



ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΝΙΣΟΤΗΤΩΝ
ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΣΤΟΝ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΧΩΡΟ ΓΙΑ ΤΟΝ
ΤΟΜΕΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ
ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΠΟΥ
ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΣΤΙΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΧΩΡΕΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ,
ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ &
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΩΝ, ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΣ ΚΑΙ
ΧΩΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ»

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΒΥΡΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ &

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΩΝ, ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΣ & ΧΩΡΙΚΟΣ
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ»

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία:

*«Διερεύνηση ανισοτήτων της ενεργειακής κατανάλωσης στον Ευρωπαϊκό χώρο
για τον τομέα των μεταφορών και προσδιορισμός παραγόντων που επηρεάζουν
την ενεργειακή αποτελεσματικότητα στις Ευρωπαϊκές χώρες.»*

Κωνσταντίνος Βύρων Κωνσταντίνης
Διπλωματούχος Μηχανικός Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής
Ανάπτυξης

Επιβλέπων:

Επίκουρος καθηγητής Δρ. Δημήτριος Τσιώτας

Βόλος, 2023



UNIVERSITY OF THESSALY

SCHOOL OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF PLANNING AND REGIONAL
DEVELOPMENT &

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

MASTER IN «PROJECT MANAGEMENT, TRANSPORTATION
AND SPATIAL PLANNING»

Master Thesis:

*«Investigation of energy consumption inequalities in the European area for
transport sector and identification of factors affecting energy efficiency in
European countries»*

Konstantinos Vyron Konstantinidis

Engineer of Spatial planning, Urban planning and Regional Development

Supervisor:

Dimitrios Tsiotas

Volos, 2023

© 2023 Κωνσταντίνος Βύρων Κωνσταντινίδης

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Διαχείριση Έργων, Συγκοινωνιακός και Χωρικός Σχεδιασμός» δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του/της συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων)

Δρ. Δημήτριος Τσιώτας

Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Περιφερειακής και Οικονομικής Ανάπτυξης, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Δεύτερος Εξεταστής

Δρ. Νικόλαος Ηλιού

Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής

Δρ. Νικολά Ρεμύ

Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες,

Με την παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώνεται ο κύκλος των μεταπτυχιακών μου σπουδών στο Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών των τμημάτων Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης και Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και θεωρώ πρέπον να ευχαριστήσω θερμά τους ανθρώπους που με στήριξαν κατά τη διάρκεια αυτής μου της προσπάθειας. Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την κ. Μαρί Νοέλ Ντυκέν και τον κ. Νικόλαο Κοκόση. Η κ. Ντυκέν ήταν η επιβλέπουσα της παρούσας διπλωματικής εργασίας μέχρι που ένα άδικο γεγονός την πήρε μακριά μας. Ο κ. Νικόλαος Κοκόσης με στήριξε σε όλη μου την προσπάθεια με ιδέες και επιλύσεις σε θέματα που με δυσκόλεψαν. Επιπλέον αυτοί οι δύο άνθρωποι αποτέλεσαν την έμπνευση μου για να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα καθώς μου έδωσαν τα εφόδια μέσα από το μάθημα εφαρμοσμένες στατιστικές μέθοδοι του ΠΜΣ. Επιπρόσθετα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Δημήτριο Τσιώτα στον οποίο ανατέθηκε να αποτελέσει τον επιβλέποντα καθηγητή της παρούσας εργασίας, ο οποίος με τις πολύ εύστοχες παρατηρήσεις του με βοήθησε να ολοκληρώσω την έρευνα μου.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου η οποία με στήριξε σε ολόκληρη τη διάρκεια της φοίτησης μου στο ΠΜΣ και ειδικότερα κατά την περίοδο της συγγραφής της παρούσας εργασίας. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω το φιλικό μου περιβάλλον για την κατανόηση και τη στήριξη που έδειξαν κατά τη διάρκεια της διεκπεραίωσης των υποχρεώσεων μου.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά τις ανισότητες που αφορούν την ενεργειακή κατανάλωση στα οδικά, τα εναέρια και τα σιδηροδρομικά μέσα μεταξύ των περιφερειών της Ευρώπης για τα έτη 2002 και 2012. Οι ανισότητες αυτές μελετήθηκαν σύμφωνα με τους δείκτες χωρικού δείκτες LQ, Theil και Gini. Παράλληλα διερευνήθηκε ποιοι είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή αποτελεσματικότητα στον τομέα των μεταφορών (εξοικονόμηση ενέργειας) σε 29 χώρες της Ευρώπης για τα έτη 2002 και 2012. Για τη διερεύνηση του μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν οι οικονομετρικές μέθοδοι και πιο συγκεκριμένα η μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων. Της οικονομετρικής ανάλυσης προηγήθηκαν οι μέθοδοι της περιγραφικής στατιστικής ώστε να διαπιστωθεί ο βαθμός των ανισοτήτων μεταξύ των χωρών αλλά και κατά πόσο υπάρχει σύγκλιση ή απόκλιση των φαινομένων που συμβάλλουν στην κατασκευή του υποδείγματος. Τα φαινόμενα αφορούν τις μεταβλητές που συμμετέχουν στο μοντέλο δηλαδή την εξαρτημένη και τις ερμηνευτικές. Στη συνέχεια ακολουθούν τα συμπεράσματα της συνολικής έρευνας αλλά και προτάσεις για μελλοντική έρευνα του συγκεκριμένου φαινομένου.

Λέξεις κλειδιά: Οικονομετρική Ανάλυση, Μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων. Ενεργειακή αποτελεσματικότητα στις μεταφορές, Περιφερειακές Ανισότητες, Περιγραφική στατιστική, Κατανάλωση ενέργειας.

Abstract

This master thesis investigates the disparities concerning energy consumption in road, air and rail between the regions of Europe for the years 2002 and 2012. These inequalities were studied according to the LQ, Theil and Gini spatial indices. At the same time, it was investigated which are the factors that influence the energy efficiency in the transport sector (energy saving) in 29 European countries for the years 2002 and 2012. To investigate the model, econometric methods were used, and more specifically the method of ordinary least squares. The econometric analysis was preceded by the methods of descriptive statistics in order to establish the degree of inequalities between the countries and whether there is convergence or divergence of the phenomena that contribute to the construction of the model. The phenomena concern the variables that participate in the model, i.e. the dependent and the interpretive. Then follow the conclusions of the overall research as well as suggestions for future research of the specific phenomenon.

Key words: Econometric analysis, Ordinary least squares. Energy efficiency in transport sector, Regional inequalities, Descriptive Statistics, Energy consumption

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	20
1.1 Γενικά	20
1.2 Σκοπός-Στόχος Διπλωματικής Εργασίας.....	20
1.3 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας	21
Κεφάλαιο 2: Γενικά χαρακτηριστικά των μεταφορών	23
2.1 Γενικά	23
2.2 Η σημασία των μεταφορών	26
2.3. Οι μεταφορές υπό το πρίσμα της γεωγραφίας.....	28
2.3.1.1 Σχέση μεταξύ της γεωγραφίας και των μεταφορών	28
2.3.1.2 Δομή μεταφορικών συστημάτων	29
2.4 Συμπεράσματα	30
Κεφάλαιο 3: Μεταφορές και Ενέργεια	32
3.1 Γενικά	32
3.2 Επιπτώσεις των μεταφορών στο περιβάλλον	32
3.3 Ενεργειακή κατανάλωση στις μεταφορές.....	34
3.4 Ελληνική στρατηγική.....	39
3.5.1. Τα καύσιμα στις μεταφορές.....	39
3.5.1.2 Η εξοικονόμηση ενέργειας στις μεταφορές.....	40
3.5.1.3 Οφέλη από την εξοικονόμηση καυσίμων	40
3.5.1.4 Η έννοια της κατανάλωσης καυσίμου στις οδικές μεταφορές	41
3.5.1.5 Παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση καυσίμου στα οχήματα οδικών μεταφορών	41
3.5 Συμπεράσματα	43
Κεφάλαιο 4: Μεθοδολογική Προσέγγιση.....	44
4.1 Γενικά	44
4.2 Επιλογή των χωρών και των περιφερειών του Ευρωπαϊκού χώρου για την έρευνα ανισοτήτων και τη δημιουργία του μοντέλου.....	44
4.3 Χρονική κλίμακα έρευνας	46
4.4 Βάσεις δεδομένων της έρευνας.....	46

4.5 Οι χωρικοί δείκτες ως εργαλείο μέτρησης ανισοτήτων σε περιφερειακά μεγέθη	47
4.5.1 Δείκτης τοπικής ειδικεύσης	47
4.5.2 Δείκτης του Theil.....	49
4.5.3. Συντελεστής Gini	50
4.6 Η περιγραφική στατιστική ως εργαλείο μέτρησης ανισοτήτων σε μεγέθη	52
4.6.1 Γενικά	52
4.6.2 Απλά στατιστικά μέτρα	52
4.7. Ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης	55
4.7.1 Γενικά	55
4.7.2 Υπόδειγμα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης	56
4.7.3. Εκτίμηση της εξίσωσης της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης.....	56
4.7.4 Συντελεστής πολλαπλού προσδιορισμού.....	58
4.7.5 Έλεγχοι στατιστικής σημαντικότητας	59
4.7.6 Συντελεστές μερικού προσδιορισμού	60
4.7.7 Έλεγχος και προβλήματα παλινδρόμησης.....	62
Κεφάλαιο 5: Περιφερειακές ανισότητες εντός του Ευρωπαϊκού χώρου	71
5.1 Γενικά	71
5.2 Περιφερειακές ανισότητες μεταξύ των περιφερειών του Ευρωπαϊκού χώρου	71
5.2.1 Δείκτης χωρικής εξειδίκευσης – Location Quotient (LQ).....	71
5.2.2 Δείκτης του Theil (Theil Index).....	77
5.2.3 Δείκτης Gini (Gini Coefficient).....	81
5.2.4 Συμπεράσματα	85
Κεφάλαιο 6: Ανισότητες μεταξύ Ευρωπαϊκών χωρών	87
6.1 Γενικά	87
6.2 Περιγραφική στατιστική	89
6.3 Περιγραφική στατιστική χωρίς τις παράτυπες τιμές	118
6.4 Έλεγχος στατιστικής διαφοράς μεταξύ των μέσων τιμών των μεταβλητών στις δύο περιόδους	146
6.5 Έλεγχος συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών.....	146
6.6 Συμπεράσματα	162

Κεφάλαιο 7: Δόμηση υποδείγματος ανάλυσης ενεργειακής αποτελεσματικότητας των χωρών στις μεταφορές	163
7.1 Γενικά	163
7.2 Ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης.....	163
7.3 Εξειδίκευση μοντέλου πολλαπλής παλινδρόμησης	164
7.4 Εφαρμογή κλασσικής πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης	166
7.4 Εφαρμογή πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης log-log.....	174
7.6 Συμπεράσματα	182
Κεφάλαιο 8: Συμπεράσματα	184
Κεφάλαιο 9: Προτάσεις περαιτέρω έρευνας.....	186
Βιβλιογραφία	187

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Περιγραφή δεικτών μέσω τελικού Dashboard.....	88
Πίνακας 2: Βασικά στατιστικά μέτρα για όλες τις χώρες.....	90
Πίνακας 3: Έλεγχος κανονικότητας για τους δείκτες όλων των χωρών για τα έτη 2002 και 2012.	93
Πίνακας 4: Νέα στατιστικά μέτρα.	119
Πίνακας 5: Νέος έλεγχος κανονικότητας για τους δείκτες.....	120
Πίνακας 6: Έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας μέσω των τιμών των δεικτών μεταξύ του 2002 και του 2012.....	146
Πίνακας 7: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID1 και ID2 για τα έτη 2002 και 2012.	147
Πίνακας 8: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID1 και ID2 για τα έτη 2002 και 2012.	147
Πίνακας 9: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID1 και ID3 για τα έτη 2002 και 2012.	148
Πίνακας 10: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID1 και ID3 για τα έτη 2002 και 2012.	148
Πίνακας 11: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID1 και ID4 για τα έτη 2002 και 2012.	149
Πίνακας 12: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID1 και ID4 για τα έτη 2002 και 2012.	149
Πίνακας 13: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID1 και ID5 για τα έτη 2002 και 2012.	150
Πίνακας 14: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID1 και ID5 για τα έτη 2002 και 2012.	150
Πίνακας 15: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID1 και ID6 για τα έτη 2002 και 2012.	151
Πίνακας 16: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID1 και ID6 για τα έτη 2002 και 2012.	151
Πίνακας 17: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID2 και ID3 για τα έτη 2002 και 2012.	152
Πίνακας 18: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID2 και ID3 για τα έτη 2002 και 2012.	152
Πίνακας 19: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID2 και ID4 για τα έτη 2002 και 2012.	153
Πίνακας 20: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID2 και ID4 για τα έτη 2002 και 2012.	153

Πίνακας 21: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID2 και ID5 για τα έτη 2002 και 2012.	154
Πίνακας 22: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID2 και ID5 για τα έτη 2002 και 2012.	154
Πίνακας 23: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID2 και ID6 για τα έτη 2002 και 2012.	155
Πίνακας 24: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID2 και ID6 για τα έτη 2002 και 2012.	155
Πίνακας 25: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID3 και ID4 για τα έτη 2002 και 2012.	156
Πίνακας 26: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID3 και ID4 για τα έτη 2002 και 2012.	156
Πίνακας 27: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID3 και ID5 για τα έτη 2002 και 2012.	157
Πίνακας 28: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID3 και ID5 για τα έτη 2002 και 2012.	157
Πίνακας 29: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID3 και ID6 για τα έτη 2002 και 2012.	158
Πίνακας 30: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID3 και ID6 για τα έτη 2002 και 2012.	158
Πίνακας 31: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID4 και ID5 για τα έτη 2002 και 2012.	159
Πίνακας 32: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID4 και ID5 για τα έτη 2002 και 2012.	159
Πίνακας 33: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID4 και ID6 για τα έτη 2002 και 2012.	160
Πίνακας 34: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID4 και ID6 για τα έτη 2002 και 2012.	160
Πίνακας 35: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID5 και ID6 για τα έτη 2002 και 2012.	161
Πίνακας 36: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID5 και ID6 για τα έτη 2002 και 2012.	161
Πίνακας 37: Στοιχεία μεταβλητών για το μοντέλο.	164
Πίνακας 38: Συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών.	165
Πίνακας 39: Προβλήματα οικονομετρικών μοντέλων.	166
Πίνακας 40: Χαρακτηριστικά μοντέλου.	166
Πίνακας 41: Αποτελέσματα μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων.	166
Πίνακας 42: Χαρακτηριστικά μεταβλητών μοντέλου.	168
Πίνακας 43: Πολυσυγγραμμικότητα βάσει του Condition Index.	168

Πίνακας 44: Χαρακτηριστικά μοντέλου μετά την αφαίρεση της προβληματικής μεταβλητής.....	169
Πίνακας 45: Χαρακτηριστικά μεταβλητών μοντέλου μετά την αφαίρεση της προβληματικής μεταβλητής.....	169
Πίνακας 46: Πολυσυγγραμμικότητα βάσει του Condition Index μετά την αφαίρεση της προβληματικής μεταβλητής.....	170
Πίνακας 47: Αποτελέσματα από τη διόρθωση του ελέγχου του White.	172
Πίνακας 48: Αποτελέσματα επιρροής των ερμηνευτικών μεταβλητών στην εξαρτημένη.....	173
Πίνακας 49: Χαρακτηριστικά μοντέλου.....	175
Πίνακας 50: Αποτελέσματα μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων.....	175
Πίνακας 51: Χαρακτηριστικά μεταβλητών μοντέλου.....	177
Πίνακας 52: Χαρακτηριστικά μοντέλου μετά την αφαίρεση της προβληματικής μεταβλητής.....	177
Πίνακας 53: Αποτελέσματα μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων μετά την αφαίρεση της προβληματικής μεταβλητής.....	177
Πίνακας 54: Χαρακτηριστικά μεταβλητών μοντέλου μετά την αφαίρεση της προβληματικής μεταβλητής.....	178
Πίνακας 55: Αποτελέσματα από τη διόρθωση του ελέγχου του White.	181
Πίνακας 56: Αποτελέσματα επιρροής των ερμηνευτικών μεταβλητών στην εξαρτημένη.....	182

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Δείκτης Theil για τις ανισότητες μεταξύ των περιφερειών των χωρών στην ενεργειακή κατανάλωση των οδικών μεταφορών για τα έτη 2002 και 2012.	79
Διάγραμμα 2: Δείκτης Theil για τις ανισότητες μεταξύ των περιφερειών των χωρών στην ενεργειακή κατανάλωση των εναέριων μεταφορών για τα έτη 2002 και 2012.	80
Διάγραμμα 3: Δείκτης Theil για τις ανισότητες μεταξύ των περιφερειών των χωρών στην ενεργειακή κατανάλωση των σιδηροδρομικών μεταφορών για τα έτη 2002 και 2012.	81
Διάγραμμα 4: Δείκτης Gini για τις ανισότητες μεταξύ των περιφερειών των χωρών στην ενεργειακή κατανάλωση των οδικών μεταφορών για τα έτη 2002 και 2012.	82
Διάγραμμα 5: Δείκτης Gini για τις ανισότητες μεταξύ των περιφερειών των χωρών στην ενεργειακή κατανάλωση των εναέριων μεταφορών για τα έτη 2002 και 2012.	84
Διάγραμμα 6: Δείκτης Gini για τις ανισότητες μεταξύ των περιφερειών των χωρών στην ενεργειακή κατανάλωση των σιδηροδρομικών μεταφορών για τα έτη 2002 και 2012.	85
Διάγραμμα 7: Ιστόγραμμα ενεργειακής αποτελεσματικότητας στις μεταφορές όλων των χωρών για το έτος 2002.	94
Διάγραμμα 8: Q-Q Plot ενεργειακής αποτελεσματικότητας στις μεταφορές όλων των χωρών για το έτος 2002.	95
Διάγραμμα 9: Θηκόγραμμα ενεργειακής αποτελεσματικότητας στις οδικές μεταφορές όλων των χωρών για το έτος 2002.	95
Διάγραμμα 10: Ιστόγραμμα ενεργειακής αποτελεσματικότητας των μεταφορών όλων των χωρών για το έτος 2012.	96
Διάγραμμα 11: Q-Q Plot ενεργειακής αποτελεσματικότητας των μεταφορών όλων των χωρών για το έτος 2012.	97
Διάγραμμα 12: Θηκόγραμμα ενεργειακής αποτελεσματικότητας των μεταφορών όλων των χωρών για το έτος 2012.	97
Διάγραμμα 13: Ιστόγραμμα για την ενεργειακή κατανάλωση των οδικών μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2002.	98
Διάγραμμα 14: Q-Q Plot για την ενεργειακή κατανάλωση των οδικών μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2002.	99
Διάγραμμα 15: Θηκόγραμμα για την ενεργειακή κατανάλωση των οδικών μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2002.	99
Διάγραμμα 16: Ιστόγραμμα για την ενεργειακή κατανάλωση των οδικών μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2012.	100
Διάγραμμα 17: Q-Q Plot για την ενεργειακή κατανάλωση των οδικών μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2012.	101
Διάγραμμα 18: Θηκόγραμμα για την ενεργειακή κατανάλωση των οδικών μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2012.	101

