεξάρτητη μεταβλητή είναι ικανή να προβλέψει την εξαρτημένη μας μεταβλητή, μόνον εφόσον η p -value της εκάστοτε υστέρησης δεν ξεπερνά το 5%.

4.5. ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ (GIRF)

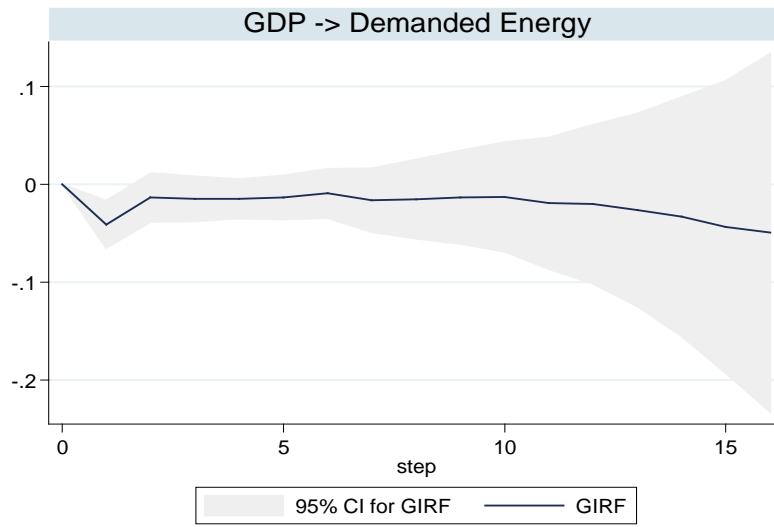
Για την καλύτερη κατανόηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των μεταβλητών γίνεται ανάλυση μέσω των συναρτήσεων απόκρισης. Η συνάρτηση αιφνίδιων αντιδράσεων προσδιορίζει την επίδραση που έχει στις ενδογενείς μεταβλητές του συστήματος μια αιφνίδια διαταραχή στις μεταβλητές. Συνήθως, οι διαταραχές εκφράζονται σε όρους τυπικών αποκλίσεων των διαταρακτικών όρων, ή σε μεταβολή κατά μία μονάδα. Επομένως, η συνάρτηση αιφνίδιων αντιδράσεων περιγράφει τις επιπτώσεις στις ενδογενείς μεταβλητές, για έναν αριθμό μελλοντικών περιόδων, όταν μεταβάλλονται οι διαταρακτικοί όροι.

Με άλλα λόγια, μέσω της Ανάλυσης της Συνάρτησης Αιφνίδιων Αντιδράσεων (Impulse Response Function Analysis) εξετάζουμε την αντίδραση μιας μεταβλητής σε μια απρόβλεπτη διαταραχή (σοκ) σε μία άλλη μεταβλητή. Μια απρόβλεπτη διαταραχή (σοκ) σε μια μεταβλητή επηρεάζει άμεσα όχι μόνο την ίδια, αλλά μεταδίδεται και στις υπόλοιπες ενδογενείς μεταβλητές του συστήματος μέσω της δυναμικής δομής του VAR μοντέλου.

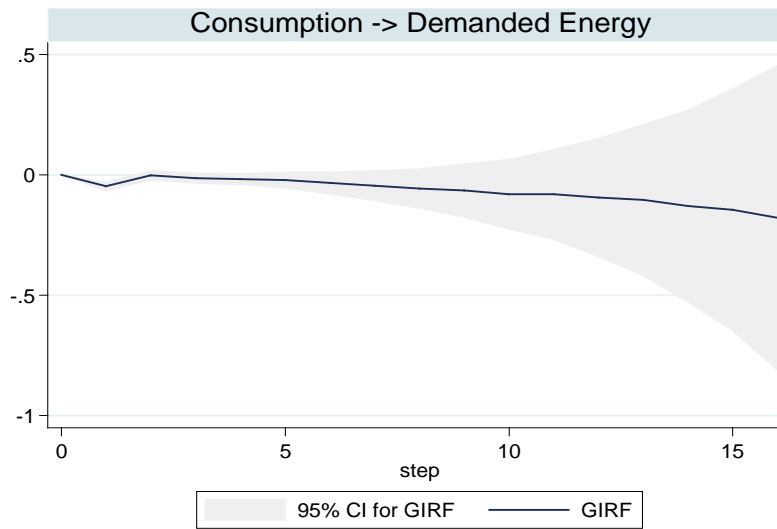
Κατασκευάστηκαν οι συναρτήσεις απόκρισης σε εφάπαξ διαταραχές του συστήματος. Υπολογίστηκαν οι δυναμικές αποκρίσεις που αφορούν τις μεταβλητές: ΑΕΠ, Ζήτηση Ενέργειας, Κατανάλωση, Πληθωρισμός και Ανεργία. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίστηκαν οι συναρτήσεις που αφορούν τα αποτελέσματα των διαταραχών των μεταβλητών ΑΕΠ, Κατανάλωση, Πληθωρισμός και Ανεργία στη Ζήτηση ενέργειας, και των διαταραχών της Ζήτησης ενέργειας στο ΑΕΠ, την Κατανάλωση, τον Πληθωρισμό και την Ανεργία.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται οι αντιδράσεις των μεταβλητών στις απρόβλεπτες διαταραχές που προαναφέρθηκαν.