Διάγραμμα 19: Ιστόγραμμα για την ενεργειακή κατανάλωση των εναέριων μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2002.	102
Διάγραμμα 20: Q-Q Plot για την ενεργειακή κατανάλωση των εναέριων μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2002.	103
Διάγραμμα 21: Θηκόγραμμα για την ενεργειακή κατανάλωση των εναέριων μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2002.	103
Διάγραμμα 22: Ιστόγραμμα για την ενεργειακή κατανάλωση των εναέριων μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2012.	104
Διάγραμμα 23: Q-Q Plot για την ενεργειακή κατανάλωση των εναέριων μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2012.	105
Διάγραμμα 24: Θηκόγραμμα για την ενεργειακή κατανάλωση των εναέριων μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2012.	105
Διάγραμμα 25: Ιστόγραμμα για την ενεργειακή κατανάλωση των σιδηροδρομικών μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2002.	106
Διάγραμμα 26: Q-Q Plot για την ενεργειακή κατανάλωση των σιδηροδρομικών μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2002.	107
Διάγραμμα 27: Θηκόγραμμα για την ενεργειακή κατανάλωση των σιδηροδρομικών μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2002.	107
Διάγραμμα 28: Ιστόγραμμα για την ενεργειακή κατανάλωση των σιδηροδρομικών μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2012.	108
Διάγραμμα 29: Q-Q Plot για την ενεργειακή κατανάλωση των σιδηροδρομικών μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2012.	109
Διάγραμμα 30: Θηκόγραμμα για την ενεργειακή κατανάλωση των σιδηροδρομικών μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2012.	109
Διάγραμμα 31: Ιστόγραμμα έντασης αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμης σε τιμές 2010 όλων των χωρών, με κλιματικές διορθώσεις το 2002.	110
Διάγραμμα 32: Q-Q Plot έντασης αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμης σε τιμές 2010 όλων των χωρών, με κλιματικές διορθώσεις το 2002.	111
Διάγραμμα 33: Θηκόγραμμα έντασης αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμης σε τιμές 2010 όλων των χωρών, με κλιματικές διορθώσεις το 2002.	111
Διάγραμμα 34: Ιστόγραμμα έντασης αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμης σε τιμές 2010 όλων των χωρών, με κλιματικές διορθώσεις το 2012.	112
Διάγραμμα 35: Q-Q Plot έντασης αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμης σε τιμές 2010 όλων των χωρών, με κλιματικές διορθώσεις το 2012.	113
Διάγραμμα 36: Θηκόγραμμα έντασης αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμης σε τιμές 2010 όλων των χωρών, με κλιματικές διορθώσεις το 2012.	113
Διάγραμμα 37: Ιστόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου του έτους 2002.	114

Διάγραμμα 38: Q-Q Plot ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου του έτους 2002.	115
Διάγραμμα 39: Θηκόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου του έτους 2002.....	115
Διάγραμμα 40: Ιστόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου του έτους 2012.....	116
Διάγραμμα 41: Q-Q Plot ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου του έτους 2012.	117
Διάγραμμα 42: Θηκόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου του έτους 2012.....	117
Διάγραμμα 43: Νέο ιστόγραμμα ενεργειακής αποτελεσματικότητας στις μεταφορές 2002.	121
Διάγραμμα 44: Νέο Q-Q Plot ενεργειακής αποτελεσματικότητας στις μεταφορές 2002. .	122
Διάγραμμα 45: Νέο θηκόγραμμα ενεργειακής αποτελεσματικότητας στις μεταφορές 2002.	123
Διάγραμμα 46: Νέο Ιστόγραμμα ενεργειακής αποτελεσματικότητας στις μεταφορές 2012.	124
Διάγραμμα 47: Νέο Q-Q Plot ενεργειακής αποτελεσματικότητας στις μεταφορές 2012. .	125
Διάγραμμα 48: Νέο Θηκόγραμμα ενεργειακής αποτελεσματικότητας στις μεταφορές 2012.	125
Διάγραμμα 49: Νέο Ιστόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης στις οδικές μεταφορές 2002.	126
Διάγραμμα 50: Νέο Q-Q Plot ενεργειακής κατανάλωσης στις οδικές μεταφορές 2002.	127
Διάγραμμα 51: Νέο Θηκόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης στις οδικές μεταφορές 2002.	127
Διάγραμμα 52: Νέο Ιστόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης στις οδικές μεταφορές 2012.	128
Διάγραμμα 53: Νέο Q-Q Plot ενεργειακής κατανάλωσης στις οδικές μεταφορές 2012...	129
Διάγραμμα 54: Νέο θηκόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης στις οδικές μεταφορές 2012.	129
Διάγραμμα 55: Νέο ιστόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης στις εναέριες μεταφορές 2002.	130
Διάγραμμα 56: Νέο Q-Q Plot ενεργειακής κατανάλωσης στις εναέριες μεταφορές 2002.	131
Διάγραμμα 57: Νέο θηκόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης στις εναέριες μεταφορές 2002.	131
Διάγραμμα 58: Νέο ιστόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης στις εναέριες μεταφορές 2012.	132
Διάγραμμα 59: Νέο Q-Q Plot ενεργειακής κατανάλωσης στις εναέριες μεταφορές 2012.	133

Διάγραμμα 60: Νέο θηκόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης στις εναέριες μεταφορές 2012.	133
Διάγραμμα 61: Νέο ιστόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης στις σιδηροδρομικές μεταφορές 2002.	134
Διάγραμμα 62: Νέο Q-Q Plot ενεργειακής κατανάλωσης στις σιδηροδρομικές μεταφορές 2002.	135
Διάγραμμα 63: Νέο θηκόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης στις σιδηροδρομικές μεταφορές 2002.	135
Διάγραμμα 64: Νέο ιστόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης στις σιδηροδρομικές μεταφορές 2012.	136
Διάγραμμα 65: Νέο Q-Q Plot ενεργειακής κατανάλωσης στις σιδηροδρομικές μεταφορές 2012.	137
Διάγραμμα 66: Νέο θηκόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης στις σιδηροδρομικές μεταφορές 2012.	137
Διάγραμμα 67: Νέο ιστόγραμμα έντασης αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμης σε τιμές 2010, με κλιματικές διορθώσεις το 2002.	138
Διάγραμμα 68: Νέο Q-Q Plot έντασης αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμης σε τιμές 2010, με κλιματικές διορθώσεις το 2002.	139
Διάγραμμα 69: Νέο Q-Q Plot έντασης αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμης σε τιμές 2010, με κλιματικές διορθώσεις το 2002.	139
Διάγραμμα 70: Νέο ιστόγραμμα έντασης αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμης σε τιμές 2010, με κλιματικές διορθώσεις το 2012.	140
Διάγραμμα 71: Νέο Q-Q Plot έντασης αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμης σε τιμές 2010, με κλιματικές διορθώσεις το 2012.	141
Διάγραμμα 72: Νέο θηκόγραμμα έντασης αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμης σε τιμές 2010, με κλιματικές διορθώσεις το 2012.	141
Διάγραμμα 73: Νέο ιστόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου 2002.	142
Διάγραμμα 74: Νέο Q-Q Plot ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου 2002.	143
Διάγραμμα 75: Νέο θηκόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου 2002.	143
Διάγραμμα 76: Νέο ιστόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου 2012.	144
Διάγραμμα 77: Νέο Q-Q Plot ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου 2012.	145
Διάγραμμα 78: Νέο θηκόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου 2012.	145
Διάγραμμα 79: Ιστόγραμμα κατανομής καταλοίπων εξαρτημένης μεταβλητής.	171

Διάγραμμα 80: P-P Plot κατανομής καταλοίπων εξαρτημένης μεταβλητής.	171
Διάγραμμα 81: Διάγραμμα διασποράς καταλοίπων εξαρτημένης μεταβλητής.	172
Διάγραμμα 82: Ιστόγραμμα κατανομής καταλοίπων εξαρτημένης μεταβλητής.	179
Διάγραμμα 83: P-P Plot κατανομής καταλοίπων εξαρτημένης μεταβλητής.	180
Διάγραμμα 84: Διάγραμμα διασποράς καταλοίπων εξαρτημένης μεταβλητής.	180

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Απεικόνιση ειδών αποστάσεων.....	25
Εικόνα 2: Δομή μεταφορικών συστημάτων.	30
Εικόνα 3: Στατιστικά στοιχεία Ευρωπαϊκής Επιτροπής.	33
Εικόνα 4: Χάρτης ενεργειακής κατανάλωσης οδικών μεταφορών 2002 (LQ)..	73
Εικόνα 5: Χάρτης ενεργειακής κατανάλωσης οδικών μεταφορών 2012 (LQ).	73
Εικόνα 6: Χάρτης ενεργειακής κατανάλωσης εναέριων μεταφορών 2002 (LQ).	74
Εικόνα 7: Χάρτης Ενεργειακής κατανάλωσης εναέριων μεταφορών 2012 (LQ).	75
Εικόνα 8: Χάρτης ενεργειακής κατανάλωσης σιδηροδρομικών μεταφορών 2002 (LQ).	76
Εικόνα 9: Χάρτης ενεργειακής κατανάλωσης σιδηροδρομικών μεταφορών 2012 (LQ).	77

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Ο κλάδος των μεταφορών υφίσταται εδώ και πολλά χρόνια και συνοδεύει τις ανθρώπινες δραστηριότητες σχεδόν από τις απαρχές των πολιτισμών (Γαβανάς, 2016). Μοιραία το γεγονός αυτό καθιστά τις μεταφορές πολύ σημαντικές για μία πληθώρα πραγμάτων όπως είναι η οικονομία, ο υπερκερασμός των αποστάσεων, την κοινωνική συνοχή και άλλα πράγματα. Δεν είναι τυχαίο άλλωστε που εκπονούνται αρκετές μελέτες και έρευνες που αφορούν τις μεταφορές. Η σημασία τους είναι υψίστης σημασίας και γι' αυτό το λόγω πέραν των αμιγώς συγκοινωνιακών μελετών στις περισσότερες από τις μελέτες χωρικού σχεδιασμού υπάρχουν αυτοτελή κεφάλαια για τις μεταφορές σε κάθε κλάδο που δίνουν κατευθύνσεις και μέσα από αυτές λαμβάνονται και αποφάσεις για την υλοποίηση νέων μελετών και έργων που έχουν προταθεί ή βρίσκονται υπό διαβουλεύσεις. Οι έρευνες που δεν διέπονται από σύνθετα νομικά πλαίσια όπως οι μελέτες, παρουσιάζουν ένα αρκετά διευρυμένο αντικείμενο με το οποίο ασχολούνται. Ένα από αυτά είναι το περιβάλλον, που αποτελεί όλο και μεγαλύτερη τάση, καθώς παγκοσμίως υπάρχει η ανάγκη για μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) και τις ενεργειακής κατανάλωσης. Οι δύο αυτές πτυχές αποτελούν πολύ σημαντικό κομμάτι στην περιβαλλοντική διάσταση των μεταφορών.

1.2 Σκοπός-Στόχος Διπλωματικής Εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών των τμημάτων Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης και Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Ο στόχος της εστιάζει στην ενεργειακή κατανάλωση στον τομέα των μεταφορών. Πιο συγκεκριμένα σε πρώτο βαθμό σκοπός είναι η διερεύνηση των ανισοτήτων στις περιφέρειες των χωρών του ευρωπαϊκού χώρου με τη χρήση τριών χωρικών δεικτών (LQ, Theil, Gini) σε μεγέθη που αφορούν την ενεργειακή κατανάλωση στις οδικές, τις εναέριας και τις σιδηροδρομικές μεταφορές και έχουν. Τα μεγέθη αυτά αφορούν σύνθετους δείκτες που έχουν υπολογιστεί από την ESPON και δομούνται από διάφορους επιμέρους παράγοντες που συνάδουν με αυτούς της παρατιθέμενης εντός του κειμένου βιβλιογραφίας για τα έτη 2002 και 2012. Σε δεύτερο βαθμό εξετάζεται η ανάπτυξη ενός μοντέλου, το μοντέλο αυτό αφορά στην ενεργειακή αποτελεσματικότητα ή και εξοικονόμηση ενέργειας στον τομέα των μεταφορών, σκοπός είναι να διερευνηθεί ποιοι είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή αποτελεσματικότητα στον τομέα των

μεταφορών και ποιος είναι ο βαθμός επιρροής τους στο φαινόμενο αυτό. Της ανάπτυξης του μοντέλου προηγείται η εξέταση των ανισώσεων σε επίπεδο χωρών με τις μεθόδους και τις τεχνικές της περιγραφικής στατιστικής για όλες τις μεταβλητές που συμπεριλαμβάνονται στο μοντέλο για τα έτη 2002 και 2012. Ακόμα εξετάζεται κατά πόσο οι μεταβλητές παρουσιάζουν σύγκλιση ή απόκλιση με το πέρας της δεκαετίας στο σύνολο της περιοχής μελέτης.

Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν αντλήθηκαν από διεθνείς βάσεις δεδομένων ενώ μεγάλο κομμάτι της βιβλιογραφίας που αφορά στην ενεργειακή αποτελεσματικότητα στον τομέα των μεταφορών έχει προκύψει από βιβλιογραφία του εξωτερικού και μάλιστα εκτός Ευρώπης. Για τα τεχνικά μέσα που χρησιμοποιούνται έχουν αντληθεί δεδομένα τόσο από ελληνική όσο και από ξενόγλωσση βιβλιογραφία.

1.3 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Η διπλωματική εργασία αποτελείται από 9 κεφάλαια με την εξής δομή:

Το 1^ο κεφάλαιο αποτελείται από την εισαγωγή, στην οποία γίνεται μία γενική αναφορά στις μεταφορές, στον σκοπό της εργασίας αλλά και στον τρόπο που αυτή δομείται.

Στο 2^ο κεφάλαιο γίνεται μία ανάλυση των μεταφορών και των χαρακτηριστικών που αυτές έχουν, η σημασία τους καθώς και το πώς αυτές ενσωματώνονται στη γεωγραφία του χώρου.

Στο 3^ο κεφάλαιο γίνεται η ανάλυση της βιβλιογραφικής ανασκόπησης που αφορά τις μεταβλητές που συσχετίζουν τις μεταφορές και την ενέργεια. Παρουσιάζονται εμπειρικές έρευνες καθώς η ελληνική στρατηγική για την ενέργεια και τις μεταφορές.

Στο 4^ο κεφάλαιο πραγματοποιείται αναλυτικά η μεθολογική προσέγγιση που εφαρμόζεται στην παρούσα εργασία με τρόπο αναλυτικό μέσα από την υφιστάμενη βιβλιογραφία, για τις μεθόδους χωρικής, στατιστικής και οικονομετρικής ανάλυσης.

Στο 5^ο κεφάλαιο γίνεται η διερεύνηση των περιφερειακών ανισοτήτων στα μεγέθη που αφορούν την ενεργειακή κατανάλωση στις οδικές, τις εναέριες και τις σιδηροδρομικές μεταφορές με τη χρήση χωρικών δεικτών.

Στο 6^ο κεφάλαιο γίνεται ο προσδιορισμός των μεταβλητών πάνω στις οποίες δομείται το μοντέλο αλλά και η διερεύνηση των ανισοτήτων για τις μεταβλητές αυτές μεταξύ των χωρών με τη χρήση της περιγραφικής στατιστικής.

Στο 7^ο κεφάλαιο γίνεται η οικονομετρική ανάλυση και η δόμηση δύο διαφορετικών οικονομετρικών μοντέλων με τη χρήση ίδιων μεταβλητών για το ίδιο φαινόμενο.

Στο 8^ο κεφάλαιο εξάγονται τα γενικά συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Στο 9^ο κεφάλαιο προτείνονται συμπληρωματικές και άλλες έρευνες για το υπό μελέτη φαινόμενο.

Κεφάλαιο 2:

Γενικά χαρακτηριστικά των μεταφορών

2.1 Γενικά

Οι μεταφορές αποτελούν ένα ζωτικής σημασίας δομικό στοιχείο για τις κοινωνίες που έχουν διαμορφωθεί από τους ανθρώπους για αυτούς (Rodrigue, 2020). Ιστορικά με την πάροδο των χρόνων οι μεταφορές έχουν αποτελέσει αντικείμενο μελέτης για πολλούς ερευνητές που ψάχνουν απαντήσεις σε ποικίλα προβλήματα ή ακόμα και σε συσχετίσεις που παρουσιάζουν σχέσεις αιτίου – αιτιατού. Είναι λογικό να υπάρχει τέτοια απήχηση για τον συγκεκριμένο κλάδο διότι πέρα από τα άμεσα αποτελέσματα, δηλαδή αυτά των μετακινήσεων, έχουν και δευτερεύοντα που αφορούν τους τομείς της ανάπτυξης, της κοινωνίας και της οικονομίας (Πολύζος, 2019). Ο τομέας των μεταφορών λόγω της έκτασης που έχει είναι σε θέση να διακρίνεται με παραπάνω από έναν τρόπους. Οι πιο χαρακτηριστικοί από αυτούς είναι οι εξής:

- Διάκριση βάσει του τι μεταφέρεται
- Διάκριση βάσει του είδους μεταφοράς
- Διάκριση βάσει του δικτύου στο οποίο εμπίπτει (Φραντζεσκάκης κ.α., 2005).

Αναφορικά με την άνω διάκριση κρίνεται σκόπιμο να δοθούν παραδείγματα για να γίνει κατανοητό τι ακριβώς εμπίπτει σε αυτές τις κατηγορίες. Ως μεταφερόμενες μονάδες μπορούν να θεωρηθούν οι επιβάτες, δηλαδή οι άνθρωποι που υλοποιούν τις μετακινήσεις ή γενικότερα τα έμβια όντα. Επιπλέον σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα μετακινούμενα προϊόντα γνωστά και ως “εμπορευματικά”, τα οποία συμβάλλουν σε αρκετά μεγάλο βαθμό στην οικονομία και την εξέλιξη αυτής. Όσον αφορά το είδος της μεταφοράς, πιο συγκεκριμένα αν αυτή γίνεται με τρόπο χερσαίο, εναέριο ή ακτοπλοϊκό. Τέλος ο τελευταίος τύπος διάκρισης είναι πολύ σημαντικός καθώς προσδιορίζει τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται μία μετακίνηση (Φραντζεσκάκης κ.α., 2002).

Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της διάκρισης συναντάται στις χερσαίες μεταφορές, διότι εντός της χέρσας γης υπάρχουν επιμέρους δίκτυα όπως είναι το οδικό το σιδηροδρομικό και άλλα μέσα σταθερής τροχιάς. Σήμερα λόγω της πολυπλοκότητας των μεταφορών αλλά και περιορισμών που αφορούν οικονομικούς, περιβαλλοντικούς και άλλους περιορισμούς προτείνεται ο συνδυασμός των άνω. Για παράδειγμα η μεταφορά επιβατών ή προϊόντων με τη χρήση διαφορετικών μέσων μεταφοράς και κατ’ επέκταση διαφορετικών δικτύων με αποτέλεσμα να προάγονται όλο και περισσότερο οι συνδυασμένες μεταφορές (Rodrigue κ.α., 2020).

Μία πολύ σημαντική παράμετρος των μεταφορών είναι η κινητικότητα. Δηλαδή η ευκολία μετακίνησης ενός επιβάτη ή μιας μονάδας φορτίου, που σχετίζονται με το κόστος

μεταφοράς καθώς και με τα χαρακτηριστικά αυτού που μεταφέρεται (ευθραυστότητα, φθαρτό, τιμή). Οι πολιτικοί παράγοντες μπορούν επίσης να επηρεάσουν την κινητικότητα όπως νόμοι, κανονισμοί, σύνορα και τιμολόγια. Όταν η κινητικότητα είναι υψηλή, Οι δραστηριότητες περιορίζονται λιγότερο από την απόσταση (Bogart, 2009).

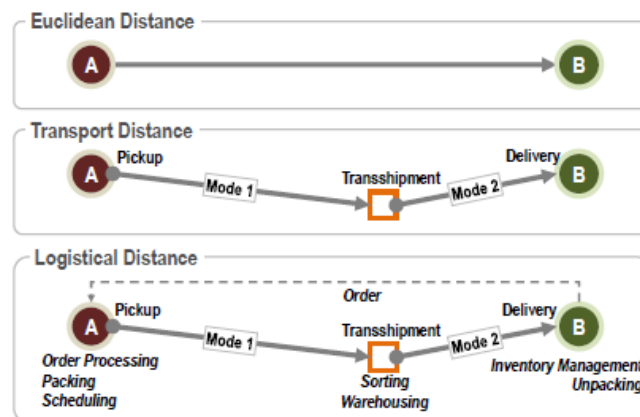
Πριν αναλυθεί ο κλάδος των μεταφορών κρίνεται σκόπιμο να καθοριστούν κάποιες μεταβλητές που θα βοηθήσουν στην καλύτερη κατανόηση των παρακάτω εννοιών. Αρχικά σημαντικό κομμάτι στις μεταφορές διαδραματίζει ο χώρος, επειδή όμως είναι μία έννοια που μπορεί να πάρει ποικίλες προεκτάσεις στην παρούσα έρευνα τη θέση του θα πάρει η απόσταση, μία ακόμα μεταβλητή που κατέχει σημαντικό ρόλο για την ερμηνεία του τομέα των μεταφορών είναι το μεταφορικό κόστος (Πολύζος, 2015), ενώ μία ακόμα εξίσου σημαντικές είναι οι ροές (Rodrigue, 2020).

Πιο συγκεκριμένα η απόσταση αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του γεωγραφικού χώρου αλλά και τροχοπέδη, καθώς οξύνει την αλληλεπίδραση μεταξύ των περιοχών. Η απόσταση δύναται να μετρηθεί με αρκετούς τρόπους. Τρεις από τους πιο διαδεδομένους είναι η ευκλείδεια απόσταση, η μεταφορική, η υλικοτεχνική απόσταση αλλά και η χρονοαπόσταση (Rodrigue, 2020).