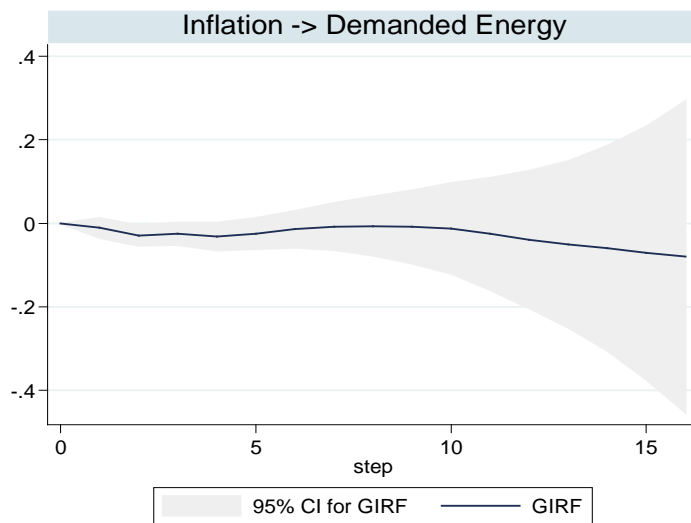
Διάγραμμα 1



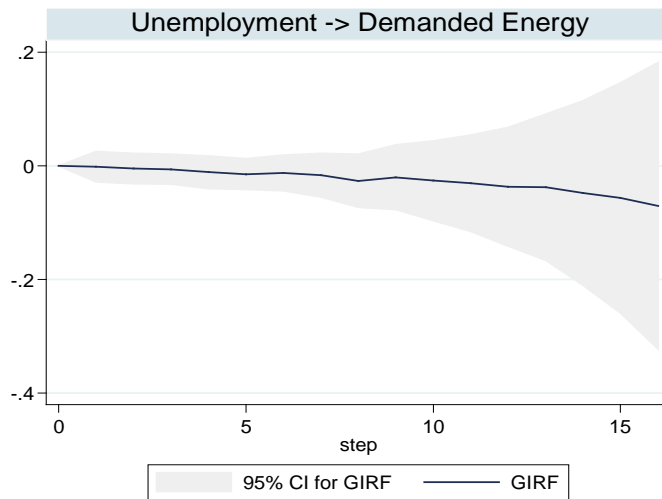
Διάγραμμα 2



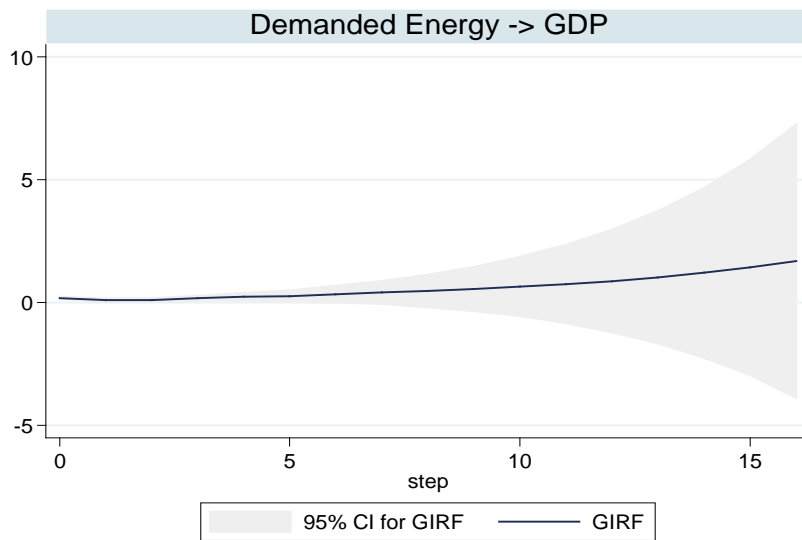
Διάγραμμα 3



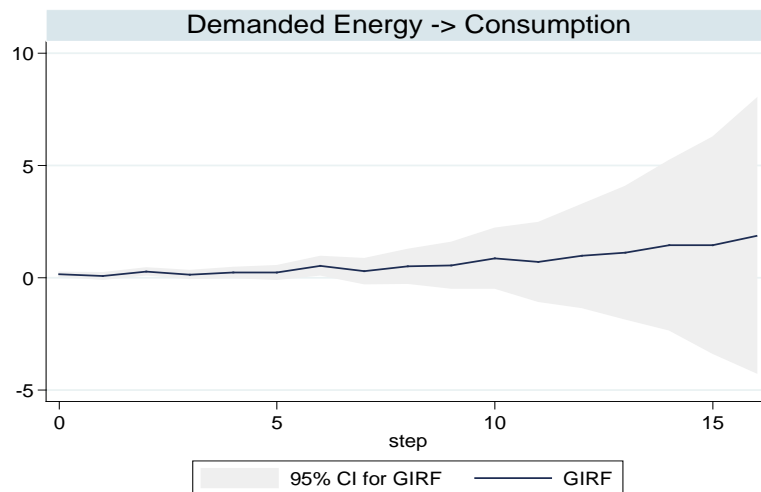
Διάγραμμα 4



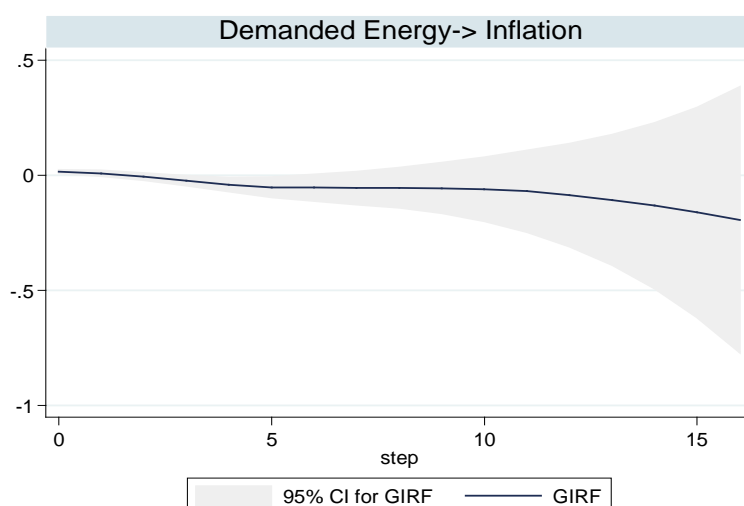
Διάγραμμα 5



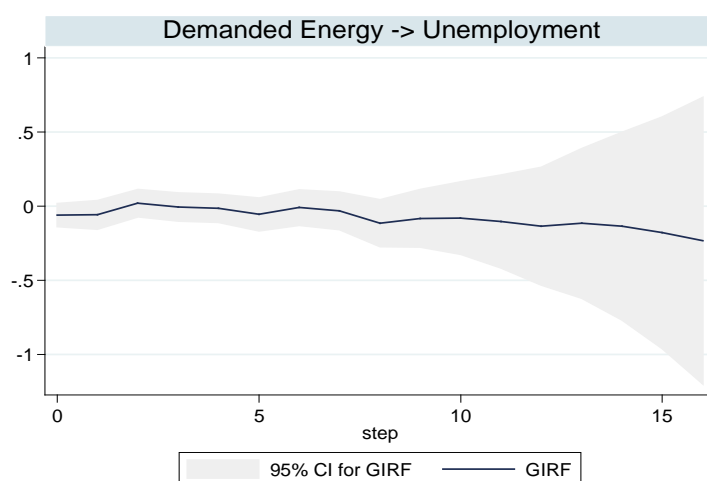
Διάγραμμα 6



Διάγραμμα 7



Διάγραμμα 8



Όπως παρατηρούμε από το διάγραμμα 1, ένα σοκ στο ΑΕΠ κατά το πρώτο τρίμηνο, επιδρά στατιστικά σημαντικά αρνητικά στη ζήτηση ενέργειας. Κατά το επόμενο τρίμηνο, η ζήτηση αυξάνεται και σταδιακά, από το τρίτο τρίμηνο και μετά, επανέρχεται σχεδόν σε κατάσταση ισορροπίας, με πολύ μικρές αποκλίσεις από αυτήν. Ακόμη, παρατηρώντας το διάγραμμα 2, βλέπουμε μία στατιστικά σημαντική μείωση κατά το πρώτο τρίμηνο, ενώ από το δεύτερο τρίμηνο και μετά η ζήτηση αυξάνεται, επανερχόμενη σε κατάσταση ισορροπίας, έχοντας παρόλα αυτά μία ελαφρώς φθίνουσα πορεία.

Στο διάγραμμα 3, φαίνεται ότι ένα σοκ στον πληθωρισμό δεν ασκεί ιδιαίτερη επιρροή στη ζήτηση ενέργειας. Η πορεία της καμπύλης δεν παρουσιάζει αξιόλογες αποκλίσεις από την κατάσταση ισορροπίας. Η επιρροή είναι πολύ μικρή. Το ίδιο συμβαίνει και με την ανεργία (διάγραμμα 4). Ωστόσο, σε βάθος χρόνου, παρατηρούμε μια ελαφριά φθίνουσα κλίση της καμπύλης.

Από την άλλη πλευρά, ένα σοκ στη ζήτηση ενέργειας δεν επιφέρει ιδιαίτερες αλλαγές σε κάποια από τις παραπάνω μεταβλητές. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρώντας το γράφημα του ΑΕΠ (διάγραμμα 5) και της κατανάλωσης (διάγραμμα 6) σε σχέση με ένα σοκ στη ζήτηση ενέργειας, δεν υπάρχει καμία έντονη μεταβολή σε σχέση με την κατάσταση ισορροπίας, παρά μόνο μία ανεπαίσθητη αύξουσα παρεία του γραφήματος σε βάθος χρόνου.