- **Ευκλείδεια απόσταση:** Είναι η απόσταση μεταξύ δύο σημείων σε ευθύγραμμο τμήμα, η πιο συνήθης μονάδα μέτρησης είναι τα χιλιόμετρα. Η ιδιότητα της είναι καθαρά προσεγγιστική και δεν χρησιμοποιείται ευρέως.
- **Μεταφορική απόσταση:** Ο συγκεκριμένος τύπος απόστασης είναι κάπως πιο περίπλοκος, διότι περιλαμβάνει ένα σύνολο δράσεων που έχουν να κάνουν με την κυκλοφορία. Επιπρόσθετα σε αυτή κάποιες φορές ανάλογα με τις ανάγκες συνυπολογίζονται τα κόστη, ο χρόνος, φόρτωση ή φορτοεκφόρτωση κ.α., στην περίπτωση που η μεταφορική απόσταση αφορά την μετακίνηση προϊόντων και αγαθών μέσα σε αυτή μετριέται και η διαχείριση που υφίσταται η εφοδιαστική αλυσίδα προκειμένου να πραγματοποιηθεί το δρομολόγιο. Για παράδειγμα στην κάτωθι εικόνα η μεταφορική απόσταση μεταξύ των τοποθεσιών Α και Β περιλαμβάνει: την παραλαβή και τη μεταφορά με ένα μέσο, φορτοεκφόρτωση σε ένα ενδιάμεσο σημείο και μεταφορά του αγαθού με άλλο μέσο και τελικά λαμβάνει χώρα η παράδοση του προϊόντος. Κατά αναλογία οι ίδιες πρακτικές υιοθετούνται για τη μετακίνηση ανθρώπων, παρόλο που οι συμπεριλαμβανόμενες δραστηριότητες διαφέρουν από αυτές του άνω παραδείγματος. Για παράδειγμα η εναέρια μετακίνηση μεταξύ δύο περιοχών περιλαμβάνει τη μετάβαση στο αεροδρόμιο, την πιθανή μεταφορά σε ένα ενδιάμεσο αεροδρόμιο – κόμβο και τελικά την μετάβαση στο αεροδρόμιο που αποτελεί τερματικό σταθμό. Αυτού του είδους η απόσταση συνήθως μετριέται σε χιλιόμετρα ή χρόνο.
- **Υλικοτεχνική απόσταση:** Ο συγκεκριμένος τύπος απόστασης αποτελεί μια σύνθετη αναπαράσταση στην οποία περιλαμβάνονται όλες οι απαιτούμενες διεργασίες, ώστε να υλοποιηθεί η μετακίνηση μεταξύ δύο τοποθεσιών. Πιο συγκεκριμένα σε αυτόν τον τύπο

απόστασης περιλαμβάνονται οι φυσικές ροές, αλλά και ένα σύνολο δραστηριοτήτων που είναι απαραίτητες για την αποτελεσματική διαχείριση αυτών των ροών. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα για την αποσαφήνιση της υλικοτεχνικής απόστασης αποτελούν οι μετακινήσεις των εμπορευματικών προϊόντων, καθώς οι σημαντικότερες εργασίες είναι η παραγγελία, η επεξεργασία, η συσκευασία, η διαλογή και η διαχείριση αποθεμάτων. Οι μονάδες της γεωγραφικής απόστασης είναι λιγότερο σχετικές σε αυτή την αξιολόγηση, αλλά οι παράγοντες του κόστους και του χρόνου είναι βαρύνουσας σημασίας. Στον χρόνο δεν περιλαμβάνονται μόνο οι καθυστερήσεις που σχετίζονται με τη διαχείριση και την κυκλοφορία, αλλά και ο τρόπος με τον οποίο ο χρόνος επηρεάζει την εξυπηρέτηση της ζήτησης των μεταφορών, δηλαδή του προγραμματισμού παραλαβών και παραδόσεων. Παρακάτω απεικονίζεται η υλικοτεχνική απόσταση μεταξύ των τοποθεσιών Α και Β, που περιλαμβάνουν μια παραγγελία από την Α στη Β, η οποία υποβάλλεται σε επεξεργασία, συσκευάζεται και προγραμματίζεται ώστε να γίνει η παραλαβή. Όπως εμφανίζεται υπάρχει ενδιάμεση θέση μεταφόρτωσης, στην οποία λαμβάνουν χώρα η διαλογή και η αποθήκευση. Εν τέλει γίνεται η μεταφορά στον τελικό προορισμό, όπου το προϊόν παραδίδεται και αποσυσκευάζεται για να γίνει η χρήση του. Αναφορικά με τη μεταφορά επιβατών η υλικοτεχνική απόσταση περιλαμβάνει και καθίσματα. Χρησιμοποιώντας τα αεροπορικά ταξίδια ως παράδειγμα πρέπει πρώτα να γίνει η αγορά ενός εισιτηρίου, συνήθως αρκετές εβδομάδες νωρίτερα, γεγονός που απαιτεί εκ των προτέρων προγραμματισμό. Συνηθισμένες εργασίες χρόνου και κόστους αφορούν το check in, τους ελέγχους ασφαλείας, την επιβίβαση, την αποβίβαση και την παραλαβή αποσκευών. Έτσι, μια τρίωρη πτήση απαιτεί συχνά να προγραμματιστεί αρκετές εβδομάδες νωρίτερα και η πλήρης υλοποίησή του μπορεί να διαρκέσει δύο φορές περισσότερο, αρκετός χρόνος εάν ληφθούν υπόψη όλες οι σχετικές υλικοτεχνικές δραστηριότητες (Rodrigue, 2020). Μία πιο εποπτική ματιά δίνεται από την Εικόνα 1.

Εικόνα 1: Απεικόνιση ειδών αποστάσεων.



Πηγή: The Geography of Transport Systems, Rodrigue 2020.

Από την άλλη πλευρά το μεταφορικό κόστος εκφράζεται με ένα μόνο τρόπο και αποτελεί την τιμή μίας μοναδιαίας ποσότητας ενός επιβάρη ή ενός αγαθού που μετακινείται. Ενώ οι ροές διαχωρίζονται με τον εξής τρόπο:

- **Γεωγραφικές ροές:** Κάθε είδους ροή αυτού του είδους διαθέτει μία προέλευση και ένα προορισμό, γεγονός που αναπόφευκτα προσδίδει ένα βαθμό διαχωρισμού. Οι ροές που παρουσιάζουν υψηλό βαθμό διαχωρισμού έχουν την τάση να είναι περισσότερο περιορισμένες από αυτές που έχουν μικρότερο.
- **Φυσικές ροές:** Όλες οι ροές διαθέτουν φυσικά χαρακτηριστικά που αφορούν την ίδια τη φύση των μονάδων που μεταφέρουν αλλά και των συνθηκών κάτω από τις οποίες πραγματοποιείται η μετακίνηση. Επιπλέον υπάρχει εξάρτηση των φυσικών ροών με το μεταφορικό μέσο που χρησιμοποιείται κάθε φορά, καθώς βάση αυτού μπορεί να διαμορφωθούν φορτία με μεγαλύτερο ή μικρότερο αριθμό μονάδων.
- **Συναλλαγματικές ροές:** Αφορούν κυρίως στην αντίληψη που υπάρχει πίσω από κάθε διαπραγματευόμενη ροή στις υπηρεσίες των μετακινήσεων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι κρατήσεις είτε αφορούν σε επιβατική θέση είτε σε θέση αγαθού. Εναλλακτικά αποτελούν τις ροές που εκφράζουν την χρηματική συναλλαγή μεταξύ πελάτη και φορέα.
- **Διαχυτικές ροές:** Είναι οι ροές εκείνες που οργανώνονται με διαδοχικό τρόπο εξαιτίας της πολυπλοκότητας που τις διακατέχει, διότι για να πραγματοποιηθούν αξιοποιούνται διαφορετικά μέσα αλλά και ενδιαμέσσοι τερματικοί σταθμοί. Γι' αυτό το λόγο δρομολόγια που πραγματοποιούνται μεταξύ φαινομενικά ασύνδετων περιοχών, προγραμματίζονται και δρομολογούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να μειώνεται το κόστος ή να αυξάνεται η αποδοτικότητά τους (Knowles κ.α., 2008).

2.2 Η σημασία των μεταφορών

Οι μετακινήσεις σε παγκόσμιο επίπεδο αποτελούν μία από τις σημαντικότερες δραστηριότητες των ανθρώπων. Άλλωστε δεν είναι τυχαίο που ο κλάδος αυτός αποτελεί αναγκαίο παράγοντα για την οικονομία και διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο όσον αφορά τις χωρικές σχέσεις ανάμεσα σε τοποθεσίες. Εξάλλου οι μεταφορές είναι υπεύθυνες για συνδέσεις που προσδίδουν αξία στις περιφερειακές και οικονομικές δραστηριότητες αλλά και στην επικοινωνία και την αλληλεπίδραση μεταξύ των ανθρώπων σε παγκόσμια κλίμακα (Rodrigue, 2020)

Ο μεταφορικός κλάδος χαρακτηρίζεται ως πολυδιάστατος, καθώς έχει συμβάλει στην ανάπτυξη τομέων όπως είναι η ιστορία, η κοινωνία, η πολιτική, η οικονομία και το περιβάλλον. Πιο αναλυτικά:

- **Ιστορικά:** Οι μεταφορές και τα μέσα μετακίνησης έχουν συμβάλει σε μεγάλο βαθμό στην άνθηση των πολιτισμών, στην αναβάθμιση των κοινωνιών μέσα από την κατασκευή κοινωνικών δομών αλλά και στην εθνική άμυνα.

- **Κοινωνικά:** Μέσα από τα μέσα μετακίνησης διασφαλίζεται η πρόσβαση σε κοινωνικές υπηρεσίες, όπως είναι η υγεία, η πρόνοια και τα πολιτιστικά δρώμενα. Ακόμα ο τρόπος με τον οποίο αυτές μορφοποιούνται είναι σε θέση να προωθούν ή να περιορίζουν την κινητικότητα των ανθρώπων.
- **Πολιτικά:** Τα περισσότερα συγκοινωνιακά έργα εξαιτίας των υψηλών απαιτήσεων σε οικονομικούς πόρους εξαρτώνται αρκετά από τις κυβερνήσεις. Η πολιτική σκοπιμότητα που υπάρχει σε αυτού του είδους τις υποδομές πολλές φορές έρχεται σε αντίθεση με την οικονομική ευημερία από την οποία εξαρτώνται. Οι σκοπιμότητες αυτές έχουν να κάνουν με την προσβασιμότητα απομονωμένων περιοχών και την δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.
- **Οικονομικά:** Οι συγκοινωνίες συμβαδίζουν με την οικονομική ευημερία. Ουσιαστικά πρόκειται για μία αυτοτελή βιομηχανία, πιο συγκεκριμένα βιομηχανία αυτοκινήτων, αεροπορικές εταιρείες κ.α. Εξάλλου οι μεταφορές είναι κλάδος της οικονομίας. Ο τρόπος με τον οποίο επιδρά στην οικονομία είναι μέσω της προστιθέμενης αξίας που προσφέρουν, δημιουργεί οικονομίες κλίμακας, ασκεί επιρροή στις τιμές των ακινήτων, αλλά και στην δημιουργία εξειδικεύσεων σε περιοχές. Πιο απλά η οικονομία και οι μεταφορές σχηματίζουν μία αμφίδρομη σχέση, επειδή οι μεταφορές διαμορφώνουν τις οικονομικές δραστηριότητες και οι οικονομίες διαμορφώνουν το τοπίο των μεταφορών.
- **Περιβαλλοντικά:** Παρόλο που η εξέλιξη στις μεταφορές έχει ξεκάθαρα πλεονεκτήματα όσον αφορά το περιβάλλον, οι συνέπειες σε αυτό είναι πολύ σημαντικές. Αφορούν κατά κύριο λόγο την ποιότητα του αέρα και των υδάτων, τα επίπεδα θορύβου και την δημόσια υγεία. Εννοείται πως οι αποφάσεις που αφορούν τον τομέα των μεταφορών πρέπει να αξιολογούνται με ποικίλους τρόπους και τεχνικές που υπάρχουν και λαμβάνουν υπόψη τα περιβαλλοντικά κόστη (Rodrigue, 2020)

Ο πολυκλαδικός χαρακτήρας των μεταφορών παρουσιάζεται ακόμα και στις σπουδές του αντικειμένου, που ανάλογα με το αντικείμενο στο οποίο επικεντρώνονται μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο μηχανικής ή οικονομικών. Οι πιο συνηθισμένες κατευθύνσεις είναι η πρόβλεψη και η υλοποίηση των υποδομών, η διαχείριση της λειτουργικότητας και ο σχεδιασμός. Τα ζητήματα με τα οποία έρχονται αντιμέτωποι σήμερα οι επιστήμονες κατηγοριοποιούνται με τον παρακάτω τρόπο:

- **Η αύξηση της ζήτησης:** Μετά τα χρόνια του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου οι μεταφορές τόσο των επιβατών όσο και των εμπορευμάτων έχουν αυξητική τάση. Η αύξηση αυτή έχει δύο κύριες συνιστώσες, η πρώτη αφορά στον μεγαλύτερο όγκο μεταφορών, ενώ η δεύτερη αφορά τις μεγαλύτερες αποστάσεις που διανύονται. Η αύξηση στη ζήτηση έχει παίξει καθοριστικό ρόλο στην συνέργεια αρκετών μέσων για την περαίωση των ταξιδιών (Rodrigue, 2020).
- **Η μείωση του κόστους:** Παρόλο που ορισμένα μεταφορικά μέσα έχουν αρκετά υψηλή ναύλωση για την λειτουργία τους (πχ πλοία και αεροπλάνα), το κόστος ανά μονάδα

έχει μειωθεί αρκετά κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Σε αυτό το γεγονός οφείλεται η προσπέραση του εμποδίου των μεγάλων αποστάσεων και η εξερεύνηση περαιτέρω πλεονεκτημάτων που διαθέτει ο χώρος (Kohlhase και Gleaser, 2004)

- **Επέκταση των μεταφορών:** Οι δύο άνω παράμετροι έχουν αυξήσει τις προϋποθέσεις τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά για τις μεταφορικές υποδομές. Τα λιμάνια, τα αεροδρόμια, οι δρόμοι, οι αγωγοί και οι τηλεπικοινωνιακές εγκαταστάσεις έχουν υποστεί επεκτάσεις ώστε να είναι σε θέση να εξυπηρετήσουν νέες περιοχές και να προκαλέσουν αύξηση στην ικανότητα των υπάρχοντων δικτύων. Επιπλέον στις ανεπτυγμένες χώρες οι μεταφορικές υποδομές αποτελούν σημαντικό παράγοντα για την χρήση της γης (Rodrigue, 2020).

Η ενασχόληση με αυτού του είδους τα αντικείμενα γενούν ερωτήματα αναφορικά με τους αναπτυξιακούς πόρους (κεφάλαιο, ανθρώπινο δυναμικό, υλικά κ.α.). Τα ερωτήματα αυτά έχουν να κάνουν με την τοποθεσία στην οποία βρίσκονται αυτοί οι πόροι αλλά και το πώς αυτοί διαχέονται. Αναλυτικότερα οι πορείες των μεταφορών γίνονται προκειμένου να συνδεθούν τα μέρη που παρουσιάζουν αφθονία σε κάποιους πόρους με αυτούς που έχουν έλλειψη, όταν βέβαια τα κόστη είναι μικρότερα από τα οφέλη. Συνεπώς οι μεταφορές κατέχουν ένα πολύ σημαντικό ρόλο στην επιρροή της οικονομίας σε παγκόσμια, εθνική αλλά και περιφερειακή κλίμακα. Είναι υποδομές στρατηγικής σημασίας σε κοινωνικοοικονομικό επίπεδο για τον δημόσιο και τον ιδιωτικό τομέα χωρίς να γίνεται αυτή τους η ιδιότητα αντιληπτή στους τελικούς καταναλωτές των αγαθών αυτών. Αν οι μεταφορικές υποδομές υλοποιηθούν με λάθος τρόπο οι συνέπειες μπορεί να είναι δραματικές διότι απαιτούν ένα αρκετά μεγάλο πάγιο κεφάλαιο εγκατάστασης το οποίο δεν θα είναι λειτουργικό και οικονομικά ωφέλιμο (Rodrigue, 2020).

2.3. Οι μεταφορές υπό το πρίσμα της γεωγραφίας

Χαρακτηριστικά όπως οι πόροι, οι πληθυσμοί και οι οικονομικές δραστηριότητες είναι τυχαία διάσπαρτες στον κόσμο, η τυχαία θέση έχει λογική και τάξη παρόλα αυτά. Η γεωγραφία έχει ως κύριο μέλημα την κατανόηση της χωρικής τάξης των πραγμάτων και τις αλληλεπιδράσεις τους, κυρίως όταν η τάξη και η σειρά των πραγμάτων δεν είναι αρκετά φανερή. Οι μεταφορές είναι εργαλείο της χωρικής οργάνωσης, ενώ παράλληλα ασκείται μεγάλη επιρροή από την γεωγραφία προς αυτές και τα μέρη από τα οποία αποτελούνται αλλά και το αντίστροφο. Χαρακτηριστικό και απλό παράδειγμα είναι μία οδική διαδρομή η οποία παίρνει μορφή και επηρεάζεται από τα οικονομικά χαρακτηριστικά των χωρικών ενοτήτων και τα φυσικά χαρακτηριστικά που υπάρχουν σε αυτές, όμως από τη στιγμή που αυτή κατασκευαστεί θα επηρεάσει την ανάπτυξη τους (Πολύζος, 2019).

2.3.1.1 Σχέση μεταξύ της γεωγραφίας και των μεταφορών

Η γεωγραφία και οι μεταφορές είναι άρρηκτα συνδεδεμένες κυρίως για δύο λόγους. Αρχικά οι μεταφορικές υποδομές, οι στάσεις, οι τερματικοί σταθμοί, τα μέσα και τα δίκτυα που

αποτελούν συνιστώσες των μεταφορών καταλαμβάνουν θέσεις στον χώρο συνιστώντας ένα περίπλοκο χωρικό σύστημα. Σε ένα δεύτερο βαθμό η γεωγραφία προσπαθεί να ερμηνεύσει τις σχέσεις που έχουν αναπτυχθεί στον χώρο, κατά συνέπεια και τα δίκτυα μεταφοράς παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον αν αναλογιστεί κανείς πως είναι η φυσική υποστήριξη των αλληλεπιδράσεων στον χώρο (Black, 2003).

Ως κλάδος η γεωγραφία στις μεταφορές άρχισε να αναπτύσσεται κατά τη δεκαετία του 1960, όπου τα μεταφορικά κόστη ξεκίνησαν να αποτελούν κύριους παράγοντες στη θεωρία των τόπων και να ερμηνεύεται από ποσοτικές μεθόδους που αφορούν τα δίκτυα και τις σχέσεις των χωρικών δεδομένων έπειτα από ανάλυση. Οι συνθήκες που διαμορφώθηκαν στον τεχνικό, οικονομικό και πολιτικό κόσμο κατά το 1970 έδωσαν κεντρικό ρόλο στις μεταφορές σε πολλά ζητήματα που αφορούν την περιφερειακή ανάπτυξη και τη γεωγραφία. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας εκείνης συντελέστηκαν πολλές χωρικές αλλαγές σε επίπεδο αστικό και περιφερειακό, κυρίως λόγω της αστικοποίησης και των μεγάλων μεταφορικών κοστών. Τα θεμέλια αυτού του κλάδου της επιστήμης εξηγούν κοινωνικοοικονομικά την διαφοροποίηση των αποστάσεων. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα τις δεκαετίες του 1970 και του 1980 να καταστήσουν τις μεταφορές ως κύριο παράγοντα της οικονομικής γεωγραφίας, σε κλάδους όπως είναι η κινητικότητα ανθρώπων, αγαθών αλλά και η μείωση του κόστους μεταφοράς. Από το 1990 και μετά η γεωγραφία των μεταφορών έχει αρχίσει να εξετάζει νέα ερωτήματα που αφορούν σε θέματα κινητικότητας, παραγωγής και διάχυσης στις χωρικές κλίμακες, διότι τα μεταφορικά συστήματα δέχονται πιέσεις από μετακινούμενους και από εμπορεύματα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι πως εξαιτίας της αστικοποίησης έχουν δημιουργηθεί προκλήσεις σχετικά με την συμφόρηση και την αυτονομία των οχημάτων. Ακόμα και σε ευρύτερη κλίμακα η παγκοσμιοποίηση έχει υποστηρίξει την ανάπτυξη περίπλοκων μεταφορικών δικτύων στις εναέριες και θαλάσσιες μεταφορές, που υποστηρίζουν την εφοδιαστική αλυσίδα και το εμπόριο σε μεγάλες αποστάσεις. Σημαντικό ρόλο κατέχουν οι τεχνολογίες πληροφόρησης και επικοινωνίας που είναι συμπληρωματικές ως προς τις υπηρεσίες κινητικότητας. Εξίσου σημαντικό ρόλο έχουν οι υπηρεσίες ηλεκτρονικών οικονομιών που διαμορφώνουν το τοπίο διάχυσης με την ανάπτυξη των διανομών σε σπίτια. Τα παραπάνω φυσικά έχουν συνδεθεί με τις νέες και εκτεταμένες μετακινήσεις των ανθρώπων και των εμπορευμάτων (Black, 2003).

2.3.1.2 Δομή μεταφορικών συστημάτων

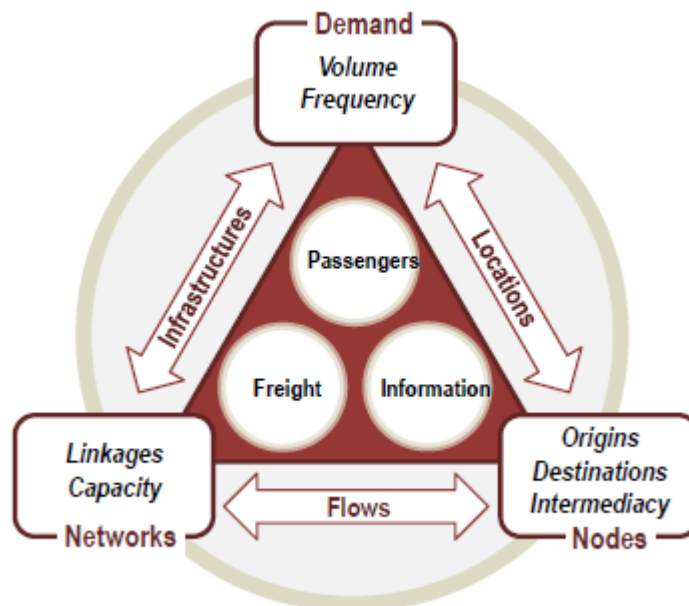
Η νέα γεωγραφία των μεταφορών βασίζεται στην αρχή, ότι ένα δίκτυο μεταφορών είναι ένα σύστημα που υποστηρίζει περίπλοκες σχέσεις και αναπτύσσεται γύρω από τρία κεντρικά μέρη τα οποία απεικονίζονται στην Εικόνα 2. Αυτά είναι τα εξής:

- **Κόμβοι μεταφορών:** Κατά γενική ομολογία η προτεραιότητα των μεταφορών είναι η σύνδεση μεταξύ περιοχών, οι περιοχές αυτές μπορεί να χαρακτηριστούν ως κόμβοι. Ο ρόλος τους είναι εξυπηρετούν ως σημεία πρόσβασης ένα διάσπαρτο σύστημα ή να είναι ενδιάμεσα μέρη μεταξύ άλλων προορισμών. Ως λειτουργία εξυπηρετούν κυρίως

τερματικούς σταθμούς που παράγουν ροές ή τις δέχονται ή ακόμα αποτελούν σταθμούς μετεπιβίβασης από ένα μέσο σε ένα άλλο. Η γεωγραφία των μεταφορών πρέπει να λαμβάνει αυτά τα μέρη ως τοποθεσίες σύγκλισης και φορτοεκφόρτωσης.

- Δίκτυα μεταφορών: Λαμβάνουν υπόψη τη χωρική δομή και την οργάνωση των μεταφορικών υποδομών και των τερματικών σταθμών. Η γεωγραφία των μεταφορών πρέπει να συμπεριλαμβάνει προς διερεύνηση τις δομές (υποδομές και διαδρομές) υποστηρίζοντας και υλοποιώντας κινήσεις.
- Μεταφορική ζήτηση: Λαμβάνει υπόψη τη ζήτηση στις υπηρεσίες των μεταφορών και τα χρησιμοποιούμενα μέσα για την υποστήριξη των μετακινήσεων. Με το που γίνει αντιληπτή αυτή η ζήτηση γίνεται μία αλληλεπίδραση η οποία ρέει μέσα από το δίκτυο των μεταφορών. Η γεωγραφία των μεταφορών πρέπει να αξιολογεί τους παράγοντες που επηρεάζουν τη ζήτηση (Rodrigue, 2020).

Εικόνα 2: Δομή μεταφορικών συστημάτων.



Πηγή: The Geography of Transport Systems, Rodrigue 2020.

2.4 Συμπεράσματα

Είναι γεγονός πως οι μεταφορές αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας και είναι υψίστης σημασίας για την εξέλιξη των κοινωνιών. Ιστορικά οι μεταφορές διαδραματίζουν αυτόν το ρόλο γιατί συνδέουν περιοχές οι οποίες είναι απομακρυσμένες μεταξύ τους και χρειάζεται κάποιο μέσο για να διανυθούν σε εύλογο χρόνο. Πέρα από την μείωση της χρονοαπόστασης αποτελούν παράγοντες που βοηθούν την ανάπτυξη της οικονομίας, διότι εκτός της μεταφοράς επιβατών χρησιμοποιούνται και για τη μεταφορά εμπορευμάτων. Για να μπορέσουν τα μεταφορικά συστήματα να λειτουργήσουν είτε αυτά

είναι χερσαία, εναέρια ή θαλάσσια έχουν απαιτήσεις σε ενέργεια προκειμένου να λειτουργήσουν. Επιπλέον ο πολυκλαδικός χαρακτήρας των μεταφορών κατατάσσει τις μεταφορές σε ένα πολύ ενδιαφέρον κλάδο για μελέτη και έρευνα, παράλληλα οι περιβαλλοντικοί περιορισμοί που υπάρχουν στις μέρες μας και αφορούν στη διαχείριση των φυσικών πόρων και η προώθηση εναλλακτικών μορφών ενέργειας δείχνουν πόσο σημαντικός είναι ο περιβαλλοντικός και δει η κατανάλωση της ενέργειας στις συγκοινωνίες.

Κεφάλαιο 3: Μεταφορές και Ενέργεια

3.1 Γενικά

Η οικονομική ανάπτυξη των τελευταίων δεκαετιών έχει οδηγήσει σε αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης. Από αυτό το φαινόμενο δεν παρεκκλίνουν ο κλάδος των μεταφορών καθώς είναι από τους κυρίαρχους τομείς στην ενεργειακή κατανάλωση (Sun κ.α, 2020). Εκτός της συσχέτισης με την οικονομική ανάπτυξη τα μεταφορικά συστήματα έχουν υψηλές απαιτήσεις σε ενεργειακές ανάγκες με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα σχετικά με την πληρότητα των φυσικών πόρων που αξιοποιούνται για αυτό το σκοπό (Corlu κ.α., 2020).

3.2 Επιπτώσεις των μεταφορών στο περιβάλλον

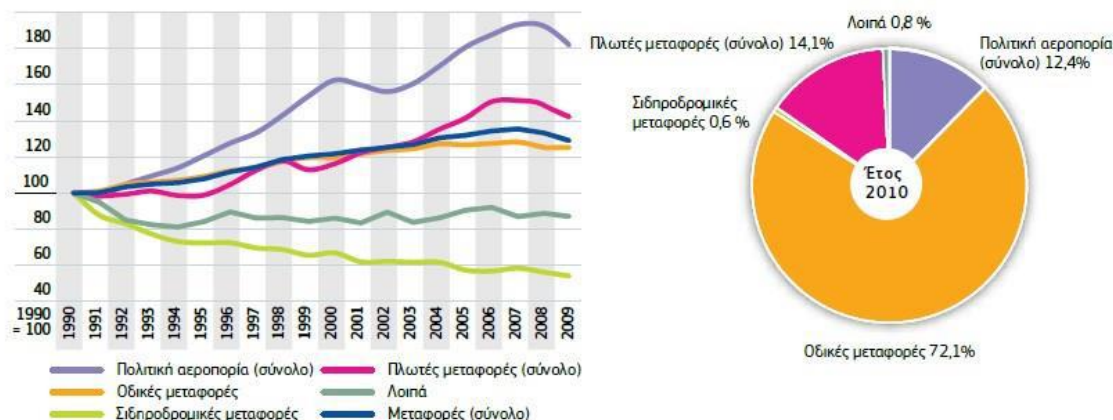
Ο τομέας των μεταφορών κρίνεται απαραίτητος για την ανθρωπότητα αν αναλογιστεί κανείς πως συμβάλλει στην οικονομική ανάπτυξη, στη δημιουργία θέσεων εργασίας, στην επικοινωνία μεταξύ των ανθρώπων, στην αναψυχή, στον τουρισμό αλλά και γενικότερα στις μετακινήσεις εξαιτίας του αυξημένου βιοτικού επιπέδου. Επιπλέον συμβάλλει και είναι αποτελεσματικός στις συνθήκες παγκοσμιοποίησης και της ελεύθερης αγοράς είτε αυτή αφορά σε προϊόντα είτε σε ανθρώπινο κεφάλαιο για εργασία. Εξαιτίας της στροφής που υπάρχει τις τελευταίες δεκαετίες από το δευτερογενή τομέα (ευρεία βιομηχανική παραγωγή) στον τριτογενή τομέα (ευρύς τομέας υπηρεσιών), στον οποίο εντάσσονται και οι μεταφορές. Το γεγονός αυτό έχει αυξήσει ραγδαία τη ζήτηση των μεταφορών από τους χρήστες, δηλαδή τους ανθρώπους, σε ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο. Βέβαια οι περιβαλλοντικές συνέπειες είναι τεράστιες τόσο σε επίπεδο εκπομπών αερίων όσο και σε επίπεδο κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων για την κάλυψη των υπέρμετρων αναγκών που έχουν προκύψει τα τελευταία χρόνια (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Μεταφορές, 2014).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο δεύτερο κεφάλαιο ο τομέας των μεταφορών αποτελείται από τρεις μεγάλους κλάδους οι οποίοι είναι οι οδικές μεταφορές, οι αεροπορικές μεταφορές, η ναυσιπλοΐα και οι σιδηροδρομικές μεταφορές.

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή επιτροπή το 2014 και την Εικόνα 3 διαπιστώθηκε πως οι οδικές μεταφορές αποτελούν το πιο διαδεδομένο και το πιο σημαντικό μέσο μεταφοράς, αναφορικά με τη χρήση του. Όπως είναι απολύτως λογικό από την άνω διαπίστωση ο συγκεκριμένος κλάδος των μεταφορών είναι υπεύθυνος για το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγόμενης ρύπανσης αγγίζοντας το 71% των συνολικών εκπομπών του CO₂ από τις οποίες τα 2/3 αφορούν επιβατικά αυτοκίνητα, κατά αναλογία στα συγκεκριμένα μέσα μεταφορών οφείλεται και η κατανάλωση των ορυκτών πόρων. Ουσιαστικά γίνεται αντιληπτό πως οι υπόλοιποι κλάδοι καταναλώνουν και ρυπαίνουν σε μικρότερο βαθμό. Τις οδικές μεταφορές

ακολουθούν οι μεταφορές που σχετίζονται με τους κλάδους της ναυσιπλοΐας και οι αεροπορικές μεταφορές που ευθύνονται για το 14% και 13% των εκπομπών αντίστοιχα. Ο σιδηρόδρομος φαίνεται να είναι αρκετά πιο πίσω καθώς συμβάλλει στη ρύπανση σε ποσοστό μικρότερο του 1% (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Μεταφορές, 2014).

Εικόνα 3: Στατιστικά στοιχεία Ευρωπαϊκής Επιτροπής.



Πηγή: Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Μεταφορές 2014.

Ο τομέας των μεταφορών είναι από τους σημαντικότερους συντελεστές της ενεργειακής κατανάλωσης αλλά και της παραγωγής αερίων του θερμοκηπίου (Andreoni and Galmarini, 2012). Πρόσφατες μελέτες διαπιστώνουν ότι οι μεταφορικές δραστηριότητες συμβάλλουν στο 23% περίπου των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και περίπου στο 28% του συνόλου της τελικής κατανάλωσης ενέργειας. Εντός της ΕΕ (Ευρωπαϊκής Ένωσης), οι εκπομπές GHG που σχετίζονται με τις μεταφορές αυξήθηκαν κατά περίπου 34% μεταξύ 1990-2008 και σήμερα ο τομέας των μεταφορών είναι η δεύτερη μεγαλύτερη πηγή ρύπανσης του αέρα. Επιπλέον, η ταχεία ανάπτυξη των μεταφορών (1,9% ετησίως για επιβάτες και 2,7% ετησίως για τις εμπορευματικές μεταφορές στην ΕΕ) συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στην αύξηση του μεριδίου των μεταφορών στο σύνολο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, και τείνουν πλέον να ξεπεράσουν τα εν μέρει θετικά αποτελέσματα που παράγονται από την τεχνολογική βελτίωση και την αποδοτικότητα στην ενέργεια. Όλες οι εξεταζόμενες χώρες της ΕΕ, με εξαίρεση τη Γαλλία (-11,4%), αύξησαν τις εκπομπές CO₂ μεταξύ του 2001 και του 2008. Μεταξύ 2001 και 2008, τόσο ο τομέας της ναυσιπλοΐας όσο και ο τομέας των αερομεταφορών αύξησαν σε μεγάλο βαθμό την παραγωγή εκπομπών CO₂. Αυτό σημαίνει ότι η αυξανόμενη ζήτηση για μεταφορές, τόσο για τους επιβάτες όσο και για τις εμπορευματικές μεταφορές στο νερό και τον αέρα, είναι ο κύριος παράγοντας για τις παρατηρούμενες αυξανόμενες εκπομπές (Andreoni and Galmarini, 2012). Ωστόσο, υπάρχει μείωση του μεριδίου του τομέα των αερομεταφορών στο συνολικό ΑΕΠ. Ενώ αντίθετα, σε επίπεδο ΕΕ, η ναυσιπλοΐα αύξησε τη σχετική σημασία της στο συνολικό ΑΕΠ. Σε γενικές

γραμμές, πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη προσοχή στις προσανατολισμένες πολιτικές προς την προώθηση της τεχνολογικής προόδου, της ποιότητας και της αποδοτικότητας των καυσίμων, εξετάζοντας επίσης τις συνολικές επιπτώσεις που δημιουργούνται από την οικονομική ανάπτυξη. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αφενός η οικονομική ανάπτυξη μπορεί να στηρίξει επενδύσεις τεχνολογίας και ενεργειακής απόδοσης προκειμένου να μειωθούν οι εκπομπές, αφετέρου η αυξανόμενη παραγωγή συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στην αύξηση της ζήτησης μεταφορών και στη συνέχεια στην αύξηση των εκπομπών που προκαλούνται από τις μεταφορές.

3.3 Ενεργειακή κατανάλωση στις μεταφορές

Στη συγκεκριμένη εργασία θα γίνει μία προσπάθεια για εστίαση στα οφέλη που μπορούν να παραχθούν από την εξοικονόμηση των καυσίμων που προαναφέρθηκαν και πως μπορούν αυτά να επιτευχθούν αυτά μέσω κάποιων συγκεκριμένων δεικτών. Όπως η μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο, η μείωση του κόστους μεταφοράς, μείωση των εκπομπών του CO₂ και αύξηση της βιωσιμότητας των ενεργειακών πόρων. Παρ' όλα αυτά βιώσιμες μεταφορές δεν σημαίνουν αποκλειστικά χαμηλές εκπομπές CO₂ αν και πολλές φορές στη βιβλιογραφία συγγέεται εσφαλμένα. Η αλήθεια είναι πως τα ενεργοβόρα συστήματα αστικών μεταφορών αποτελούν απλώς ένα από τα συμπτώματα του κακού σχεδιασμού που επικρατεί σε αρκετές πόλεις. Γι' αυτό το λόγο η σφαιρική προσέγγιση του φαινομένου είναι αναγκαία.

Η ενεργειακή πρόκληση είναι ένα από τα μεγαλύτερα ζητήματα που αντιμετωπίζει η Ευρώπη σήμερα. Σύμφωνα με την Eurostat, το 2012, οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης κατανάλωσαν 1104 Mtoe, περίπου το 15% της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας. Το ένα τρίτο αυτής της ποσότητας καταναλώθηκε στον τομέα των μεταφορών. Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται μία αποσύνδεση των επιπέδων κατανάλωσης ενέργειας με αυτά του ΑΕΠ, παρά το γεγονός ότι οι μεταφορές αντλούν μεγάλη ποσότητα ενέργειας σε σχέση με τους υπόλοιπους τομείς. Αναλύοντας της κατανάλωση ενέργειας των μεταφορών στις 27 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης παρατηρείται ότι υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ των χωρών. Κάποιοι παράγοντες που οφείλονται για τις παραπάνω αποκλίσεις είναι οι εισοδηματικές διαφορές, οι τιμές των καυσίμων σε κάθε χώρα, οι αστικές δομές και ο διαφορετικός τρόπος ζωής.

Τα τελευταία χρόνια έχει επιτευχθεί σημαντική πρόοδος τόσο στην τεχνολογία των μεταφορών, όσο και στην σύνθεση των καυσίμων. Η κατανάλωση των νέων οχημάτων έχει μειωθεί κατά 2,1%/έτος. Επίσης, οι κυβερνήσεις για να περιορίσουν την κατανάλωση ενέργειας των μεταφορών έχουν αυξήσει τους φόρους στα οχήματα με υψηλή κατανάλωση ενέργειας. Ωστόσο, ούτε οι χαμηλές ενεργειακές αποδόσεις, ούτε τα φορολογικά μέτρα έχουν αποδείξει ότι μπορούν να μειώσουν την ποσότητα ενέργειας που καταναλώνεται στον

τομέα των μεταφορών. Η χρήση των ιδιωτικών οχημάτων κυριαρχεί έναντι των δημοσίων μέσων μεταφοράς (European Commission, 2012).

Μέχρι στιγμής, σχετικά λίγοι ερευνητές έχουν ερευνήσει εμπειρικά τη σύνδεση μεταξύ δομημένου περιβάλλοντος και χρήση ενέργειας στις μεταφορές. Μπορεί να οφείλεται στην έλλειψη αξιόπιστων ενεργειακών δεδομένων ή επειδή συχνά γίνεται η υπόθεση ότι όταν διανύονται μεγαλύτερες αποστάσεις, καταναλώνεται περισσότερη ενέργεια. Επιπλέον, πολλές μελέτες, όπως εκείνη των Dodson και Sipe (2008), εστιάζουν στο ταξίδι από το σπίτι στη δουλειά μόνο για να ποσοτικοποιήσουν τη βιωσιμότητα των μεταφορικών μοντέλων. Μόνο σε μελέτες που επικεντρώνονται σε μια μικρή κλειστή περιοχή, έχουν πραγματοποιηθεί διαφορετικά είδη μεταφορικών μοντέλων, όπως έγινε από τους Xue κ.α. (Xue, κ.α., 2014). Ακόμη λιγότερο καθοριστικός παράγοντας είναι ο βαθμός στον οποίο η αστική μορφολογία επηρεάζει την κατανάλωση ενέργειας των νοικοκυριών. Ορισμένοι συγγραφείς πιστεύουν ότι παράγοντες δομημένου περιβάλλοντος, όπως για παράδειγμα η υψηλή πυκνότητα δομημένου περιβάλλοντος αναμένεται να οδηγήσει σε μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στις μεταφορές (Newman & Kenworthy, 1988; Noland, κ.α., 2010). Κάποιοι είναι πιο προσεκτικοί και προτείνουν πως ο παράγοντας της αστικής μορφολογίας δεν διαδραματίζει τόσο σημαντικό ρόλο στην κατανάλωση ενέργειας. Άλλοι παράγοντες, όπως το εισόδημα και οι τιμές των καυσίμων επηρεάζουν περισσότερο τις μεταφορές και την κατανάλωση ενέργειας (Susilo και Stead 2008). Παρά το δομημένο περιβάλλον, τα πρότυπα κινητικότητας και η κατανάλωση ενέργειας αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, υπάρχουσες μελέτες έχουν διερευνήσει πώς το δομημένο περιβάλλον επηρεάζει την ταξιδιωτική συμπεριφορά και την κατανάλωση και εκπομπή ενέργειας με μεμονωμένο τρόπο. Μόνο τα τελευταία χρόνια μελέτες όπως του Liu και του Shen (2011) ή των Brownstone και Golob (2009) προσπάθησαν να παράξουν ενοποιημένες εικόνες της σχέσης μεταξύ δομημένου περιβάλλοντος, συμπεριφοράς ταξιδιού και κατανάλωσης ενέργειας στις μεταφορές. Αυτές οι μελέτες έχουν καθορίσει και εκτιμήσει μοντέλα δομικών εξισώσεων. Μια πολύ ισχυρή τεχνική στατιστικής μοντελοποίησης είναι αυτή που είναι ικανή να χειριστεί μεγάλο αριθμό ενδογενών και εξωγενών μεταβλητών και να εκτιμήσει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους. Αυτές οι μεταβλητές υπολογίζοντας τις άμεσες επιδράσεις, τις έμμεσες επιδράσεις και τις συνολικές επιδράσεις.