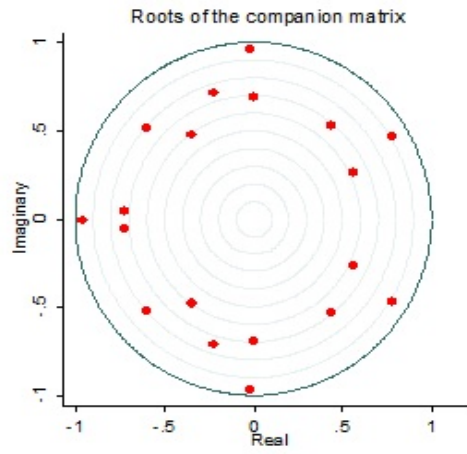
Επιπλέον, μια διαταραχή της ζήτησης ενέργειας έχει μια στατιστικά σημαντική επιρροή στον πληθωρισμό (διάγραμμα 7), ενώ από το διάγραμμα 8 παρατηρούμε ότι η αντίδραση της ανεργίας σε μια διαταραχή της ζήτησης ενέργειας δεν είναι σημαντική. Το μόνο που παρατηρούμε είναι μια ανεπαίσθητη φθίνουσα πορεία σε σχέση με την κατάσταση ισορροπίας σε βάθος χρόνου.

Για να μπορέσουμε όμως να εξάγουμε συμπεράσματα και να είναι έγκυρα τα αποτελέσματά μας, πρέπει να γίνει έλεγχος ευστάθειας. Προκύπτει, από τον πίνακα 11 καθώς και από το διάγραμμα 9, πως όλες οι ιδιοτιμές είναι κάτω της μονάδας κι άρα εξασφαλίζεται η σταθερότητα.

Πίνακας 11: Έλεγχος ευστάθειας VAR υποδείγματος

Ιδιοτιμές	Μέτρο
-0.02250302+0.9644895i	0.964752
-0.02250302-0.9644895i	0.964752
-0.9605411	0.960541
0.7789895+0.4707467i	0.91018
0.7789895-0.4707467i	0.91018
-0.6041746+0.5181194i	0.795911
-0.6041746-0.5181194i	0.795911
-0.2290902+0.7143608i	0.750196
-0.2290902-0.7143608i	0.750196
-0.7246693+0.0502624i	0.72641
-0.7246693-0.0502624i	0.72641
-0.0047915+0.6936752i	0.693692
-0.0047915-0.6936752i	0.693692
0.4387451+0.5336344i	0.690842
0.4387451-0.5336344i	0.690842
0.5572228+0.2675331i	0.618119
0.5572228-0.2675331i	0.618119
-0.3506924+0.4791988i	0.593815
-0.3506924-0.4791988i	0.593815

Διάγραμμα 9



5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι εμπειρικές μελέτες σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας μπορούν να χωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες: την ανάλυση αιτιότητας, η οποία έρευνα την αιτιώδη σχέση μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας και της οικονομικής ανάπτυξης, και την προσέγγιση μοντελοποίησης, η οποία καθορίζει τους παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή ζήτηση σε μοντέλα της ενεργειακής κατανάλωσης. Η μοντελοποίηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας εμπλέκεται στην ανάπτυξη προηγμένων τεχνικών κατά τις τελευταίες δεκαετίες.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι οικονομολόγοι της ενέργειας, οι ερευνητές και οι φορείς χάραξης πολιτικής έχουν δείξει ανανεωμένο ενδιαφέρον για την ανάλυση των προσδιοριστικών παραγόντων της ζήτησης ενέργειας, τις λειτουργίες της κατανάλωσης, καθώς και την ανάγκη να αποκτήσει κανείς ακριβείς εκτιμήσεις ως προς τις παραμέτρους της ενεργειακής ζήτησης για το σκοπό της πρόβλεψης, της διαχείρισης της ζήτησης και της πολιτικής ανάλυσης. Έτσι, η έμφαση έχει μετατοπιστεί προς την ηλεκτρική ενέργεια ως εισροή ενέργειας με την οικονομική σημασία της τόνωσης της κοινωνικό-οικονομικής και τεχνολογικής ανάπτυξης της κάθε οικονομίας.

Η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα είναι κυρίως για βιομηχανικούς, εμπορικούς και οικιστικούς σκοπούς. Λαμβάνοντας υπόψη τις αλλαγές που έχει επιφέρει στην καθημερινότητα και, κατά συνέπεια, στη ζωή μας η οικονομική κρίση, καθίσταται επιτακτική ανάγκη να μελετήσουμε τους βασικούς προσδιοριστικούς παράγοντες της ζήτησης και της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, προκειμένου να αποκτήσουμε εμπειρική γνώση, όσον αφορά τη ζήτηση και κατανάλωση της. Οι οικονομικοί παράγοντες (τιμή και πραγματικό εισόδημα) έχουν αναλάβει τις υπομόχλιες λειτουργίες μοντελοποίησης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ ο πληθυσμός, η αστικοποίηση και οι κλιματικές συνθήκες συχνά περιλαμβάνονται ως πρόσθετες ερμηνευτικές μεταβλητές. Σε γενικές γραμμές, η δυναμική της ζήτησης και της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας είναι γνωστό ότι παρουσιάζουν εποχικότητα, υψηλή μεταβλητότητα και αιχμές. Λόγω αυτών των ειδικών χαρακτηριστικών των προϊόντων της ηλεκτρικής ενέργειας, απαιτείται η χρήση ειδικών μοντέλων για την εκτίμηση και την πρόβλεψη αυτών των μεταβλητών.

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως κύριο αντικείμενο τη διερεύνηση των παραγόντων που επηρεάζουν τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Το σύνολο των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την παρούσα εργασία αφορούν την περίοδο 2001 (1^ο τρίμηνο) – 2014 (3^ο τρίμηνο). Τα δεδομένα αυτά προέρχονται από την Ελληνική Στατιστική Αρχή, τη ΔΕΗ ΑΕ και τη Eurostat και αφορούν τις εξεταζόμενες μεταβλητές, οι οποίες χωρίζονται σε ενδογενείς και εξωγενείς, και είναι οι ακόλουθες:

- Ενδογενείς μεταβλητές:
Ζητούμενη ενέργεια, Κατανάλωση, Πληθωρισμός, Ανεργία και ΑΕΠ
- Εξωγενείς μεταβλητές:
Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας, Ελληνική οικονομική κρίση, Παγκόσμια οικονομική κρίση, ο σχηματισμός της ΟΝΕ (Οικονομική Νομισματική Ένωση) και οι Ολυμπιακοί Αγώνες.

Αρχικά, έλαβε χώρα ο απαραίτητος έλεγχος στασιμότητας των χρονολογικών σειρών, με το κριτήριο μοναδιαίας ρίζας Phillips – Perron, και πραγματοποιήθηκε έλεγχος συνολοκλήρωσης για τις ενδογενείς μεταβλητές για τις οποίες προέκυψε από τον έλεγχο μοναδιαίας ρίζας ότι δεν είναι στάσιμες. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των ελέγχων, η χρονολογική σειρά του πληθωρισμού είναι μη στάσιμη, για αυτό εξετάστηκε η σειρά των πρώτων διαφορών και προέκυψε πως είναι στάσιμη στις πρώτες διαφορές. Το ίδιο προέκυψε και για τις μεταβλητές: τιμή ηλεκτρικής ενέργειας, κατανάλωση, ζήτηση ενέργειας, ΑΕΠ και ανεργία. Ακόμη, η χρονολογική σειρά του πληθυσμού, κατά την περίοδο που εξετάζουμε, είναι στάσιμη σε επίπεδο σημαντικότητας 1%.

Στη συνέχεια, επιλέχθηκε ο αριθμός των υστερήσεων σύμφωνα με το κριτήριο SBIC, καθώς για να προβούμε στην εκτίμηση του VAR υποδείγματος θα πρέπει, αρχικά, να καθορίσουμε τον βαθμό των χρονικών υστερήσεων που θα χρησιμοποιηθούν για κάθε μεταβλητή και καταλήξαμε ότι το πλήθος των υστερήσεων που πρέπει να επιλεγεί είναι τέσσερις. Κατόπιν, υιοθετήσαμε ένα οικονομετρικό μοντέλο VAR, προκειμένου να αναλύσουμε τις πτυχές της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, που μελετάμε και εκτιμήθηκαν οι συναρτήσεις απόκρισης, ενώ κατασκευάστηκαν τα διαγράμματα, όπου παρουσιάζεται η αντίδραση κάθε μίας εκ των μεταβλητών σε μια απρόβλεπτη διαταραχή (σοκ) κάποιας από τις άλλες μεταβλητές. Διαπιστώθηκε πως οι απρόβλεπτες διαταραχές των μεταβλητών αυτών δεν έχουν σημαντικές επιπτώσεις στις άλλες μεταβλητές, για διάστημα εμπιστοσύνης 95%, με εξαίρεση την επίπτωση του ΑΕΠ και της Κατανάλωσης στη ζητούμενη Ενέργεια και της ζητούμενης Ενέργειας στον Πληθωρισμό.

Τέλος, για να μπορέσουμε να εξάγουμε συμπεράσματα και να είναι έγκυρα τα αποτελέσματά μας, πρέπει να γίνει έλεγχος σταθερότητας, από τον οποίο προέκυψε ότι όλες οι ιδιοτιμές είναι κάτω της μονάδας κι άρα εξασφαλίζεται η σταθερότητα.

5.2. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη της επίδρασης της αυξανόμενης περιβαλλοντικής συνείδησης από τους Έλληνες καταναλωτές. Μόλις το 2012, ξεκίνησε η ΕΛΣΤΑΤ να καταγράφει την ενεργειακή συμπεριφορά των καταναλωτών, ώστε να υπάρχουν ποσοτικοποιημένες οι έννοιες της εξοικονόμησης ενέργειας.

Επίσης, επέκταση της μελέτης θα μπορούσε να αποτελέσει η σύγκριση των προδιοριστικών παραγόντων της ζήτησης για την ελληνική αγορά με άλλες οικονομίες, οι οποίες βρέθηκαν σε αντίστοιχο περιβάλλον οικονομικής πίεσης, όπως η Ιταλία και η Πορτογαλία.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abdul Razak F Al-Faris, *The demand for electricity in the GCC countries, Energy Policy, 2002, vol. 30, issue 2, pages 117-124*
- Amadeh, H., Ghazi, M., Abbasifar, Z. (2009). Causality relation between energy consumption and economic growth and employment in Iranian economy, *Economic Research, 44(86), 1-38*.
- Amuseghan, S.A. and Tayo-Olajubutu, O. (2009). Spinning off an entrepreneurship culture among Nigerian University Students: Prospects and challenges. *African Journal of Business Management, 3 (3), 80– 88*
- Anderson, K. (1973): Residential Demand for Electricity: Econometric Estimates for California and the United States. *The Journal of Business, Vol. 46, No. 4, pp. 526-553*
- Athena Belegri-Roboli & Panayotis G. Michaelides, Technical Efficiency and Macroeconomic Determinants for the Greek Power Industry before liberalization: a Stochastic Frontier Approach, *Journal of Economics and Business Vol. XIII-2010, No1*
- Awogbenle, A.C. and Iwuamadi, K.C. (2010). Youth unemployment: Entrepreneurship development programme as an intervention mechanism. *African Journal of Business Management, 4(6), 831 – 835*.
- Ayinde, O.E., Ayinde, K., Memudu, I. J. B. And Ojehomon, V. I. (2007). Empirical analysis of agricultural growth and unemployment in Nigeria. *AAAE conference Proceedings: 365 – 367*.
- Ayila Ngutsav & Raymond Aor (2014), ANALYSIS OF DETERMINANTS OF ELECTRICITY CONSUMPTION IN NIGERIA, *The Nigerian Journal for Energy and Environmental Economics Vol 6, No 1*
- Ayodele, A.S. (2001). Improving and sustaining power (electricity) supply for socio-economic development in Nigeria
- Babatunde M. A and M. I. Shuaibu (2007), *The Demand for Residential Electricity in Nigeria: A Bound Testing Approach*
- Battalio, Raymond C, et al, Residential Electricity Demand: An Experimental Study, *Review of Economics and Statistics (Impact Factor: 2.66). 02/1979; 61(2):180-89*.
- Beenstock, M., Goldin, E. and Nabot, D. (1999). The demand for electricity in Israel; *Energy Economics, 21:168-183*.
- Bendezú Luis and José Gallardo, 2006. " Econometric Analysis of Household Electricity Demand in Peru" *Working Papers 16, OSINERGMIN, Oficina de Estudios Economicos*.
- Bernard Njindan Iyke, (2014), Electricity Consumption, Inflation, and Economic Growth in Nigeria: A Dynamic Causality Test, *MPRA Paper No. 57818, posted 8. August 2014 04:05 UTC*
- Bohi, Douglas R. (1981), *Analyzing demand behavior: a study of energy elasticities, 1st ed. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1981*.
- Bohi, Douglas R. and Mary Beth Zimmerman, (1984), An Update on Econometric Studies of Energy Demand Behavior, *Annual Review of Energy, vol. 9(1), pp 105-154*.
- Caporale, G.M., Pittis, N., 1999. Efficient estimation of cointegrating vectors and testing for causality in vector autoregressions. *J. Econ. Issues 13, 3–35*.
- Cerrutti M.G., 2000. Estimating elasticities of residential energy demand from panel country data using dynamic random variables models with heteroskedastic and correlated error terms. *Resource and Energy Economics 22, 355-366*.