Κάποιοι από τους δείκτες και τις μεταβλητές, τις οποίες χρησιμοποίησαν οι ερευνητές για να εξετάσουν το φαινόμενο είναι:

- **Μέγεθος πόλης:** Η ενεργειακή απόδοση αναμένεται να αυξάνεται με την αύξηση του πληθυσμού, αλλά όταν το μέγεθος της πόλης είναι πάνω από το κρίσιμο επίπεδο, η ενεργειακή απόδοση τείνει να μειωθεί λόγω συμφόρησης.
- **Αστική Δομή:** Η ενεργειακή απόδοση είναι γενικά χαμηλή στις μονοπυρηνικές πόλεις, ενώ η ενεργειακή απόδοση είναι υψηλή στις πολυπύρηνες πόλεις.

- **Πυκνότητα οδικού δικτύου:** Η αύξηση της πυκνότητας του οδικού δικτύου αναμένεται να αυξήσει την ενεργειακή κατανάλωση. Σύμφωνα με την έννοια της επαγόμενης ζήτησης, η αύξηση της χωρητικότητας του οδοστρώματος οδηγεί σε αύξηση της κίνησης των οχημάτων στις οδικές αρτηρίες (και στο συνολικό δίκτυο) σε σχέση με την κίνηση που προϋπήρχε πριν την προσθήκη.
- **Πυκνότητα πληθυσμού:** Η πυκνότητα έχει αντίστροφη επίδραση στην κατανάλωση ενέργειας. Η αύξηση της πυκνότητας σχετίζεται με i) μικρότερο δανεισθείσα απόσταση, ii) υψηλότερη χρήση δημόσιων συγκοινωνιών.

Επιπλέον, δείκτες που δύνανται να χρησιμοποιηθούν για την ποσοτικοποίηση της συμβολής του τομέα των μεταφορών στην ενεργειακή κατανάλωση είναι οι μέσες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά επιβατικό αυτοκίνητο, καθώς και η ενεργειακή ένταση των μεταφορών στο ΑΕΠ. Ο πρώτος ορίζεται ως ο μέσος όρος των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ανά χλμ. από τα καινούρια επιβατικά αυτοκίνητα που καταχωρούνται σε ένα δεδομένο έτος και εκφράζεται σε γραμμάρια CO₂/χλμ.. Ο δεύτερος υπολογίζεται ως ο λόγος της κατανάλωσης ενέργειας προς το ΑΕΠ και εκφράζεται σε χιλ. τόνους ισοδύναμου πετρελαίου ανά μονάδα χρήματος. Η ενεργειακή ένταση καθορίζεται από πολλούς παράγοντες, οι οποίοι μπορεί να είναι η δομή της οικονομίας, η συναλλαγματική ισοτιμία, το μέγεθος μιας χώρας, το κλίμα κ.ά. (IEA, 2014)

Μία άλλη προσέγγιση αφορά μία μελέτη που έγινε στην Τυνησία. Η μελέτη αυτή στηρίζεται σε δεδομένα χρονολογικών σειρών για τη χώρα και πιο συγκεκριμένα από το 1985-2014 που αφορούν στη συμβολή των μεταφορών για την κατανάλωση ενέργειας. Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με τη χρήση του δείκτη LMDI (Logarithmic Mean Decomposition Index). Κύριος στόχος της χρήσης του δείκτη αυτού είναι η αποσύνθεση των παραγόντων που επηρεάζουν την ενεργειακή κατανάλωση στις μεταφορές. Με αυτόν τον τρόπο «φαίνεται» η επιρροή που ασκεί ο κάθε παράγοντας στην κατανάλωση ενέργειας. Βάση του Kaya Identity διαμορφώνεται η παρακάτω εξίσωση:

$$E^t = \sum_i \frac{E^t}{V_i^t} \times \frac{V_i^t}{V^t} \times \frac{V^t}{GDP^t} \times \frac{GDP^t}{P^t} \times P^t$$

Στην άνω εξίσωση ο δείκτης t συμβολίζει τον αριθμό των χρόνων, ενώ ο δείκτης i αναφέρεται στο μεταφορικό μέσο (αυτοκινητόδρομοι, συρμοί, αεροπλοΐα, ακτοπλοΐα). E^t είναι η συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε χρόνο t , GDP είναι το ΑΕΠ, ενώ P είναι ο πληθυσμός και V^t είναι το σφάλμα μεταφοράς για κάθε μέσο σε συγκεκριμένο χρόνο. Επιπρόσθετα η εξίσωση μπορεί να πάρει αυτή τη μορφή:

$$E^t = \sum_i E_i^t = \sum_i G_i^t \times S_i^t \times K^t \times L^t$$

Όπου, $G_i^t = \frac{E_i^t}{V_i^t}$ είναι η κατανάλωση ενέργειας από το καλυμμένο λάθος για μέσο ίσε χρονική στιγμή t , $S_i^t = \frac{V_i^t}{V^t}$ είναι η κατανομή σε μέσο i για χρόνο t . $K^t = \frac{V^t}{GDP^t}$ είναι η ένταση κυκλοφορίας σε χρόνο t και $L^t = \frac{GDP^t}{p^t}$ είναι το κατά κεφαλήν ΑΕΠ σε χρόνο t (Achour & Belloumi, 2016).

Σε άλλες περιπτώσεις σύμφωνα με τους ερευνητές H Achour και M. Belloumi το 2016 έχει γίνει διαχωρισμός σε δύο μοντέλα το ένα αφορά στο οδικό δίκτυο και το άλλο αφορά στο σιδηροδρομικό. Οι μεταβλητές και οι δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν για τα δύο μοντέλα είναι τα εξής:

- Οι κατά κεφαλήν εκπομπές CO₂ (μετρικοί τόμοι).
- Το κατά κεφαλήν ΑΕΠ (σταθερές τιμές του 2005).
- Η κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας στα οδικά τμήματα (ktoe).
- Η κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας στα σιδηροδρομικά τμήματα (ktoe).
- Η κατά κεφαλήν προστιθέμενη αξία από τις μεταφορές (σταθερές τιμές 2005).
- Η οδική υποδομή ανά κάτοικο (χιλιόμετρα).
- Η σιδηροδρομική υποδομή ανά κάτοικο (χιλιόμετρα).

Ο Sarkar και άλλοι (2016), προχώρησαν σε προηγμένες μοντελοποιήσεις, οι οποίες εφαρμόζονται για την ανάλυση και την προσομοίωση των μεταφορών ως ένα πολυπαραγοντικό σύστημα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα συνδεδεμένα και αυτοματοποιημένα οχήματα. Τα οποία αποτελούν τάση στην επιστήμη αποφάσεων κινητικότητας αλλά και στις επιστήμες της αστικής ανάπτυξης και της πολεοδομίας. Προφανώς ανταποκρίνονται και στον γενικότερο κλάδο των μεταφορών και των αστικών υποδομών (Sarkar κ.α., 2016).

Μία νέα τάση για το πρόβλημα της υπερκατανάλωσης της ενέργειας είναι η μικροκινητικότητα, η οποία αποτελεί ένα σημαντικό τομέα. Έπειτα από ορθό σχεδιασμό μπορεί να ενσωματωθεί και να διαδραματίσει σημαντικό δομικό στοιχείο στη μεταστροφή των έξυπνων συστημάτων κυκλοφορίας, που αποσκοπούν σε μετακινήσεις που είναι ευνοϊκότερες αναφορικά με την ενεργειακή κατανάλωση. Για την εξοικονόμηση ικανοποιητικών ποσοτήτων ενέργειας σε μικρές αποστάσεις ενδείκνυται η χρήση ηλεκτρικών ποδηλάτων και ηλεκτρικών σκούτερ. Βάση αναλύσεων που έγιναν στο Pittsburgh των ΗΠΑ, εκτιμήθηκε πως η ενεργειακή κατανάλωση είναι δυνατό να

παρουσιάσει μείωση της τάξεως του 50% σε μικρές αποστάσεις. Επιπλέον η εξοικονόμηση αυτή είναι εύκολα αντιληπτή και στον τελικό χρήστη με οικονομικούς όρους καθώς οι δαπάνες του για ενέργεια στον κλάδο των μεταφορών (αστικές μετακινήσεις) με αυτού του είδους τα μέσα δεν είναι τόσο κοστοβόρες. Ακόμη, μέσα από αυτή την έρευνα έχει προκύψει συμφωνία με την πολιτεία για την ένταξη στους δημογραφικούς στόχους των μεταφορών και υλοποίησή της έως το 2030 (Sengul και Mostofi, 2021).

Στον Ευρωπαϊκό χώρο η περιαγωγή ενέργειας με ηλεκτρικά οχήματα και οι αντίστοιχοι εγκατεστημένοι φορτιστές σε σημαντικούς κόμβους των πόλεων αποτελούν ένα κλάδο που βρίσκεται σε ραγδαία ανάπτυξη. Έτσι έχει εντοπιστεί μία διαφοροποιημένη ανακατανομή της ενέργειας που όμως για να είναι σε θέση να εφαρμοστεί με ορθό τρόπο πρέπει να γίνουν κατάλληλες έρευνες. Ορισμένες στρατηγικές έχουν διατυπωθεί για τις άνω εφαρμογές, οι οποίες είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν τα βασικά ζητήματα της ανακατανομής αυτής, ώστε να καθιστούν ως βιώσιμες οι ενεργειακές αυτές μεταβολές. Δηλαδή η κατάλληλη χωροθέτηση των σταθμών φόρτισης και των σταθμών για την περιαγωγή ρεύματος, πέραν της επιστημονικής αυτής προσέγγισης οι στρατηγικές πρέπει να εστιάζουν και στον τρόπο με τον οποίο θα γίνει η οικονομική υλοποίηση τέτοιων εγκαταστάσεων, ώστε να καθοριστούν οι επιχειρηματικές κοινοπραξίες και να οριστούν τα αντίτιμα αυτών των εγκαταστάσεων ώστε να είναι βιώσιμα σαν επενδύσεις αλλά και οικονομικά προσιτά στους καταναλωτές (Ferwarda κ.α., 2018).

Σύμφωνα με τον Lin και άλλους το 2019 αν η μεταστροφή από τα παραδοσιακά μέσα μαζικής μεταφοράς σε σύγχρονα ηλεκτροκίνητα οχήματα γίνει σε μεγάλο ποσοστό, τότε θα αυξηθούν και τα απαιτούμενα αποθέματα ηλεκτρικής ενέργειας και θα υπάρξει ανάγκη για την κατασκευή σημειακών υποδομών φόρτισης στα μεγάλα αστικά κέντρα. Η έρευνα εστιάστηκε στα ηλεκτρικά λεωφορεία με ταυτόχρονη χωροθέτηση σταθμών γρήγορης φόρτισης με ταυτόχρονη εξέταση πολλών στρατηγικών σχεδίων ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη απόδοση για το κοινωνικό σύνολο. Πάντως υπερτονίστηκε η σημασία εισαγωγής μεγάλων αρχικών προϋπολογισμών για να υλοποιηθεί η μεγαλύτερη μελλοντική εξοικονόμηση λειτουργικού κόστους. Το αποτέλεσμα της άνω ρήσης οδηγεί σε στρατηγικές που οδηγούν στην κατασκευή περισσότερων σταθμών από την αρχή του έργου για να είναι δυνατή η ικανοποίηση της μέγιστης μελλοντικής προβλεπόμενης ζήτησης (Lin κ.α., 2019).

Πλέον των άνω η αύξηση της ζήτησης στον κλάδο της ηλεκτροκίνησης οδηγεί σε εκτεταμένες ανάγκες υλικοτεχνικής υποδομής όπως είναι οι σταθμοί φόρτισης που ασκούν σημαντική επιρροή στο ενεργειακό προφίλ των αστικών περιοχών. Αυτό αποτέλεσε έναυσμα για τους ερευνητές ώστε να προσδιοριστεί το αποτύπωμα των νεοεισαχθέντων φορτίων στη σταθερότητα της τάσης του υπάρχοντος ενεργειακού πλέγματος, τους δείκτες αξιοπιστίας, τις απώλειες ισχύος και τις οικονομικές διακυμάνσεις. Επιπλέον πρότειναν νέους δείκτες για την όσο το δυνατό καλύτερη τοποθέτηση των νέων ταχυφορτιστών για την καλύτερη

αποτελεσματικότητα ένταξης στο σύστημα χωρίς να αποδυναμωθεί το υφιστάμενο δίκτυο (Deb, κ.α., 2018).

Τα ηλεκτρικά οχήματα (EVs) όπως είναι αναμενόμενο διεισδύουν όλο και περισσότερο στα υπάρχοντα ηλεκτρικά δίκτυα επιφέροντας πολλά προβλήματα τα οποία θα πρέπει να λυθούν από τους μηχανικούς. Κυριότερο μέλημα αποτελεί η ενσωμάτωση των EVs στα έξυπνα πλέγματα και ειδικότερα σε χώρους όπου συγκεντρώνονται μεγάλα φορτία, φερ' ειπείν οι χώροι στάθμευσης. Η μελέτη που έγινε από τον Ioakimidi και άλλους με τη χρήση πραγματικών δεδομένων για την κατανάλωση ενέργειας κτιρίων και χώρων στάθμευσης. Κύριος σκοπός είναι ο βέλτιστος προγραμματισμός που αφορά τη διαδικασία φόρτισης και εκφόρτισης των EVs μέσα στα προκαθορισμένα όρια και την αποτελεσματικότερη εξομάλυνση του κτιριακού προφίλ κατανάλωσης. Ενδεικτικά τα αποτελέσματα της έρευνας προσεγγίζουν σε ικανοποιητικό βαθμό τους προκαθορισμένους στόχους για τη βέλτιστη πλήρωση της ενεργειακής κοιλάδας και ρύθμιση της κατανάλωσης σε διαφορετικές ωριαίες περιόδους σε καθημερινό επίπεδο. Ακόμη τα ευρήματα της μελέτης δυνητικά εγγυόνται την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας σε μελλοντικά συμβόλαια διμερούς σύμβασης, ενισχύοντας το διαπραγματευτικό πλεονέκτημα παρόχων και καταναλωτών (Ioakimidis κ.α., 2018).

Σε παρόμοια έρευνα (Al-Bahrani κ.α., 2020) που αφορά στόλους ηλεκτροκίνητων οχημάτων περί προβλημάτων δυναμικής αποστολής οικονομικών εκπομπών (Dynamic Economic Emission Dispatch, DEED) και διαφορετικών περιορισμών λειτουργικής ισότητας, έχουν αναπτυχθεί για τον υπολογισμό της ζήτησης ισχύος αρκετά εξελιγμένοι αλγόριθμοι. Βάσει αυτών των αλγορίθμων επιτυγχάνεται σε μεγάλο βαθμό η εξομάλυνση των κορυφών και των κοιλάδων του ενεργειακού προφίλ (Crest shaving and Valley filling).η ελαχιστοποίηση του κόστους λειτουργίας καυσίμων (Operating Fuel Cost) και εκπομπών αποτελούν τα βασικά πλεονεκτήματα της παραπάνω τεχνικής. Με αυτόν τον τρόπο ενισχύονται η ευελιξία, η οικονομία, το περιβάλλον και η αξιοπιστία των συστημάτων παραγωγής ενέργειας (Al-Bahrani κ.α., 2020).

3.4 Ελληνική στρατηγική

Σύμφωνα με την ιστοσελίδα του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας, στην ενότητα του κεφαλαίου Εξοικονόμηση – Ενεργειακή Αποδοτικότητα για τον κλάδο των Μεταφορών ισχύουν τα κάτωθι:

3.5.1. Τα καύσιμα στις μεταφορές

Το 2003, είχε υπολογιστεί ότι στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης μερίδιο 30% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας αντιστοιχούσε στον τομέα των μεταφορών, είχε διαπιστωθεί ότι η τάση ήταν αυξητική και ότι από αυτό το μερίδιο το 98% αντιστοιχούσε στην κατανάλωση παραγώγων πετρελαιοειδών προϊόντων.

Τις μεταφορές σήμερα, είτε αυτές αφορούν ανθρώπους είτε εμπορεύματα, τις διακρίνουμε σε τρεις ιδιαίτερες κατηγορίες: τις επίγειες χερσαίες, τις θαλάσσιες και τις

αεροπορικές. Οι δύο τελευταίες, πλην ελαχίστων άκρως περιορισμένων και εξειδικευμένων εξαιρέσεων, χρησιμοποιούν κοινή πηγή ενέργειας τα συμβατικά υγρά καύσιμα, τα οποία είναι προϊόντα διύλισης αργού πετρελαίου.

Οι επίγειες μεταφορές, έχουν μια διαφοροποίηση ως προς την πηγή ενέργειας τους έναντι των άλλων δύο. Τα συμβατικά καύσιμα εδώ δεν είναι η μοναδική πηγή ενέργειας. Μπορεί να κατέχουν τη μερίδα του λέοντος, αλλά στις επίγειες μεταφορές υπάρχει η δυνατότητα και γίνονται σημαντικές προσπάθειες για όλο και μεγαλύτερη διείσδυση στο ενεργειακό τους μείγμα και άλλων πηγών ενέργειας, χρόνο με το χρόνο σε όλο και μεγαλύτερο ποσοστό.

Μία από αυτές τις εναλλακτικές πηγές ενέργειας, η δεύτερη σημαντικότερη του τομέα, είναι η ηλεκτρική ενέργεια, η οποία εισέβαλε στο προσκήνιο παλαιότεν με τραίνα, τραμ, μετρό, τρόλεϊ και πρόσφατα επεκτείνεται και με ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα. Άλλη πηγή, είναι τα ανανεώσιμα καύσιμα, κύρια τα βιοκαύσιμα βιοντίζελ και βιοαιθανόλη, τα οποία σπανιότερα σε αυτούσια μορφή και συνηθέστερα σαν πρόσμικτα σε διαφορετικά ποσοστά στο πετρέλαιο και την βενζίνη αντίστοιχα, εκτοπίζουν σταθερά τα συμβατικά καύσιμα από τη χρήση τους στις επίγειες μεταφορές. Σημαντικές επίσης ερευνητικές και πειραματικές προσπάθειες γίνονται σήμερα για την ανάπτυξη νέων ανταγωνιστικών τεχνολογιών και για την εξασφάλιση βιώσιμων οικονομικά και περιβαλλοντικά ενεργειακών πηγών και εναλλακτικών καυσίμων, σε αντικατάσταση των συμβατικών υγρών καυσίμων. Οι κυνέλες καυσίμων, το υδρογόνο και τα φωτοβολταϊκά, βρίσκονται σε δοκιμαστικό στάδιο τα τελευταία χρόνια και πιστεύουμε πως σύντομα οι επιστήμονες και οι διεθνείς εξελίξεις θα τα προωθήσουν σε ευρύτερη εμπορική χρήση.

3.5.1.2 Η εξοικονόμηση ενέργειας στις μεταφορές

Τρεις είναι οι βασικοί άξονες γύρω από τους οποίους θα πρέπει να στραφούμε για να επιτύχουμε θετικά αποτελέσματα στον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας στις μεταφορές:

- Ορθολογική, επιλεκτική και βέλτιστη χρήση των διαθέσιμων μέσων μεταφοράς (περπάτημα, ποδήλατο, χρήση μέσων μαζικής μεταφοράς, εκμετάλλευση της βέλτιστης μεταφορικής ικανότητας ενός οχήματος μεταφοράς).
- Χρήση οχημάτων τα οποία ενσωματώνουν τεχνολογίες υψηλής απόδοσης (υψηλή απόδοση σημαίνει καλύτερη εκμετάλλευση της καταναλισκόμενης ενέργειας, παραλαβή περισσότερης ωφέλιμης ενέργειας από την ούτως ή άλλως καταναλισκόμενη)
- Οικολογική/ οικονομική οδήγηση με την έννοια της ελαχιστοποίησης της καταναλισκόμενης ενέργειας ανά επιβάτη και χιλιόμετρο διανυθείσας απόστασης (χρήση μεγάλης σχέσης μετάδοσης που συνδέεται με χαμηλές στροφές κινητήρα και κατά το δυνατόν σταθερή ταχύτητα χωρίς απότομες αυξομειώσεις)

3.5.1.3 Οφέλη από την εξοικονόμηση καυσίμων

- Μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο και τους εξωγενείς ενεργειακούς πόρους και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου.