- Chang P.C., Fan C.Y., Lin J.J., 2011. Monthly electricity demand forecasting based on a weighted evolving fuzzy neural network approach. *Electrical Power and Energy Systems* 33, 17-27.
- Chukuezi, C.O. (2009). Poverty and Youth Restiveness in Nigeria: Implications for National. *Ocean, Journal of Social Sciences*, 2(2): 97 – 103.
- Ciarreta, A. and Zarraga, A., 2010, “Economic growth – electricity consumption causality in 12 European countries: A dynamic panel data approach”, *Energy Policy*, Volume 38, Issue 7, Pages 3790-3796
- De Vita G., Endresen K., Hunt L.C., 2006. An empirical analysis of energy demand in Namibia. *Energy Policy* 34, 3447-3463
- De Vita, G., Endresen, K., Hunt, L.C. (2006), An empirical analysis of energy Espey, J. A., and Espey, M., (2004) “Turning on the Lights: A Meta-analysis of Residential Electricity Demand Elasticities” *Journal of Agricultural and Applied Economics*, April 2004, 36:1, pp. 65-81. demand in Namibia” *Energy Policy* 34, 3447–3463.
- Dergiades T., Martinopoulos G., Tsoulfidis L., 2013. Energy consumption and economic growth: Parametric and non-parametric causality testing for the case of Greece. *Energy Economics* 36, 686-697
- Dergiades T., Tsoulfidis L., 2008. Estimating residential demand for electricity in the United States 1965-2006. *Energy Economics* 30, 2722-2730.
- Dergiades, T. and L. Tsoulfidis, (2009), Revisiting Residential Demand for Electricity in Greece: New Evidence from the ARDL Approach to Cointegration, *Department of Economics, University of Macedonia, Discussion Paper Series, Discussion Paper No. 12/2009*.
- Dickey, D.A. and W.A. Fuller, 1979, Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with Unit Root, *Journal of the American Statistical Association*, 74, p. 427-431.
- Dincer Ibrahim and Dost Sadik (1997), ENERGY AND GDP, *International Journal of Energy Research*
- Donatos S.G., Mergos G.J., 1989. Energy demand in Greece: The impact of the two energy crises. *Energy Economics*, 147-152.
- Donatos S.G., Mergos G.J., 1991. Residential demand for electricity: the case of Greece. *Energy Economics*, 41-47.
- Dubin J. A. (1985). *Consumer durable choice and the demand for electricity*. North Holland. Amsterdam, Netherlands
- Dubin, J. and D. McFadden (1984): An Econometric Analysis of Residential Electric Appliance Holdings and Consumption. *Econometrica*, Vol. 52, No. 2, pp.345-362.
- Δημέλη Σ. (2013), Σύγχρονες μέθοδοι ανάλυσης χρονολογικών σειρών, Εκδόσεις Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών.
- E.O. George, J.E. Oseni, (2012), THE RELATIONSHIP BETWEEN ELECTRICITY POWER AND UNEMPLOYMENT RATES IN NIGERIA, *Australian Journal of Business and Management Research* Vol.2 No.02 [10-19]
- Edogdu E., 2007. Electricity demand analysis using cointegration and ARIMA modeling: A case study of Turkey. *Energy Policy* 35, 1129-1146.

- Egelioglu F., Mohamad A.A., Guven H., 2001, Economic variables and electricity consumption in Northern Cyprus. *Energy* 26, 355-362.
- Espey and Espey, 2004, Turning on the Lights: A Meta-Analysis of residential Electricity demand elasticities, *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 36, pp: 65-81
- Fan, S., and Hyndman, R.J., (2008), The Price Elasticity of Electricity Demand in South Australia and Victoria. *Monash University, Business and Economic Forecasting Unit, Project 08/04 ESIPC and VenCorp, 22 October 2008*
- Filippini, M. (1999), 'Swiss Residential Demand for Electricity,' *Applied Economic Letters*, 6: 533-538.
- Filippini, M. and Pachauri, S. (2002), Elasticities of Electricity Demand in Urban Indian Households, *CEPE, Working Paper No. 16, March 2002*.
- Filippini M. and S. Pachauri (2004). Elasticities of electricity demand in urban Indian households, *Energy Policy* 32(3): 429-436.
- Fisher F. and C. Kaysen (1962). *A Study in Econometrics: The Demand for Electricity in the U.S. North Holland. Amsterdam, Netherlands*.
- Frank A. Wolak & Robert H. Patrick (2001), Estimating the Customer-Level Demand for Electricity Under Real-Time Market Prices, *NBER Working Papers 8213, National Bureau of Economic Research, Inc*.
- Galindo, Luis and Jaime Ros, (2008), Alternatives to inflation targeting in Mexico. *International Review of Applied Economics*, vol. 22, no. 2, pp. 201-214.
- Ghosh, 2002, Electricity Consumption and Economic Growth in India, *Energy Policy* 30(2):125-129
- Gladhart, P., Morrison, B. and Zuiches, J. (1986). Energy and families. *East Lansing Michigan Institute for Family and Child Study: Michigan State University Press*
- Gomez L.M.B., Filippini M., Heimsch F., 2013. Regional impact of changes in disposable income on Spanish electricity demand: A spatial econometric analysis. *Energy Economics* 40, 558-566.
- Granger, C.W, 1988, Some recent developments in a concept of causality, *Journal of Econometrics*, 39, 199-211
- Griffin, J.M. (1974), The Effects of Higher Prices on Electricity Consumption, *Bell Journal of Economics and Management Science*, 5(2): 515-539.
- Halicioglu F., 2007. Residential electricity demand dynamics in Turkey. *Energy Economics* 29, 199-210.
- Halvorsen B. and B. M. Larsen (2001). Norwegian residential electricity demand—a microeconomic assessment of the growth from 1976 to 1993, *Energy Policy* 29(3): 227-236.
- Halvorsen, Robert [1975], Residential Demand for Electric Energy, *Review of Economics and Statistics*, Vol. 57, No. 1, February, pp. 12-18.
- Hausman, J. A., M. Kinnucan, and D. McFadden, A Two-Level Electricity Demand Model: Evaluation of the Connecticut Time-of-Day Pricing Test. *Journal of Econometrics*, 10, 1979, 263-89

- Hausman, Jerry A., Specification Tests in Econometrics. *Econometrica*, November 1978, 1251-71.
- Holtedahl R., Joutz F.L., 2004. Residential electricity demand in Taiwan. *Energy Economics* 26, 201-224.
- Hodroyiannis G., 2004. Estimating residential demand for electricity in Greece. *Energy Economics* 26, 319-334.
- Houthakker, H. and L. Taylor, (1970), *Consumer Demand in the United States: Analyses and Projections*, Cambridge: Harvard University Press, 1970
- Houthakker H. S. (1951). Some Calculations on Electricity Consumption in Great Britain, *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)* 114(3): 359-371.
- Houthakker, H.S., Verleger, P.K. and Sheehan, D.P. (1973) 'Dynamic Demand Analyses for Gasoline and Residential Electricity,' *Data Resources Inc., Lexington, Massachusetts*.
- Hunt, L. C., Judge, G. and Ninomiya, Y. (2003a), 'Underlying Trends and Seasonality in UK Energy Demand: A Sectoral Analysis' *Energy Economics*, 25, 93-118.
- Hunt, L. C., Judge, G. and Ninomiya, Y. (2003b), 'Modelling Underlying Energy Demand Trends', *Chapter 9 in Hunt, L. C. (Ed) Energy in a Competitive Market: Essays in Honour of Colin Robinson*, Edward Elgar, 140-174.
- Ingwe, R., Ushie, M., Ojong, F. E. and Okeme, I. (2009). Pursuing sustainable development through agroforestry in Nigeria: Geodemographic and spatial analyses of agroforestry implementation in 36 states and capital territory. *Journal of Sustainable Development in Africa*, 11(4), 101 – 133.
- Jamil F., Ahmad E., 2010. The relationship between electricity consumption, electricity prices and GDP in Pakistan. *Energy Policy* 38, 6016-6025.
- Jeffrey A. Dubin and Daniel L. McFadden, An Econometric Analysis of Residential Electric Appliance Holdings and Consumption, *Econometrica*, Vol. 52, No. 2 (Mar., 1984), pp. 345-362
- Johansen, S., 1988, Statistical Analysis of Cointegration Vectors, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12, 231-254
- Johansen, S., 1991, "Estimation and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models, *Econometrica*, 59, 1551-1580
- Jordan D.R., Penasco C., Rio P., 2014. Analysing the determinants of household electricity demand in Spain. An econometric study. *Electrical Power and Energy Systems* 63, 950-961
- Καλλιόπη Π. Ψαράκη, (2015), *ΕΠΙΒΑΤΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ ΣΤΑ ΜΕΣΑ ΜΑΖΙΚΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ: ΜΙΑ VAR ΑΝΑΛΥΣΗ*.
- Kamerschen D.R., Porter D., 2004. The demand for residential, industrial and total electricity, 1973-1998. *Energy Economics* 26, 87-100
- King, C. S. and S. Chatterjee (2003), Predicting California Demand Response. *Public Utilities Fortnightly* 141, 27
- King, K. and P. Shatrawka (1994), Customer Response to Real-Time Pricing in Great Britain. *In: Proceedings of the ACEEE 1994 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*
- Kooros, S.K., Sussan, A.P. and Semetesy, M (2006). The Impact of Oil Prices on Employment, *International Research Journal of Finance and Economics*, 5: 136-154.

- Kraft, J; Kraft, A., 1978. On the Relationship between Energy and GNP. *Journal of Energy and Development* 3, 401-403.
- Kwiatkowski, D., Phillips, P., Schmidt, P. and Shin, Y., 1992. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root, *Journal of Econometrics* 54, 159-178.
- Lee D.G., Lee B.W., Chang S.H., 1997. Genetic programming model for longterm forecasting of electric power demand. *Electric Power Systems Research* 40, 17-22.
- Mankiw, N. Gregory, Taylor, Mark P. 6th (sixth) Edition, *Macroeconomics European Edition*, Worth Publishers (2007).
- McFadden, Daniel, Carlos Puig, and Daniel Kirshner. Determinants of the Long-Run Demand for Electricity, *Proceedings of the American Statistical Association*, 1977, 109-19.
- McFadden, D, A. Miedema y R. Chandran (1986): Price effects of energy-efficient technologies: a study of residential demand for heating and cooling. *RAND Journal of Economics*, Vol. 17, No. 3, pp. 310-325
- Μιχαηλίδης Π., Κωνσταντάκης Κ. (2013), Ανάλυση Χρονολογικών Σειρών: Σημειώσεις Παραδόσεων Ε.Μ.Π., Αθήνα.
- Mirasgedis S., Sarafidis Y., Georgopoulou E., Lalas D.P., Moschovits M., Karagiannis F., Papakonstantinou D., 2006. Models for mid-term electricity demand forecasting incorporating weather influences. *Energy* 31, 208-227.
- Mohammed and Bodger (2006): "Forecasting Electricity Consumption: A comparison of Growth curves, Regression and Arima techniques" *University of Canterbury, New Zealand*
- Murray, Michael P., Robert Spann, Lawrence Pulley, and Edward Beauvais. The Demand for Electricity in Virginia, *Review of Economics and Statistics*, November 1978, 585-600.
- Narayan P.S., Smyth R., 2005. The residential demand for electricity in Australia: an application of the bounds testing approach to cointegration. *Energy Policy* 33
- Narayan P.K., Smyth R., Prasad A., 2007. Electricity consumption in G7 countries: A panel cointegration analysis of residential demand elasticities. *Energy Policy* 35, 4485-4494.
- Narayan P.S., Smyth R., 2009. Multivariate granger causality between electricity consumption, exports and GDP: Evidence from a panel of Middle Eastern countries. *Energy Policy* 37, 229-236
- Nasr, G. E., Badr, E. A. and Dibeh, G. (2000). Econometric modeling of electricity consumption in post-war Lebanon. *Energy Economics*, 22, 627-640
- Nidhi Tewathia (2014), Determinants of the Household Electricity Consumption: A Case Study of Delhi, *International Journal of Energy Economics and Policy*, Vol. 4, No. 3, 2014, pp.337-348
- Njindan, I. B. 2013. 'Financial Deepening, Trade Openness, and Economic Growth in West Africa.' mphil Thesis, University of Ghana, Legon
- Odhiambo, Nicholas M., 2008. The Dynamic Causal Relationship between Electricity Consumption and Economic Growth in Ghana: A Trivariate Causality Model, *Managing Global Transitions* 12 : 141-160
- Okafor, E.E. (2011). Youth unemployment and implications for stability of democracy in Nigeria. *Journal of Sustainable Development in Africa*, 13(1), 358 – 373.

- Ozturk, I. - Acaravci, A. (2010), 'The causal relationship between energy consumption and GDP in Albania, Bulgaria, Hungary and Romania: Evidence from ARDL bound testing approach', *Applied Energy*, 87: 1938–1943
- Panayotis G. Michaelides , Athena Roboli, George Economaksi, John Milios, (2005), The determinants of Investment Activity in Greece (1960-'99), *Journal of Transport and Shipping, f.Aegean Working Papers, Issue 3, 2005, PP. 23-45.*
- Panayotis G. Michaelides , Theofanis Papageorgiou , Angelos T. Vouldis,(2013), Business cycles and economic crisis in Greece (1960–2011): A long run equilibrium analysis in the Eurozone, *Economic Modelling* 31 (2013) 804–816
- Parti, M. and Parti, C. (1980), The Total and Appliance-Specific Conditional Demand for Electricity in the Household Sector, *Bell Journal of Economics*, 11(1): 309-321
- Pavia-Miralles, J. M. and Cabrer-Borras, B. (2007), On Estimating Contemporaneous Quarterly Regional GDP, *Journal of Forecasting* 26, 155–170
- Perron, P. and Phillips P.C.B., 1988, Testing for unot root in time series regression, *Biometrika* 75, 599-607.
- Phillips, P.C.B and P. Perron (1988), Testing for a Unit Root in Time Series Regression, *Biometrika*, 75, 335–346
- Pielow A., Sioshansi R., Roberts M., 2012. Modeling short-run electricity demand with long-term growth rates and consumer price elasticity in commercial and industrial sectors. *Energy* 46, 533-540.
- Polemis M., 2007. Modeling industrial energy demand in Greece using cointegration techniques. *Energy Policy* 35, 4039-4050.
- Pourazarm E., Cooray A., 2013. Estimating and forecasting residential electricity demand in Iran. *Economic Modelling* 35, 546-558.
- Psiloglou B.E., Giannakopoulos C., Majithia S., Petrakis M., 2009. Factors affecting electricity demand in Athens, Greece and London, UK: A comparative assessment. *Energy* 34, 1855-1863.
- Rabiu, A. (2009). The Cost of Electricity in Nigeria. *International Association for Energy Economics, FirstQuarter: 15 -17.*
- Rapanos V.T., Polemis M.L., 2006. The structure of residential energy demand in Greece. *Energy Policy* 34, 3137-3143.
- Reiss & White, 2001, Household Electricity Demand, Revisited, *NBER Working Paper No. w8687*
- Reiss, P.C. and White, M.W. (2005), 'Household Electricity Demand, Revisited,' *Review of Economic Studies*, 72(3): 853-883.
- Romero, R.; Sandez, A.; Morales, J. (2001). Energy consumption behaviour of a residential sector located in the Mexican arid zone: Mexicali, B.C. *Renewable Energy, Volume 24, Number 3, 1 November 2001, pp. 609-614(6)*
- Sa'ad S., 2009. Electricity demand for South Korean residential sector. *Energy Policy* 37, 5469-5474.
- Schipper, L., Barrlett, S., Hawk, D. and Vine, E. (1989). Linking life styles and energy use a matter of time: *Annual. Review on Energy*, 14, 273-320.