- Μείωση του κόστους μεταφοράς, με άμεση συνέπεια στην αύξηση των διαθέσιμων οικονομικών πόρων.
- Μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα και του ρυθμού της κλιματικής αλλαγής.
- Μείωση των επικίνδυνων υποπροϊόντων καύσης και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.
- Αύξηση της βιωσιμότητας των ενεργειακών πόρων.

3.5.1.4 Η έννοια της κατανάλωσης καυσίμου στις οδικές μεταφορές

Με τον όρο κατανάλωση καυσίμου εννοούμε την ποσότητα του καυσίμου που καταναλώνουμε για να διανύσουμε μια συγκεκριμένη απόσταση. Στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), έχει επικρατήσει ο όρος «κατανάλωση καυσίμου» να εκφράζει την ποσότητα των λίτρων που απαιτούνται από ένα όχημα για την κάλυψη 100 χιλιομέτρων (liters/100km). Έτσι, για παράδειγμα, όταν ακούμε ότι ένα ΙΧ έχει κατανάλωση 7,4 λίτρα, καταλαβαίνουμε ότι αυτό το αυτοκίνητο για να διανύσει μία απόσταση 100 χιλιομέτρων χρειάζεται 7,4 λίτρα. Είναι προφανές λοιπόν ότι όσο μικρότερη είναι η κατανάλωση καυσίμου ενός οχήματος, τόσο οικονομικότερο είναι σαν όχημα στη χρήση του, και τόσο φτηνότερη είναι η μεταφορά με αυτό.

Ένας άλλος τρόπος έκφρασης της κατανάλωσης ενός οχήματος είναι με την ποσοτικοποίηση του αριθμού των διανυόμενων χιλιομέτρων ανά μονάδα καταναλισκόμενου καυσίμου. Αυτός ο τρόπος δεν είναι απόλυτα σωστός και σύμφωνος με τον όρο αλλά χρησιμοποιείται. Είναι ουσιαστικά το αντίστροφο του προηγούμενου ορισμού, και εκφράζει τον αριθμό των χιλιομέτρων τα οποία μπορεί να διανύσει το όχημα για κάθε λίτρο καυσίμου που καίει (χλμ/λίτρο). Έτσι, για παράδειγμα το ίδιο όχημα που έχει κατανάλωση 7,4 λίτρα στα 100 χλμ, με ένα λίτρο καυσίμου διανύει 13,5 χλμ.

3.5.1.5 Παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση καυσίμου στα οχήματα οδικών μεταφορών

Οι σπουδαιότεροι από τους παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση καυσίμου στα οχήματα οδικών μεταφορών είναι:

Η τεχνολογία και η απόδοση του κινητήρα

Δύο είναι οι βασικές τεχνολογίες κινητήρων εσωτερικής καύσης, οι οποίες κατηγοριοποιούν τα οχήματα σήμερα και έχουν επικρατήσει στις οδικές μεταφορές: Οι βενζινοκινητήρες, ή κινητήρες Όττο από το επώνυμο του εφευρέτη τους, οι οποίοι χρησιμοποιούν πτητικά καύσιμα (βενζίνη), είναι ελαφρύτερες κατασκευές, λειτουργούν με χαμηλότερες πιέσεις και σπινθηριστές και έχουν βαθμό απόδοσης περί το 30% Οι ντιζελοκινητήρες, ή κινητήρες Ντίζελ από το επώνυμο του εφευρέτη τους, οι οποίοι χρησιμοποιούν μη πτητικά καύσιμα

(πετρέλαιο), είναι βαρύτερες κατασκευές, λειτουργούν με υψηλότερες πιέσεις, χωρίς σπινθηριστές (με αυτανάφλεξη) και έχουν βαθμό απόδοσης 45%. Η απόδοση όμως ενός κινητήρα, ως μη γελιόμαστε, δεν εξαρτάται μόνο από τον τύπο του (βενζινοκινητήρας ή ντιζελοκινητήρας), ο οποίος θεωρητικά καθορίζεται από τον βαθμό απόδοσής του λόγω του θερμοδυναμικού του κύκλου, αλλά και από την παλαιότητα, τις φθορές και την αρχική κατασκευαστική του ποιότητα.

Το είδος και η απόδοση του καυσίμου

Δύο είναι τα κυρίαρχα είδη υγρών καυσίμων που χρησιμοποιούνται σήμερα στις επίγειες μεταφορές, η βενζίνη και το πετρέλαιο. Η επιλογή του ενός ή του άλλου είναι αναγκαστική και υπαγορεύεται από τον τύπο του κινητήρα του οχήματος. Τα καύσιμα κατατάσσονται με διάφορους τρόπους. Ένας τρόπος κατάταξης και ταυτόχρονα αξιολόγησης είναι με βάση την απόδοσή τους, δηλαδή την αξία του ενεργειακού τους περιεχόμενου. Ο όρος θερμογόνος δύναμης καυσίμου εκφράζει αυτό ακριβώς, δηλαδή το ποσό της ενέργειας το οποίο αποδίδεται από την καύση μιας μοναδιαίας ποσότητας καυσίμου (π.χ. kWh/kg ή kWh/liter, MJ/kg ή MJ/liter, kcal/kg ή kcal/liter). Η θερμογόνος δύναμης δεν εξαρτάται μόνο από τον τύπο καυσίμου (π.χ. ντίζελ ή βενζίνη), αλλά και από την ποιότητα του, η οποία εξαρτάται από τον τόπο προέλευσης και τη σύστασή του, τον τρόπο και τη διαδικασία παραγωγής του, τα πρόσθετα, τις προδιαγραφές, την εμπορική του ονομασία και τον ποιοτικό έλεγχο της εταιρίας που το εγγυάται.

Τα χαρακτηριστικά και η κατάσταση του οχήματος

Μπορεί τα αγωνιστικά αυτοκίνητα να μην είναι οικονομικά, αλλά σίγουρα οι σχεδιαστές τους έχουν λάβει υπόψη τους όλους τους παράγοντες που θα εξοικονομούσαν καύσιμο. Η μετωπική επιφάνεια, η αεροδυναμική και το βάρος είναι τα στοιχεία που συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον για έρευνα, ανάπτυξη και βελτιστοποίηση. Επειδή εχθρός του καλού είναι το καλύτερο, επιστήμονες, τεχνολόγοι και σχεδιαστές δεν πρόκειται ποτέ να σταματήσουν τον αγώνα για τη μείωση της αντίστασης του αέρα, τη μείωση των τριβών, την αύξηση της αντοχής των υλικών με ταυτόχρονη μείωση του βάρους των κατασκευών. Ο ευαισθητοποιημένος υποψήφιος αγοραστής οχήματος, ο οποίος θέλει να μετακινείται οικονομικά, αν δεν είναι οδηγός αγώνων ταχύτητας, δεν θα κοιτάζει μόνο την μικρή μετωπική επιφάνεια, την τέλεια αεροδυναμική και τα ελαφρά κι ανθεκτικά κράματα (κάμπριο, αεροτομές, τιτάνια κι αλουμινένιες ζάντες). Το είδος της κυρίαρχης χρήσης και η εκπλήρωση των αναγκών που πηγάζουν από αυτήν, θα πρέπει να είναι το πρωταρχικό στοιχείο για την επιλογή του τύπου, του μεγέθους και του κυβισμού του οχήματος μεταφοράς μας. Η τακτική συντήρηση πέρα από ασφάλεια, μακροπρόθεσμα σημαίνει και οικονομία. Αξίζει να θυμάται κανείς ότι οι ρυθμισμένοι κινητήρες, τα λαδωμένα και γρασαρισμένα κινούμενα μέρη αλλά και η πίεση του αέρα των ελαστικών, η οποία θα πρέπει να είναι

σύμφωνη με τις προδιαγραφές του τύπου και του βάρους του οχήματος, αποδεδειγμένα εξοικονομούν σημαντικές ποσότητες καυσίμου.

Το είδος της διαδρομής

Οι κατασκευαστές έχουν τυποποιήσει σε τρεις κατηγορίες το είδος οδήγησης, κατηγοριοποιώντας ως προς το είδος της διαδρομής, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως ο αριθμός των στάσεων και επανεκκινήσεων, οι αυξομειώσεις ταχύτητας, η μέγιστη, η ελάχιστη και η μέση ταχύτητα. Έτσι για κάθε συγκεκριμένο όχημα μαζί με τα άλλα τεχνικά χαρακτηριστικά του οχήματος, παρέχονται και στοιχεία κατανάλωσης καυσίμου για τρεις διαφορετικούς οδηγικούς κύκλους: Αστικό, Μικτό και Εκτός πόλης, με παραδείγματα αντίστοιχων καταναλώσεων 8.4 λίτρα/100 χλμ., 6.4 λίτρα/100 χλμ. και 5.3 λίτρα/100 χλμ. Η εκτός πόλης οδήγηση, θεωρείται η οικονομικότερη, γιατί είναι η οδήγηση με την πλέον σταθερή ταχύτητα. Το είδος της διαδρομής και η κατάσταση του οδοστρώματος (ανηφορικό – κατηφορικό, άσφαλτος – χώμα) είναι προφανές ότι συμβάλει ανάλογα, έμμεσα ή άμεσα, στη κατανάλωση.

Ο χαρακτήρας του οδηγού και ο τρόπος οδήγησης

Ο χαρακτήρας του οδηγού και ο τρόπος οδήγησης επηρεάζουν σημαντικά την κατανάλωση καυσίμου. Οι απότομες, επανειλημμένες κι άχρηστες αυξομειώσεις ταχύτητας αλλά και οι συχνές κι αναιτιολόγητες στάσεις αυξάνουν τις καταναλώσεις καυσίμου. Έτσι, η οδηγική συμπεριφορά μπορεί και να εξαρτάται έμμεσα από την ηλικία, το φύλλο ή από το επάγγελμα του οδηγού, στο βαθμό που οι συγκεκριμένες κατηγορίες, έναντι άλλων, αυξάνουν την πιθανότητα εμφάνισης συγκεκριμένων αντιδράσεων ή συμπεριφορών.

3.5 Συμπεράσματα

Ο τομέας των μεταφορών αποτελεί έναν από του κλάδους της οικονομίας που είναι υπεύθυνος για αρκετά μεγάλο ποσοστό της ενεργειακής κατανάλωσης. Σύμφωνα με τις προηγούμενες ενότητες του παρόντος κεφαλαίου οι κυριότερες μεταβλητές που επηρεάζουν την ενεργειακή αποτελεσματικότητα στον τομέα των μεταφορών είναι ο πληθυσμός, η ενεργειακή κατανάλωση των μέσων, το μήκος του οδικού δικτύου, το ΑΕΠ, τα ηλεκτροκίνητα οχήματα, η επιβατική ζήτηση, το είδος της υποδομής αλλά, η ζήτηση των εμπορευμάτων καθώς και οι τιμές των καυσίμων. Επιπλέον γίνεται κατανοητό πως υπάρχουν Ευρωπαϊκές στρατηγικές για να επέλθει μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας στον τομέα των μεταφορών για τις χώρες της ΕΕ. Παράλληλα του Υπουργείου Ενέργειας έχει αναρτημένη την δική του στρατηγική για την Ελλάδα που θέτει τους στόχους και τους παράγοντες επιρροής σε αυτή. Κατά αναλογία αντίστοιχες στρατηγικές υπάρχουν και στην πλειοψηφία των χωρών διότι η υπέρμετρη ενεργειακή κατανάλωση και ειδικότερα στον τομέα των μεταφορών είναι ένα παγκόσμιο φαινόμενο και υπάρχει η πεποίθηση ότι πρέπει να αντιμετωπιστεί από όλους.

Κεφάλαιο 4: Μεθοδολογική Προσέγγιση

4.1 Γενικά

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύεται η μεθοδολογία του πρακτικού σκέλους της παρούσας έρευνας, δηλαδή οι τεχνικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στα επόμενα κεφάλαια προκειμένου να γίνει η εξαγωγή συμπερασμάτων. Αυτό που με ενδιαφέρει να δείξω σε πρώτο βαθμό είναι οι ανισότητες μεταξύ των περιφερειών του Ευρωπαϊκού χώρου που αφορά στην κατανάλωση ενέργειας στις οδικές, τις σιδηροδρομικές και τις εναέριες μεταφορές με τη χρήση χωρικών δεικτών (LQ, Theil, Gini). Σε επόμενο στάδιο θα γίνει η σύγκριση μεταξύ χωρών του Ευρωπαϊκού χώρου με τη χρήση των δεικτών Theil και Gini αλλά και τις μεθόδους περιγραφικής στατιστικής που θα αναλυθούν παρακάτω. Τέλος σημαντικότερη είναι η διερεύνηση ενός οικονομετρικού μοντέλου που αφορά στην ενεργειακή αποτελεσματικότητα των χωρών στον τομέα των μεταφορών και τους παράγοντες που την επηρεάζουν αλλά και ο βαθμός επιρροής τους.

4.2 Επιλογή των χωρών και των περιφερειών του Ευρωπαϊκού χώρου για την έρευνα ανισοτήτων και τη δημιουργία του μοντέλου

Οι περιφέρειες αποτελούν μονάδα διοικητικής διαίρεσης του χώρου που βρίσκονται μεταξύ των δήμων και της χώρας (χωρίς να αποτελεί τη μοναδική ενδιάμεση βαθμίδα διοικητικής και χωρικής διαίρεσης (Πετράκος και Ψυχάρης, 2016). Ορισμένα από τα χαρακτηριστικά των περιφερειών σύμφωνα με τον Πολύζο (2019) είναι τα εξής:

- Συνεκτική γεωγραφική και οικονομική ενότητα (π.χ. Θεσσαλία, Μακεδονία κ.α.).
- Οριοθετημένη γεωγραφική περιοχή (τα όρια της οποίας καθορίζονται σύμφωνα με κοινά χαρακτηριστικά των διαφόρων ενοτήτων από τις οποίες αποτελείται η περιφέρεια αλλά και η λειτουργική αλληλεξάρτηση που έχει αναπτυχθεί μεταξύ των ενοτήτων αυτών.
- Σε σχέση με τη χώρα αποτελεί ένα πιο ανοιχτό οικονομικό σύστημα (πχ η Θεσσαλία αποτελεί περιφέρεια της Ελλάδας, ενώ η Ελλάδα αποτελεί περιφέρεια της ΕΕ.)
- Σύμφωνα με τον Isard (1960), η περιφέρεια δεν είναι μία αυθαίρετα ορισμένη περιοχή. Αποκτά σημασία εξαιτίας των προβλημάτων της, η επίλυση των οποίων αποτελεί αντικείμενο της Περιφερειακής Επιστήμης¹ (Πολύζος, 2019).

¹ Κατά τον συγγραφέα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, τα προβλήματα της περιφέρειας για να επιλυθούν ορθά πρέπει να λαμβάνουν στον ίδιο βαθμό υπόψη τις επιστήμες της Χωροταξίας και της Περιφερειακής Ανάπτυξης καθώς αποτελούν διαφορετικές όψεις του ίδιου νομίσματος. Επιπλέον πολλά από τα προβλήματα των περιφερειών θα επιλύονταν αν γινόταν μία bottom up προσέγγιση καθώς θα μειώνονταν έτσι οι εσωτερικές παθογένειες ώστε να γίνει ισχυρή η περιφέρεια.

Οι περιφέρειες ανάλογα με τον τρόπο που έχουν προκύψει, οργανωθεί και σχεδιαστεί διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

1. Οι ομοιογενείς περιφέρειες: Ορίζονται αυτές που έχουν κάποιο κοινό χαρακτηριστικό. Αυτό μπορεί να είναι είτε οικονομικό (κατά κεφαλή εισόδημα, ο βαθμός οικονομικής ανάπτυξης, κ.α.), είτε κοινωνικό ή πολιτικό (σύνθεση πληθυσμού, πολιτικές επιλογές, γλώσσα κ.α.) είτε γεωγραφικό (τοπογραφικά χαρακτηριστικά και μορφολογία εδάφους, κλιματολογικές συνθήκες κ.α.) (Πολύζος, 2011).
2. Οι πολικές περιφέρειες: Ορίζονται αυτές οι περιοχές που παρουσιάζουν λειτουργική συνεκτικότητα και στενή αλληλεξάρτηση μεταξύ τους με σειρά σχέσεων και ροών. Συνήθως σε αυτές υπάρχει ένας κεντρικό πόλος, ο οποίος κατά κύριο λόγο είναι η μεγαλύτερη πόλη, πχ η πρωτεύουσα της περιφέρειας (Κονσόλας, 1997).
3. Οι περιφέρειες προγραμματισμού ή σχεδιασμού: Ορίζονται οι περιοχές με κριτήρια διοικητικά και πολιτικά (Παπαδασκαλόπουλος και Χριστοφάκης, 2016).

Έπειτα από τον προσδιορισμό των άνω αναγνωριστικών στοιχείων των περιφερειών θα οριστούν οι περιφέρειες οι οποίες θα εξεταστούν στην παρούσα έρευνα. Σύμφωνα με το ESPON το 2018 εξετάστηκαν οι εφαρμογές της οικονομίας σε ορυκτούς πόρους. Η έρευνα περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό παραμέτρων, μία από τις οποίες είναι και ο κλάδος των μεταφορών. Πιο συγκεκριμένα έχει υπολογιστεί η ενεργειακή κατανάλωση στους τομείς των οδικών, των σιδηροδρομικών και των εναέριων μέσων. Στόχος της έρευνας του ESPON ήταν ο υπολογισμός της ενεργειακής κατανάλωσης στους τρεις τομείς για τα έτη 2002 και 2012. Όλες οι περιφερειακές ενότητες που διέθεταν στοιχεία αναφορικά με το ΑΕΠ, τον πληθυσμό, τις τιμές των καυσίμων (Diesel, Gasoline) και τις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας εξετάστηκαν από το παραπάνω πρόγραμμα (ESPON, 2018).

Στην παρούσα έρευνα μελετήθηκαν οι χωρικές ανισότητες μεταξύ των περιφερειών και όχι των περιφερειακών ενοτήτων διότι η ερμηνεία των αποτελεσμάτων μπορεί να είναι πιο ακριβής. Αυτό γίνεται διότι στα πλαίσια της παρούσας εργασίας δεν θεωρήθηκε σκόπιμο να εξεταστούν σε επίπεδο περιφερειακών ανισοτήτων καθώς περιλαμβάνεται σχεδόν όλος ο Ευρωπαϊκός χώρος και θα χρειαζόταν υπέρμετρη έκταση κειμένων για τη συμπερασματολογία. Επιπρόσθετα ο ένας από τους σκοπούς της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η αξιολόγηση των ανισοτήτων μεταξύ των περιφερειών της Ευρώπης για τα έτη 2002 και 2012, αξίζει να σημειωθεί ότι οι περιφέρειες που χρησιμοποιούνται έχουν την κατηγοριοποίηση και τα όρια του έτους 2013 με τις περιφέρειες να ανέρχονται στις 279. Δυστυχώς η έρευνα δεν αφορά σε όλες τις περιφέρειες του ευρωπαϊκού χώρου καθώς δεν υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα από την ESPON με αποτέλεσμα να έχουν αφαιρεθεί αρκετές από αυτές.

Αναφορικά με τις χώρες που θα εξεταστούν για το δεύτερο σκοπό της διπλωματικής ανέρχονται στις 29.

4.3 Χρονική κλίμακα έρευνας

Στην παρούσα διπλωματική εργασία τα φαινόμενα των ανισοτήτων μεταξύ των περιφερειακών ανισοτήτων αλλά και του μοντέλου αποτελεσματικότητας της ενέργειας στις μεταφορές εξετάστηκε σε χρονικό ορίζοντα δεκαετίας. Πιο συγκεκριμένα η χρονική περίοδος 2002-2012 κρίθηκε κατάλληλη καθώς η ευαισθησία ως προς την κατανάλωση των ορυκτών πόρων δεν είχε καθιερωθεί το 2002 στον επιθυμητό βαθμό, διότι τα μέτρα που ελήφθησαν με τη λευκή βίβλο στον τομέα των μεταφορών το 2001 δεν ήταν αρκετά ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι που είχαν τεθεί σύμφωνα με ενδιάμεση αξιολόγηση που έγινε το 2006.

Το 2008 και πιο συγκεκριμένα τον Ιούλιο παρουσιάστηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση μία δέσμη μέτρων που αποσκοπούσε σε πιο οικολογικές μεταφορές (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2008). Στόχος της δέσμης ήταν να βοηθήσει τις χώρες της ΕΕ να επιτύχει τους στόχους της σε σχέση με την ενέργεια και το κλίμα. Με γνώμονα τα προηγούμενα αλλά και την μεγάλη απόσταση των δύο χρονικών περιόδων 2002 και 2012 αλλά και τη διαθεσιμότητα των δεδομένων και την έκθεση του ESPON κρίθηκε πως μέσα από αυτή την περίοδο μπορεί να γίνει μία καλή ανάλυση και αξιολόγηση και για τους δύο σκοπούς της διπλωματικής, εξάγοντάς έτσι βάσιμα συμπεράσματα για την κατανάλωση της ενέργειας στην Ευρώπη αλλά και για την αποτελεσματικότητα των χωρών μεταξύ των δύο ετών.