- Squalli, J., 2007. Electricity consumption and economic growth: bounds and causality analyses for OPEC members. *Energy Economics*, 29, 1192–1205.
- Taylor L. D. (1975). The Demand for Electricity: A Survey, *The Bell Journal of Economics* 6(1): 74-110.
- Tsani S.Z., 2010. Energy consumption and economic growth: A causality analysis for Greece. *Energy Economics* 32, 582-590
- Tserkezos E.D., 1992. Forecasting residential electricity consumption in Greece using monthly and quarterly data. *Energy Economics*, 226-232.
- Vela, J.A.A., and Miranda, H., (2007), Analysis of the Electricity Market in Brazil, *World Congress 20th World Energy Congress November 11 -15 2007 – Rome*
- Westley, G. (1984): Electricity Demand in a Developing Country. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 66, No. 3
- Wilson, L. W. (1971), Residential demand for electricity, *Quarterly Review of Economics and Business*, 11, 7-22.
- Yemane Wolde-Rufael, 2006, Electricity consumption and economic growth: a time series experience for 17 African countries, *Energy Policy* 34, pp. 1086-1093
- Yoo, S.H., Lee, J.S., Kwak, S.J., (2007), Estimation of residential electricity demand function in Seoul by correction for sample selection bias, *Energy Policy* 35, 5702–5707.
- Yuan, L., Loqué, D., Ye, F., Frommer, W.B., and von Wirén, N. (2007). Nitrogen-dependent posttranscriptional regulation of the ammonium transporter AtAMT1;1. *Plant Physiol.* 143: 732–744.
- Zachariadis T., Pashourtidou N., 2007. An empirical analysis of electricity consumption in Cyprus. *Energy Economics* 29, 183-198.
- Ziramba E., 2008. The demand for electricity in South Africa. *Energy Policy* 36, 3460-3466.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

www.aueb.lib.gr: Βιβλιοθήκη και Κέντρο Πληροφόρησης Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών

www.dei.gr: ΔΕΗ Α.Ε.

www.lib.ntua.gr: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Κεντρική Βιβλιοθήκη

www.statistics.gr: Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.)

www.bp.com: Beyond petroleum

www.iea.org: International Energy Agency

www.kkalev4economy.wordpress.com: Economy view

7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Π1. Έλεγχος μοναδιαίας ρίζας

. pperron ninflation,trend

Phillips-Perron test for unit root Number of obs = 59
Newey-West lags = 3

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller		
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value
Z(rho)	-8.947	-26.006	-19.962
Z(t)	-2.009	-4.130	-3.491

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.5963

. pperron dinflation

Phillips-Perron test for unit root Number of obs = 58
Newey-West lags = 3

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller		
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value
Z(rho)	-23.016	-19.044	-13.364
Z(t)	-3.491	-3.569	-2.924

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0082

. pperron nprice, trend

Phillips-Perron test for unit root Number of obs = 59
Newey-West lags = 3

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller		
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value
Z(rho)	-4.960	-26.006	-19.962
Z(t)	-1.797	-4.130	-3.491

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.7064

. pperron dprice, trend

Phillips-Perron test for unit root Number of obs = 58
Newey-West lags = 3

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller		
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value
Z(rho)	-38.018	-25.972	-19.944
Z(t)	-4.966	-4.132	-3.492

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0002

. pperron npop, trend

Phillips-Perron test for unit root Number of obs = 59
Newey-West lags = 3

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller		
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value
Z(rho)	-27.426	-26.006	-19.962
Z(t)	-4.149	-4.130	-3.491

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0053

. pperron ndenergy,trend

Phillips-Perron test for unit root Number of obs = 59
Newey-West lags = 3

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller			
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value	
Z(rho)	-3.524	-26.006	-19.962	-16.926
Z(t)	-1.393	-4.130	-3.491	-3.175

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.8630

. pperron denenergy

Phillips-Perron test for unit root Number of obs = 58
Newey-West lags = 3

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller			
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value	
Z(rho)	-44.090	-19.044	-13.364	-10.748
Z(t)	-5.617	-3.569	-2.924	-2.597

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

. pperron unemployment, trend

Phillips-Perron test for unit root Number of obs = 59
Newey-West lags = 3

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller			
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value	
Z(rho)	-2.097	-26.006	-19.962	-16.926
Z(t)	-1.183	-4.130	-3.491	-3.175

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.9139

. pperron ddun

Phillips-Perron test for unit root Number of obs = 57
Newey-West lags = 3

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller			
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value	
Z(rho)	-66.927	-19.026	-13.356	-10.742
Z(t)	-10.100	-3.570	-2.924	-2.597

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

. pperron gdp, trend

Phillips-Perron test for unit root Number of obs = 59
Newey-West lags = 3

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller			
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value	
Z(rho)	-1.608	-26.006	-19.962	-16.926
Z(t)	-1.032	-4.130	-3.491	-3.175

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.9396

. pperron dgdp

Phillips-Perron test for unit root Number of obs = 58
Newey-West lags = 3

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller			
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value	
Z(rho)	-31.247	-19.044	-13.364	-10.748
Z(t)	-4.485	-3.569	-2.924	-2.597

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0002

.

```

. pperron consumption,trend
Phillips-Perron test for unit root      Number of obs =    59
                                         Newey-West lags =    3

              ----- Interpolated Dickey-Fuller -----
              Test          1% Critical   5% Critical   10% Critical
              Statistic     Value         Value         Value
-----
Z(rho)        -2.088         -26.006        -19.962        -16.926
Z(t)          -1.043         -4.130         -3.491         -3.175
-----
Mackinnon approximate p-value for Z(t) = 0.9381

```

```

. pperron dconsumption
Phillips-Perron test for unit root      Number of obs =    58
                                         Newey-West lags =    3

              ----- Interpolated Dickey-Fuller -----
              Test          1% Critical   5% Critical   10% Critical
              Statistic     Value         Value         Value
-----
Z(rho)        -87.477        -19.044        -13.364        -10.748
Z(t)          -12.158        -3.569         -2.924         -2.597
-----
Mackinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0000

```

Π2. Επιλογή πλήθους υστερήσεων μοντέλου VAR

Selection-order criteria

Sample: 2001q3 - 2014q4

Number of obs = 54

lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	-49.8048				.000016	3.14092	3.63809	4.43007
1	40.3333	180.28	25	0.000	1.5e-06	.728396	1.5807	2.93838
2	82.2213	83.776	25	0.000	8.5e-07	.102913	1.31034	3.23372
3	163.811	163.18	25	0.000	1.2e-07	-1.993	-.430447	2.05863
4	215.885	104.15*	25	0.000	5.6e-08*	-2.99574*	-1.07806*	1.97672*

Endogenous: denergy dconsumption dgdpp ddun dinflation

Exogenous: dprice npop greekcrisis Globalcrisis emu olympicgames _cons

Π3. Έλεγχος Συνολοκλήρωσης

```
. vecrank denergy dinflation ddun dgdpc dconsumption ,
```