4.4 Βάσεις δεδομένων της έρευνας

Τα δεδομένα έχουν αντληθεί από τέσσερις πηγές δεδομένων, αυτές είναι:

- ESPON
- Eurostat
- World Bank
- Odyssee-Mure

Το ESPON έχει περίπου 20 χρόνια λειτουργίας και υποστηρίζει την υλοποίηση χωρικών πολιτικών που αφορούν κατά κύριο λόγο την περιφερειακή επιστήμη και όλες του τις προεκτάσεις χωρίς να περιορίζεται σε μία μόνο θεματολογία. Από το συγκεκριμένο οργανισμό παρέχονται και δεδομένα. Αυτούσια χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα που αφορούν τις σιδηροδρομικές και τις εναέριες μεταφορές ενώ έγινε χρήση του τύπου που περιγράφεται εντός της επιστημονικής έκθεσης για τα δεδομένα των οδικών μεταφορών. Για τον υπολογισμό των οδικών μεταφορών χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα της Eurostat στα οποία παραπέμφθηκαν από την επιστημονική έκθεση και αφορούν το ΑΕΠ και πληθυσμιακά δεδομένα (ESPON, 2022)

Η Eurostat είναι η στατιστική υπηρεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης και βρίσκεται στο Λουξεμβούργο. Ο κυριότερος σκοπός της είναι η παροχή στατιστικών δεδομένων σε ευρωπαϊκό επίπεδο που επιτρέπουν διάφορες αναλύσεις μεταξύ χωρών και περιφερειών. Η

ίδρυση της σηματοδοτείται το 1953 για να καλύψει τις ανάγκες της Ευρωπαϊκής Κοινότητας σε άνθρακα και Χάλυβα. Με το πέρασμα των χρόνων το έργο της έγινε πιο διευρυμένο και ξεκίνησε να αποτελεί μία Γενική Διεύθυνση (ΓΔ) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Ο βασικός ρόλος της Eurostat είναι η παροχή στατιστικών στοιχείων και δεδομένων σε άλλες ΓΔ, στην επιτροπή αλλά και σε ευρωπαϊκά θεσμικά όργανα για να είναι σε θέση να αναλύουν, να καθορίζουν και να υλοποιούν τις ενωσιακές πολιτικές. Από τη συγκεκριμένη βάση δεδομένων λήφθηκαν πληθυσμιακά δεδομένα, οικονομικά και δεδομένα εκτάσεων των χωρών (Eurostat, 2022)

Η World Bank έχει χρηματοδοτήσει πάνω από 12000 προγράμματα ανάπτυξης και διαθέτει μία ευρεία γκάμα δεδομένων για σχεδόν όλες τις χώρες. Βέβαια τα δεδομένα για τις ευρωπαϊκές χώρες δεν έχουν τόσο μεγάλη ποικιλία όσο αυτά της Eurostat. Από τη συγκεκριμένη βάση δεδομένων αντλήθηκαν δεδομένα που αφορούν τις τιμές των καυσίμων (βενζίνη και ντίζελ) για τις υπό μελέτη χώρες (World Bank, 2022)

Η Odyssee-Mure λειτουργεί από το 2015 και ασχολείται κυρίως με την κλιματική αλλαγή και την προσαρμογή. Επιπλέον ασχολείται με την ενεργειακή αποτελεσματικότητα και πολιτικές για τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, επιπρόσθετα δίνουν λύσεις και κάνουν προτάσεις σε στρατηγικό επίπεδο. Τα δεδομένα που λήφθηκαν από τη συγκεκριμένη βάση δεδομένων είναι η ενεργειακή αποτελεσματικότητα του τομέα των μεταφορών, ο αριθμός της κατανάλωσης ανά ισοδύναμο οχήματος αλλά και η αγοραστική δύναμη στον τομέα της ενέργειας (Odyssee-Mure, 2015).

4.5 Οι χωρικοί δείκτες ως εργαλείο μέτρησης ανισοτήτων σε περιφερειακά μεγέθη

4.5.1 Δείκτης τοπικής ειδίκευσης

Ο συντελεστής τοπικής ειδίκευσης βοηθά στην ανάλυση και την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο διαρθρώνονται οι οικονομικές δραστηριότητες εντός των περιφερειών. Πιο συγκεκριμένα επιτρέπει τις συγκρίσεις μεταξύ οικονομικών ή άλλων δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα εντός των περιφερειών, κάνοντας παράλληλα έμμεση μεταφορά στα αντίστοιχα εθνικά μεγέθη των δραστηριοτήτων αυτών. Αποτελεί ένα δείκτη που επιτρέπει τη σύγκριση μεταξύ της συμμετοχής που έχει μία περιφέρεια σε μία δραστηριότητα ή σε οποιοδήποτε άλλο περιφερειακό μέγεθος και της αντίστοιχης συμμετοχής που έχει η χώρα στο συγκεκριμένο μέγεθος ή δραστηριότητα (Πολύζος, 2011).

Ένα από τα πιο χαρακτηριστικά οικονομικά μεγέθη που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό αυτού του δείκτη είναι η απασχόληση. Για παράδειγμα για κάθε κλάδο ο δείκτης δίνει το μερίδιο της απασχόλησης σε έναν κλάδο μιας περιφέρειας σε σχέση με το μερίδιο που έχει ο κλάδος αυτός σε εθνικό επίπεδο. Πέραν της απασχόλησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλα μεγέθη, όπως είναι το ΑΕΠ, ο πληθυσμός, το εισόδημα, οι

εκπεμπόμενοι ρύποι κλπ. Ο περιφερειακός δείκτης τοπικής ειδίκευσης (location quotient) υπολογίζεται από τη σχέση 4.1.:

$$LQ_{ir} = \frac{E_{ir}}{E_r} / \frac{E_{in}}{E_n} = \frac{E_{ir}}{E_{in}} / \frac{E_r}{E_n} = \left(\frac{E_{ir}}{E_r} \right) \left(\frac{E_n}{E_{in}} \right) \quad (4.1)$$

όπου:

E_{ir} = Η απασχόληση του κλάδου i στην περιφέρεια r .

E_r = Η συνολική απασχόληση στην περιφέρεια r .

E_{in} = Η απασχόληση του κλάδου i στο σύνολο της χώρας, δηλαδή $E_{in} = \sum_{r=1}^n E_{ir}$.

E_n = Η συνολική απασχόληση της χώρας, δηλαδή $E_n = \sum_{r=1}^n E_r$ (Πολύζος, 2019)

Ανάλογα με την τιμή που λαμβάνει ο δείκτης μπορεί να γίνει η εξής ερμηνεία:

- Όταν $LQ = 1$, η δραστηριότητα i είναι ανεπτυγμένη στην περιφέρεια αλλά και στο σύνολο της χώρας. Σε αυτή τη περίπτωση η περιφέρεια έχει κανονική συμμετοχή στην αγορά για τη δραστηριότητα i .
- Όταν $LQ > 1$, η δραστηριότητα i είναι περισσότερο ανεπτυγμένη στην περιφέρεια συγκριτικά με την υπόλοιπη χώρα. Σε αυτή τη περίπτωση η περιφέρεια έχει περισσότερη από αναλογική συμμετοχή στην αγορά για τη δραστηριότητα i .
- Όταν $LQ < 1$, η δραστηριότητα i είναι λιγότερο ανεπτυγμένη στην περιφέρεια συγκριτικά με την υπόλοιπη χώρα. Σε αυτή τη περίπτωση η περιφέρεια έχει λιγότερη από αναλογική συμμετοχή στην αγορά για τη δραστηριότητα i (Σκούρας, 2016).

Μία χρήση του δείκτη αυτού αναφέρεται στον υπολογισμό των εξαγωγών ή των εισαγωγών τις οποίες πραγματοποιεί κάθε περιφέρεια σε κάθε κλάδο.

- Όταν $LQ > 1$, η περιφέρεια παρουσιάζει μεγαλύτερη ειδίκευση στον κλάδο σε σχέση με τον μέσο όρο της χώρας, εμφανίζοντας έτσι εξαγωγικό πλεόνασμα και ο κλάδος χαρακτηρίζεται ως βασικός.
- Όταν $LQ < 1$, η περιφέρεια παρουσιάζει μικρότερη ειδίκευση στον κλάδο σε σχέση με τον μέσο όρο της χώρας, κάνοντας εισαγωγές για να καλυφθεί το έλλειμμα που εμφανίζει στον κλάδο και ο κλάδος χαρακτηρίζεται ως μη βασικός.
- Τέλος, όταν $LQ = 1$, τότε η περιφέρεια δεν είναι ούτε εισαγωγέας ούτε εξαγωγέας του κλάδου (Πολύζος, 2011)

Γενικότερα ο δείκτης τοπικής ειδίκευσης παρουσιάζει μία χωρική διαφοροποίηση και μία διάκριση ή ταξινόμηση των περιφερειών, για να εξειδικεύσει ή να συγκρίνει δεδομένες περιφέρειες. Οι συγκρίσεις αυτές είναι γενικές και δεν δείχνουν το ακριβές μέγεθος των προβλημάτων εντός μίας περιφέρειας (πχ ο βαθμός ανάπτυξης μίας δραστηριότητας κ.α.) (Πετράκος και Ψυχάρης, 2016). Το γεγονός ότι η συμμετοχή ή όχι μίας περιφέρειας σε μία δραστηριότητα είναι λιγότερο ή περισσότερο αναλογική δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανεπιφύλακτα για εξαγωγή βέβαιων συμπερασμάτων και την ερμηνεία των περιφερειακών φαινομένων. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι δεν δύναται να χρησιμοποιηθεί ερευνητικά ή σε

συνδυασμό με άλλες τεχνικές ποσοτικής ανάλυσης, δεδομένου ότι έχει το πλεονέκτημα της ευκολίας του υπολογισμού και συνήθως της ύπαρξης των απαιτούμενων στοιχείων (Πολύζος, 2011).

Σύμφωνα με τον Trappey κ.α. ο δείκτης χωρικής ειδίκευσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για περιβαλλοντικά φαινόμενα όπως είναι οι εκπομπές των αέριων ρύπων από τα μεταφορικά μέσα και όχι μόνο. Η χρήση αυτού και άλλων δεικτών βοηθούν μπορούν να βοηθήσουν στη διαμόρφωση περιβαλλοντικών και ενεργειακών πολιτικών για την μείωση των αέριων ρύπων. Κάποιες από τις εφαρμοσμένες στρατηγικές στοχεύουν στο να κάνουν τις περιφέρειες και τις πόλεις περισσότερο οικολογικές. Η μελέτη αυτή εστίασε σε 9 δραστηριότητες που είναι αρκετά ρυπογόνες και μία από αυτές είναι ο τομέας των μεταφορών (Trappey κ.α., 2012).

4.5.2 Δείκτης του Theil

Η αρχική μορφή του δείκτη του Theil δίνεται από την εξίσωση 4.2 και προήλθε από το μέτρο του Shannon (Τσιώτας και Πολύζος, 2012) που εφαρμόστηκε στη Θεωρία Σημάτων (Clements, 2001). Στην εξίσωση αυτή, x_i είναι η αριθμητική τιμή της i -οστής παρατήρησης της μεταβλητής X ($i=1, \dots, n$), $\ln x = \log_e x$ είναι η συνάρτηση του νεπέριου λογαρίθμου, ενώ η μεταβλητή x_i εκφράζει την πιθανότητα να συμβεί το ενδεχόμενο i ($i=1, \dots, n$) (Martin και Ray, 2000).

$$H = \sum_{i=1}^n x_i * \ln \frac{1}{x_i} \quad (4.2)$$

Υποθέτοντας ότι $0 < x_i \leq 1$, οι μικρότερες τιμές από τη μονάδα της x_i ($0 < x_i < 1$) συνεισφέρουν αρνητικά στο άθροισμα του μέτρου H , ενώ στην περίπτωση κατά την οποία $x_i = 1$, το μέτρο παίρνει την τιμή μηδέν. Αναφορικά με τις εφαρμογές του δείκτη του Theil στην ανάλυση χωρικών ανισο-ήτων, η γενική μορφή που χρησιμοποιήθηκε δίνεται από την εξίσωση 4.3 (Μητράκος, 2005),

$$T = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\mu} * \ln \frac{x_i}{\mu} \quad (4.3)$$

όπου: x_i η αριθμητική τιμή της i -οστής παρατήρησης της μεταβλητής X ($i=1, \dots, n$), $\ln x$ η συνάρτηση του νεπέριου λογαρίθμου και μ η μέση τιμή των n παρατηρήσεων x_i ($\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$). Οι τιμές του δείκτη κυμαίνονται στο διάστημα $0 \leq T \leq \ln n$ (Foster, 1983). Από τις σχέσεις 4.2 και 4.3 αποδεικνύεται η σχέση 4.4 μεταξύ των δύο παραπάνω μέτρων εντροπίας

$$H(x) = -n \cdot T(x_i) \quad (4.4)$$

Ο δείκτης του Theil είναι συμμετρικός, ανεξάρτητος από το λαμβανόμενο δείγμα, ανεξάρτητος από το μέσο και διέπεται από την αρχή των μεταβιβάσεων (αρχή Pigou-Dalton) (Foster, 1983). Η συμμετρία του παρέχει την ικανότητα να διατηρείται ανεπηρέαστος από

αντιμεταθέσεις μεταξύ των τιμών της μεταβλητής X και, ουσιαστικά, αποτελεί συνέπεια της αθροιστικής δομής του. Η ιδιότητα της ανεξαρτησίας ως προς το δείγμα σχετίζεται με το γεγονός ότι ο δείκτης παραμένει αμετάβλητος όταν ο αριθμός του δείγματος μεταβάλλεται κατά την ίδια αναλογία, με αποτέλεσμα δείγματα που ανήκουν στις ίδιες κατανομές να μη μεταβάλλουν την τιμή του δείκτη. Η ανεξαρτησία ως προς το μέσο ή τις μονάδες μέτρησης έχει ως αποτέλεσμα να παραμένει ο δείκτης αναλλοίωτος σε ισοποσοστιαίες μεταβολές των τιμών της μεταβλητής X . Τέλος, η αρχή των μεταβιβάσεων (συνθήκη Ρίγου-Dalton) περιγράφει τη συμπεριφορά της τιμής του δείκτη (μείωση ή αύξηση) στις μεταβολές μεταξύ μελών του πληθυσμού, οι οποίες δεν επηρεάζουν τη σχετική τους θέση (Πετράκος και Ψυχάρης, 2016).

Εφαρμογή του δείκτη στην εκπομπή αερίων στον τομέα των μεταφορών

Το 2022 διεξήχθη μία έρευνα από τον Xu και άλλους η οποία εστίασε στον υπολογισμό της αποτελεσματικότητας στις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα στη βιομηχανία των μεταφορών σε επίπεδο περιφέρειας. Αρχικά πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα στον τομέα των μεταφορών για κάθε περιφέρεια μέσα από ένα μοντέλο υπολογισμού των διαφορετικών χαρακτηριστικών μέσα από το δείκτη του Theil (Xu κ.α., 2022).

Όσον αφορά το δείκτη του Theil επιλέχθηκε για να εντοπιστούν οι περιφερειακές ανισότητες με τρόπο ανάλογο της εντροπίας. Πέρα από την κύρια χρήση του, που είναι η ανάλυση των ανισοτήτων σε επίπεδο εισοδήματος, εδώ χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό ανισοτήτων στον τομέα των μεταφορών. Το μέγεθος των περιφερειακών διαφορών αντανakλάται στο μέγεθος του δείκτη Theil. Γεγονός είναι πως όσο μεγαλύτερο είναι το επίπεδο των περιφερειακών ανισοτήτων τόσο μεγαλύτερος είναι και ο δείκτης (Xu κ.α., 2022).

Τα ερευνητικά ευρήματα έδειξαν πως οι περιφερειακές ανισότητες που αφορούν τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα διαφέρουν μεταξύ των περιφερειών για κάθε χρονιά. Συγκεκριμενοποιώντας την άνω ρήση το σύνολο των περιφερειακών ανισοτήτων δείχνουν μία ελαφρώς αύξουσα τάση μέχρι το έτος 2011, που αποτελεί και τοπικό μέγιστο. Μετέπειτα την περίοδο 2011-2015 υπάρχει μείωση στις τιμές του δείκτη. Οι τιμές του δείκτη παρουσιάζουν μικρή αύξηση από το 2015 έως και το 2020, που αποτελεί το τελευταίο έτος της έρευνας (Xu κ.α., 2022).

4.5.3. Συντελεστής Gini

Ένας ακόμα συντελεστής, που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ανισοκατανομής ενός περιφερειακού μεγέθους είναι ο συντελεστής Gini (Panzera και Postiglione, 2020) ο οποίος ορίζεται με τον παρακάτω τρόπο $G = (\text{εμβαδόν μεταξύ της καμπύλης και της διαγωνίου})/(\text{εμβαδόν που περικλείεται από τη διαγώνιο})$. Ο τύπος που ορίζει τον συντελεστή

βάση του σχήματος είναι ο εξής $G = A/(A+B)$ ή διαφορετικά, ο συντελεστής Gini έχει αυτή τη μορφή:

$$G = \frac{\int_0^1 x dx - \int_0^1 (ax^2 + bx) dx}{\int_0^1 x dx} \quad (4.5)$$

Οι τιμές του συντελεστή Gini κυμαίνονται μεταξύ του 0-1. Σε περίπτωση αναγωγής της τιμής σε 100 είναι 0-100. Οι χαμηλές τιμές του συντελεστή δείχνουν την ύπαρξη ισοκατανομής, ενώ για $G=0$ υπάρχει τέλεια ισότητα. Αντίθετα οι υψηλές τιμές του συντελεστή δείχνουν άνιση κατανομή, ενώ για $G=1$ αντιστοιχεί στην τέλεια ανισότητα (Πολύζος, 2019).

Δεδομένου ότι $(A+B)=0,5$, προκύπτει σύμφωνα με τη σχέση $G = A/(A+B)$ ότι $G=A/0,5=2A=1-2B$. Όταν η καμπύλη Lorenz έχει εξίσωση της μορφής $y = ax^2 + bx$, ο συντελεστής Gini θα είναι ίσος με:

$$G = 1 - 2 \int_0^1 (ax^2 + bx) dx \quad (4.6)$$

Συντελεστής Gini σε περιβαλλοντικά μεγέθη και εκπομπές αερίων στις μεταφορές

Ο συντελεστής Gini χρησιμοποιείται ευρέως από τους ερευνητές, ιδιαίτερα με τη μορφή του Dagum Gini. Που αποτελεί μία αποδομημένη μορφή του κλασσικού δείκτη. Στη συγκεκριμένη έρευνα μετρήθηκαν οι τιμές της ενεργειακής αποτελεσματικότητας εντός τριών τομών στους οποίους διαιρέθηκε η Κίνα. Οι τρεις τομές είναι η το Ανατολικό, το Κεντρικό και το Δυτικό τμήμα της χώρας. Η σύνθεση των αποδομημένων τμημάτων του συντελεστή Dagum Gini για τους τρεις τομείς, δίνει τις τιμές του κλασσικού δείκτη συνολικά για τη χώρα για όλα τα έτη μεταξύ 2003-2018. Από την άνω έρευνα διαπιστώθηκε πως υπάρχουν ανισότητες μεταξύ των τριών τομέων για την ενεργειακή αποτελεσματικότητα των μεταφορών που αφορά το διοξείδιο του άνθρακα. Διαχρονικά υπάρχουν διαφορές με τις μεγαλύτερες ανισότητες να παρουσιάζονται το έτος 2011 και το 2018 να εντοπίζονται το 2018 (Μα κ.α., 2022).

Βέβαια η διακύμανση των τιμών του δείκτη Gini μέσα στα έτη είναι ισχνή αν αναλογιστεί κάποιος ότι οι τιμές του κυμαίνονται μεταξύ των τιμών 0.29 – 0.34. Η μείωση που επήλθε μετά το 2011 φανερώνει σύγκλιση μεταξύ των ανισοτήτων του φαινομένου καθώς η Κίνα έδωσε υψηλή βαρύτητα στην πράσινη ανάπτυξη των μεταφορών. Το γεγονός αυτό επιτάχυνε την αναδόμηση και την χρήση των συμπληρωματικών μεταφορών, ενώ ταυτόχρονα βελτιστοποιήθηκε ο καταμερισμός των πηγών καυσίμων. Τα άνω είχαν ως αποτέλεσμα την σημαντική αύξηση της ενεργειακής αποτελεσματικότητας στις μεταφορές, η οποία με τη σειρά της επέφερε τη σταδιακή σύγκλιση μεταξύ των τομέων (Μα κ.α., 2022).