Johansen tests for cointegration

```
Trend: constant Number of obs = 56  
Sample: 2001q1 - 2014q4 Lags = 2
```

					5%
maximum				trace	critical
rank	parms	LL	eigenvalue	statistic	value
0	30	-46.844999	.	171.5273	68.52
1	39	-20.204657	0.61382	118.2467	47.21
2	46	4.5691865	0.58720	68.6990	29.68
3	51	27.825265	0.56420	22.1868	15.41
4	54	35.243615	0.23275	7.3501	3.76
5	55	38.918675	0.12300		

Π4. Μελέτες όσον αφορά την αιτιότητα

Πίνακας 12: Μελέτες όσον αφορά την αιτιότητα

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ ΧΩΡΑ ΔΕΙΓΜΑ	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΟΝΑΔΙΑΙΑΣ ΡΙΖΑΣ	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ
Ghosh (2002)	- Johansen (1988,1991) -JJ -Granger (1969)	-Πραγματικό Κατά κεφαλήν ΑΕΠ, I (1) -Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κάτοικο I (1)	<u>JJ</u> : Όχι σχέση συνολοκλήρωσης <u>Granger</u> : ΑΕΠ → Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας
Ινδία	-ADF		
1950-1997 (48 έτη)	-PP		
Arman & Zare (2005)	-TY -ECM	-Συνολική Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, I (1)	<u>TY</u> : Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας → ΑΕΠ <u>ECM</u> : ΑΕΠ ↔ Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας
Ιράν	-ADF	-Ποσοστό αύξησης του πραγματικού ΑΕΠ, I(0) -Δείκτης Τιμών Καταναλωτή, I (1)	
1967-2002 (36 έτη)			
Altinay & Karagol (2005)	-Granger (1988) -Dolado & LuˆTkepohl (1996)	-Πραγματικό ΑΕΠ, I(0)	Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας → ΑΕΠ
Τουρκία	-ADF	-Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, I(0)	
1950-2000 (51 έτη)	-PP - Zivot & Andrews (1992)		
Yoo (2005)	-JJ -Granger (1969)	-Πραγματικό ΑΕΠ I(1) -Κατανάλωση Ηλεκτρικής ενέργειας I(1)	<u>Βραχυπρόθεσμα</u> : κατανάλωση Ηλεκτρικής ενέργειας → ΑΕΠ <u>Μακροπρόθεσμα</u> : κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ↔ ΑΕΠ
Κορέα	-PP		
1970-2002 (33 έτη)			
Wolde-Rufael (2006)	-ARDL -TY	-Πραγματικό Κατά Κεφαλήν ΑΕΠ -Κατανάλωση Ηλεκτρικής ενέργειας ανά κάτοικο	<u>TY</u> : Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας → ΑΕΠ: Μπενίν, Λαϊκή Δημοκρατία του Κονγκό, Τυνησία
17 αφρικανικές χώρες	Κανένας έλεγχος μοναδιαίας ρίζας		
1971-2001 (31 έτη)			

			<p>ΑΕΠ → Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας: Καμερούν, Γκάνα, Νιγηρία, Σενεγάλη, Ζάμπια, Ζιμπάμπουε</p> <p>ΑΕΠ ↔ ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας: Αίγυπτος, Γκαμπόν, Μαρόκο</p> <p><u>ARDL:</u> ύπαρξη μακροχρόνιας σχέσης:</p> <p><u>Εξαρτημένη μεταβλητή ΑΕΠ:</u> Ύπαρξη μακροχρόνιας σχέσης για Κονγκό, Γκαμπόν, Νιγηρία, Νότια Αφρική και Ζιμπάμπουε</p> <p><u>Εξαρτημένη μεταβλητή Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας:</u></p> <p>Ύπαρξη μακροπρόθεσμης σχέσης για το Μπενίν, το Καμερούν, το Μαρόκο και τη Ζάμπια</p> <p><u>Μη ύπαρξη μακροχρόνιας σχέσης:</u> Αλγερία, Λαϊκή Δημοκρατία του Κονγκό, Αίγυπτος, Γκάνα, Κένυα, Σενεγάλη, Τυνησία, Σουδάν</p>
Yuan et al. (2007)	-JJ	-Πραγματικό ΑΕΠ I(1)	<p><u>Βραχυπρόθεσμα:</u> Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας → ΑΕΠ</p>
Κίνα	-ADF	-Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, I(1)	
1978-2004 (26 έτη)	-PP		
Zachariadis & Pashourtidou (2007)	-Johansen (1988; 1991) -ECM	-Πραγματική δαπάνη ιδιωτικής κατανάλωσης, I(1)	<p><u>Μακροπρόθεσμα:</u></p> <p>-ιδιωτικό εισόδημα ↔ Οικιακή Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας</p> <p>-Τιμές οικιακής ηλεκτρικής ενέργειας → Ζήτηση οικιακής ηλεκτρικής ενέργειας</p> <p>-Οικονομική</p>
Κύπρος (Οικιακός και εμπορικός τομέας)	-ADF	-Πραγματική τιμή οικιακής ηλεκτρικής ενέργειας	
1960-2004 (45 έτη)	-PP		

			<p>Δραστηριότητα → Εμπορική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας</p> <p>-Εμπορική Τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας → εμπορική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας</p> <p><u>Βραχυπρόθεσμα:</u></p> <p>-Καιρικές συνθήκες → οικιακή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας</p> <p>-Οικιακή Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας → Προσωπικό εισόδημα</p>
Squalli (2007)	-ARDL -TY		<u>TY:</u>
Μέλη του OPEC			Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας → ΑΕΠ: Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, την Ινδονησία, τη Νιγηρία, Βενεζουέλα
1980-2003 (24 έτη)	Κανένας έλεγχος μοναδιαίας ρίζας	-Πραγματικό Κατά Κεφαλήν ΑΕΠ -Κατανάλωση Ηλεκτρικής ενέργειας ανά κάτοικο	ΑΕΠ → Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας: Αλγερία, το Ιράκ, το Κουβέιτ, τη Λιβύη ΑΕΠ ↔ Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας: Ιράν, Κατάρ, Σαουδική Αραβία
Acaravci & Ozturk (2010)	-Pedroni (2004)	-Πραγματικό Κατά Κεφαλήν ΑΕΠ	Δεν υφίσταται μακροχρόνια σχέση και σύνδεσμος αιτιότητας
15 χώρες σε μετάβαση	-Choi (2001)	-Κατανάλωση	
1990-2009	-Im et al. (2003)	Ηλεκτρικής ενέργειας ανά κάτοικο I(1)	
Ciarreta & Zarraga (2010)	-Pedroni (1999) -Blundell & Bond (1998)	-Πραγματικό ΑΕΠ, I(1) -Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας,	<u>Βραχυπρόθεσμα:</u> Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας → ΑΕΠ

12 ευρωπαϊκές χώρες	-Levin et al. (2002)	I(1)	Τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος ↔ ΑΕΠ
1970-2007	-Hadri (2000) -Im et al. (2003)	-Πραγματική τιμή ηλεκτρικής ενέργειας, I(1)	

Όπου:

JJ:Johansen και Juselius (1990).

ADF:Augmented Dickey-Fuller τεστ (Dickey και Fuller, 1981).

PP:Phillips & Perron (1988).

TY:Toda & Yamamoto (1995)