4.6 Η περιγραφική στατιστική ως εργαλείο μέτρησης ανισοτήτων σε μεγέθη

4.6.1 Γενικά

Οι ανάγκες για την αποτύπωση των χαρακτηριστικών που συναντώνται στις περιφέρειες αλλά και των ανισοτήτων μεταξύ των περιφερειών σε αρκετούς κλάδους, είχε ως φυσική συνέπεια τη δημιουργία μέτρων και δεικτών που υπολογίζονται χάρη στις στατιστικές πληροφορίες που θεωρούνται ως κατάλληλες για κάθε περιφέρεια. Οι δείκτες αυτοί κατασκευάζονται για να γίνει εφικτή η ανάλυση των περιφερειακών μεγεθών, πιο συγκεκριμένα των συγκοινωνιακών που εξετάζονται στην παρούσα έρευνα. Εξίσου σημαντική είναι η χάραξη πολιτικών που θα οδηγήσει στην μείωση μεταξύ των ανισοτήτων. Η χρησιμότητα της ποσοτικής έκφρασης των χαρακτηριστικών των περιφερειών εξυπηρετεί την ερμηνεία ανισοτήτων μεταξύ των εξεταζόμενων χωρικών ενοτήτων, οι οποίες συνήθως αφορούν διαφορές στα μεγέθη των υπό μελέτη χωρικών ενοτήτων. Επιπλέον χάρη σε αυτή δίνεται μία εικόνα της υφιστάμενης κατάστασης, πιο συγκεκριμένα των προβλημάτων και των δυνατοτήτων που αφορούν τις περιοχές. Φυσικά εκτός από τις ποσοτικές αναλύσεις υπάρχει η δυνατότητα χρήσης ποιοτικών στοιχείων και περιγραφικών ταξινομήσεων για την αποτύπωση ανισοτήτων. Οι χαρακτηρισμοί που δίνονται συνήθως στις ποιοτικές μεταβλητές είναι του τύπου «καλό», «μέτριο», «κακό», «ικανοποιητικό» κ.ο.κ. για τα υπό μελέτη μεγέθη. Ο συνδυασμός της χρήσης κατάλληλων ποσοτικών και ποιοτικών δεδομένων είναι δυνατόν να βοηθήσει σε κατάλληλο σχεδιασμό και προγραμματισμό αλλά και τη λήψη κατάλληλων μέτρων (Dequenne κ.α., 2019).

Σε αυτού του είδους τις αναλύσεις οι δείκτες και τα μέτρα αποτελούν ένα σύνολο τεχνικο-οικονομικών που αντανακλούν τα μεγέθη και τις λειτουργικές σχέσεις μεταξύ των δραστηριοτήτων που υλοποιούνται στις περιοχές μελέτης. Ανάλογα με το περιεχόμενο και τη σημασία τους μπορούν να κατανεμηθούν με την παρακάτω κατηγοριοποίηση:

- Σε απόλυτους ή σχετικούς
- Σε φυσικούς ή χρηματικούς
- Σε ποσοτικούς ή ποιοτικούς (Πολύζος, 2019).

4.6.2 Απλά στατιστικά μέτρα

Σύμφωνα με τον Πολύζο (2011) τα απλά στατιστικά μέτρα βοηθούν στην εξέταση του βαθμού των ανισοτήτων μεταξύ των περιφερειών αλλά και άλλων χωρικών ενοτήτων. Δεν αποτελούν τη μοναδική μέθοδο όπως καθίσταται σαφές από την προηγούμενη ενότητα όμως είναι σε θέση να εποπτεύουν τα περιφερειακά μεγέθη (Πολύζος, 2011). Παρακάτω γίνεται μία συνοπτική ανάλυση αυτών των βασικών μεγεθών.

Εύρος μεταβολής

Αποτελεί τη διαφορά μεταξύ της ανώτερης και της κατώτερης τιμής στα στοιχεία μίας στατιστικής σειράς n όρων $x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_n$ και είναι ίσο με:

$$r = x_{\max} - x_{\min} \quad (4.7)$$

όπου:

$x_{\max}$ = Η ανώτερη τιμή των στατιστικών στοιχείων.

$x_{\min}$ = Η κατώτερη τιμή των στατιστικών στοιχείων.

n = Το εύρος των στατιστικών στοιχείων.

Είναι το πιο απλό μέτρο της στατιστικής ανάλυσης και δείχνει το εύρος ή την έκταση (range) των τιμών εντός ενός συνόλου παρατηρήσεων (Πολύζος, 2019)

Λόγος των ακραίων τιμών

Είναι το πηλίκο της διαίρεσης μεταξύ της ανώτερης και της κατώτερης τιμής μεταξύ των στοιχείων μιας στατιστικής σειράς.

όπου:

$x_{\max}$ = Η ανώτερη τιμή των στατιστικών στοιχείων.

$x_{\min}$ = Η κατώτερη τιμή των στατιστικών στοιχείων.

n = Το εύρος των στατιστικών στοιχείων.

Απόκλιση των ακραίων τιμών

Η σχέση που δίνει αυτό το μέτρο είναι η ακόλουθη:

$$E = d_1 - d_2 \quad (4.8)$$

όπου:

$$d_1 = x_{\max} - \bar{x} \quad \text{ή} \quad d_1 = \frac{x_{\max}}{\bar{x}}.$$

$$d_2 = x_{\min} - \bar{x} \quad \text{ή} \quad d_2 = \frac{x_{\min}}{\bar{x}} \quad (\text{Πολύζος, 2019}).$$

$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$, ο αριθμητικός μέσος των τιμών $x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_n$ (Wooldridge, 2013).

Είναι φανερό πως αυτή η κατηγορία των στατιστικών μέτρων λαμβάνει υπόψη μονάχα τις ακραίες τιμές των παρατηρήσεων, με αποτέλεσμα να μη δίνει πληροφορίες σχετικά με τη διασπορά των υπόλοιπων τιμών (Πολύζος, 2011)

Μέτρηση της απλής διασποράς

Σε αντίθεση με τα μέτρα που περιεγραφήκαν στην άνω ενότητα και αφορούν τις ανισότητες στηριζόμενες στις ακραίες τιμές, τα μέτρα που αναλύονται παρακάτω, εξετάζουν την απόκλιση όλων των τιμών μιας στατιστικής σειράς στοιχείων που αφορούν μία χωρική ενότητα από τον αριθμητικό μέσο, γεγονός που τα καθιστά περισσότερο χρήσιμα.

Μέση απόκλιση

Είναι ο μέσος όρος του αθροίσματος των διαφορών των τιμών της παρατήρησης από τον αριθμητικό μέσο όρο και προκύπτει από την παρακάτω σχέση:

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n} \quad (4.9)$$

Η μέση απόκλιση δείχνει την απόσταση που έχει κατά μέσο όρο η μεταβλητή από την μέση τιμή της (Πολύζος, 2019)

Μέση απόκλιση τετραγώνου

Το μέτρο αυτό παρουσιάζει τη μέση απόκλιση των τιμών της μεταβλητής από τον αριθμητικό μέσο όρο και δίνεται από την κάτω σχέση:

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{\sqrt{n}} \quad (4.10)$$

Διακύμανση

Αποτελεί το τετράγωνο της μέσης απόκλισης τετραγώνου. Δηλαδή:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n} \quad (4.11)$$

Συντελεστής μεταβλητότητας

Παρουσιάζει τις αποκλίσεις των τιμών που λαμβάνει η εξεταζόμενη μεταβλητή ως ποσοστό του αριθμητικού μέσου και επιτρέπει τη διενέργεια συγκρίσεων των ανισοτήτων στις χωρικές ενότητες για διαφορετικές περιόδους. Η σχέση από την οποία δίνεται είναι η εξής:

$$CV = 100 \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (4.12)$$

Σταθμισμένος συντελεστής μεταβλητότητας

Ο συντελεστής αυτός υπολογίζει τη διασπορά της εξεταζόμενης χωρικής μεταβλητής ως προς τον εθνικό μέσο όρο αυτής, σταθμισμένη με τη συμμετοχή της εξεταζόμενης χωρικής

ενότητας στον συνολικό πληθυσμό των εξεταζόμενων χωρικών ενοτήτων. Η μαθηματική έκφραση τους είναι η εξής:

$$wCV = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_r - \bar{x})^2 P_r}{\bar{x}}} 100 \quad (4.13)$$

όπου:

x_r = Η τιμή της μεταβλητής στην χωρική ενότητα r .

P_r = Η συμμετοχή του πληθυσμού της χωρικής ενότητας r στο σύνολο της συνολικής χωρικής ενότητας.

Επισημαίνεται πως η τιμή των συντελεστών μεταβλητότητας είναι ίση με το 0 όταν υπάρχει πλήρης ισότητα μεταξύ των χωρικών ενοτήτων, από την άλλη πλευρά δεν υπάρχει ανώτερο όριο για την περίπτωση ανισοτήτων (Πολύζος, 2019).

4.7. Ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης

4.7.1 Γενικά

Η ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης χρησιμοποιείται εκτενώς σε *ceteris paribus* αναλύσεις διότι δίνει τη δυνατότητα στους μελετητές να θέσουν υπό έλεγχο ρητά πολλούς άλλους παράγοντες που ασκούν ταυτόχρονη επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή. Το πλεονέκτημα αυτό είναι αρκετά σημαντικό για την αξιολόγηση επιδράσεων πολιτικής όταν στηρίζεται κανείς σε μη πειραματικά δεδομένα. Επειδή τα μοντέλα πολλαπλής παλινδρόμησης έχουν τη δυνατότητα να διαθέτουν πολλές ερμηνευτικές μεταβλητές, οι οποίες μπορεί να έχουν συσχέτιση μεταξύ τους, είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί η εύρεση αιτιότητας σε περιπτώσεις όπου τα αποτελέσματα της απλής παλινδρόμησης θα ήταν παραπλανητικά. Επίσης είναι απολύτως λογικό ότι με την προσθήκη περισσότερων παραγόντων στο υπό μελέτη μοντέλο να γίνεται πιο αποτελεσματική η ερμηνεία της διακύμανσης για την εξαρτημένη μεταβλητή y . Από την άνω διαπίστωση γίνεται κατανοητό πως η ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή μοντέλων που δίνουν πιο αξιόπιστη πρόβλεψη για την εξαρτημένη μεταβλητή. Σε αντίθεση με την απλή παλινδρόμηση η μέθοδος πολλαπλής παλινδρόμησης είναι σε θέση να ενσωματώνει συναρτησιακές σχέσεις αρκετά γενικευμένες ως προς τη μορφή τους. Για παράδειγμα σε μία ανάλυση απλής παλινδρόμησης μπορεί να εμφανιστεί μονάχα μία συνάρτηση μιας ερμηνευτικής μεταβλητής. Αντίθετα το μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης έχει μεγαλύτερη ευελιξία σε αυτό το τομέα. Το μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης αποτελεί το συνηθέστερο όχημα για εμπειρική ανάλυση. Κατά αντιστοιχία η μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων είναι η δημοφιλέστερη για την εκτίμηση των παραμέτρων τέτοιου είδους μοντέλων (Wooldridge, 2013).

4.7.2 Υπόδειγμα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης

Ο σκοπός της πολλαπλής παλινδρόμησης είναι να περιγράψει τη σχέση μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής Y και των k ανεξάρτητων μεταβλητών $x_1, x_2, x_3, \dots, x_k$. Το μοντέλο υποθέτει ότι η Y είναι γραμμική συνάρτηση των k ανεξάρτητων μεταβλητών και έχει την εξής μορφή:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \dots + \beta_k x_k + u \quad (4.14)$$

όπου:

β_0 = είναι ο σταθερός όρος,

β_1 = είναι η παράμετρος που σχετίζεται με τη μεταβλητή x_1 ,

β_2 = είναι η παράμετρος που σχετίζεται με τη μεταβλητή x_2 , και ούτω καθ' εξής.

u = σφάλμα ή κατάλοιπο, δηλαδή η διαφορά μεταξύ της πραγματικής τιμής της Y και της τιμής της πρόβλεψης που προκύπτει από το υπόδειγμα.

Οι βασικές προϋποθέσεις του μοντέλου πολλαπλής παλινδρόμησης είναι οι ακόλουθες:

1. Τα σφάλματα u είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους και έχουν κανονική κατανομή.
2. Οι αναμενόμενες τιμές (μέσοι) των σφαλμάτων u είναι μηδενικές.
3. Τα σφάλματα u έχουν την ίδια διακύμανση σ^2_u για κάθε συνδυασμό τιμών των ανεξάρτητων μεταβλητών.
4. Στα πλαίσια της ανάλυσης παλινδρόμησης, οι μεταβλητές x θεωρούνται σταθερές ποσότητες, ενώ στην ανάλυση συσχέτισης αποτελούν τυχαίες μεταβλητές. Οποσδήποτε, οι μεταβλητές X είναι ανεξάρτητες από το σφάλμα u (Wooldridge, 2013).

Επίσης, στην πολλαπλή παλινδρόμηση καλό είναι οι ανεξάρτητες μεταβλητές να είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους, έτσι ώστε να μην δημιουργείται το πρόβλημα της πολυσυγγραμικότητας, που θα αναλυθεί σε επόμενη ενότητα. Όπως έχει αναφερθεί, η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνάρτηση k ανεξάρτητων μεταβλητών. Συνεπώς, η μεταβλητότητα της Y δεν εξηγείται μόνο από τις μεταβολές μιας ανεξάρτητης μεταβλητής, όπως συμβαίνει στην απλή παλινδρόμηση, αλλά προστίθενται και άλλες ανεξάρτητες μεταβλητές σε μια προσπάθεια να ερμηνευτεί μεγαλύτερο μέρος της μεταβλητότητας της Y . Με άλλα λόγια, επεκτείνεται το υπόδειγμα της απλής παλινδρόμησης με την προσθήκη και άλλων ανεξάρτητων μεταβλητών. Επομένως, οι πραγματικές τιμές της y αποτελούνται από δύο συνιστώσες: τη συνιστώσα της Y , την $E(Y)$, που οφείλεται στις συστηματικές επιδράσεις των $x_1, x_2, x_3, \dots, x_k$, και την τυχαία (κατάλοιπο) συνιστώσα ε , που ενσωματώνει όλους τους άλλους παράγοντες που επηρεάζουν τη διαμόρφωση της τιμής της y (Wooldridge, 2013).

4.7.3. Εκτίμηση της εξίσωσης της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης

Ο τελικός σκοπός είναι να γίνει εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου της πολλαπλής παλινδρόμησης, ουσιαστικά των συντελεστών $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$. Ο συμβολισμός των

εκτιμήσεων που γίνονται από τα δεδομένα του δείγματος των συντελεστών πολλαπλής παλινδρόμησης του πληθυσμού ($\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$) συμβολίζονται με $\widehat{\beta}_1, \widehat{\beta}_2, \widehat{\beta}_3, \dots, \widehat{\beta}_k$, αντίστοιχα. Συνεπώς, η εξίσωση που προκύπτει (4.15) από την εκτίμηση των συντελεστών πολλαπλής παλινδρόμησης είναι η:

$$\hat{y} = \widehat{\beta}_0 + \widehat{\beta}_1 x_1 + \widehat{\beta}_2 x_2 + \widehat{\beta}_3 x_3 + \dots + \widehat{\beta}_k x_k \quad (4.15)$$

Από την άνω εξίσωση σχηματίζεται ένα υπερεπίπεδο στο χώρο των $k+1$ διαστάσεων, το οποίο δεν απεικονίζεται σε χαρτί των δύο διαστάσεων. Η μοναδική απεικόνιση που μπορεί να πραγματοποιηθεί για τη συγκεκριμένη εξίσωση είναι σε επίπεδο τριών διαστάσεων όταν υπάρχουν τρεις μεταβλητές μία εξαρτημένη και δύο ερμηνευτικές (Aczel και Soundrpandian, 2017). Οι συντελεστές $\widehat{\beta}_1, \widehat{\beta}_2, \widehat{\beta}_3, \dots, \widehat{\beta}_k$ δείχνουν τη μερική επίδραση που ασκούν οι ερμηνευτικές μεταβλητές x_k στην y . Για παράδειγμα, ο συντελεστής $\widehat{\beta}_1$, υποδηλώνει τη μεταβολή της y , που θα προκύψει εάν η μεταβλητή x_1 μεταβληθεί κατά μία μονάδα μέτρησής της *ceteris paribus*, δηλαδή όταν οι άλλες ανεξάρτητες μεταβλητές ($x_2, x_3, \dots, x_k$) παραμείνουν σταθερές. Επομένως, ο συντελεστής $\widehat{\beta}_1$, μετράει τη μερική επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής x_1 . Για το λόγο αυτόν, οι συντελεστές $\widehat{\beta}_1, \widehat{\beta}_2, \widehat{\beta}_3, \dots, \widehat{\beta}_k$ ονομάζονται και συντελεστές μερικής παλινδρόμησης (Χαλκιάς, 2001).

Οι συντελεστές της εξίσωσης προκύπτουν από τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, όπως και στην περίπτωση της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Δηλαδή, αναζητούνται οι τιμές εκείνες των $\widehat{\beta}_1, \widehat{\beta}_2, \widehat{\beta}_3, \dots, \widehat{\beta}_k$ που ελαχιστοποιούν το άθροισμα των τετραγώνων των αποκλίσεων μεταξύ των πραγματικών τιμών της y και των θεωρητικών τιμών $\hat{y}$, οι οποίες προκύπτουν από την εξίσωση παλινδρόμησης. Στηριζόμενοι στην απλούστερη περίπτωση όπου υπάρχουν δύο ανεξάρτητες μεταβλητές, το υπόδειγμα που εκτιμάται είναι το εξής:

$$\hat{y} = \widehat{\beta}_0 + \widehat{\beta}_1 x_1 + \widehat{\beta}_2 x_2 \quad (4.16)$$

Δηλαδή, η $\hat{y}$ είναι η εκτίμηση της $E(y) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2$. Έτσι, οι αποκλίσεις μεταξύ των πραγματικών τιμών της y και των τιμών $\hat{y}$, που συμβολίζονται με u , ισούνται με:

$$\hat{u}_i = y_i - \hat{y}_i \quad (4.17)$$

Διαφορετικά

$$\hat{u}_i = y_i - (\widehat{\beta}_0 + \widehat{\beta}_1 x_1 + \widehat{\beta}_2 x_2), \text{ για } i=1, \dots, n. \quad (4.18)$$

όπου n το μέγεθος του δείγματος.

Επομένως πρέπει να βρεθούν εκείνες οι τιμές $\widehat{\beta}_0, \widehat{\beta}_1$ και $\widehat{\beta}_2$ που θα ελαχιστοποιούν τις αποκλίσεις ή αλλιώς κατάλοιπα u_i . Τα κατάλοιπα μπορεί να έχουν αρνητικό πρόσημο, για το λόγο αυτό ελαχιστοποιούνται τα αθροίσματα των τετραγώνων τους. Από εκεί προκύπτει και η ονομασία μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων. Για n ζεύγη παρατηρήσεων το άθροισμα των τετραγώνων των σφαλμάτων θα ισούται με:

$$\sum_{i=1}^n \widehat{u}^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \widehat{\beta}_0 - \widehat{\beta}_1 x_1 - \widehat{\beta}_2 x_2)^2 \quad (4.19)$$

Απώτερος σκοπός είναι η ελαχιστοποίηση, διότι η MET βασίζεται στην ιδέα ότι η καλύτερη παλινδρόμηση είναι αυτή που εξασφαλίζει την ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων στο τετράγωνο οπότε πρέπει να τηρηθεί η προϋπόθεση ότι:

$$\min \sum_{i=1}^n \hat{u}^2 = \min \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (4.20)$$

Η μέση τιμή των καταλοίπων είναι συστηματικά ίση με το 0 (Wooldridge, 2013).

4.7.4 Συντελεστής πολλαπλού προσδιορισμού

Όπως γίνεται στην περίπτωση της απλής γραμμικής παλινδρόμησης έτσι και στην πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση ο συντελεστής προσδιορισμού μετρά το ποσοστό μεταβλητότητας της y που οφείλεται στις επιδράσεις των ερμηνευτικών μεταβλητών. Πιο συγκεκριμένα προσδιορίζει τη μεταβλητότητας της y που οφείλεται στις επιδράσεις όλων μαζί των ανεξάρτητων μεταβλητών $x_1, x_2, x_3, \dots, x_k$. Επειδή στο υπόδειγμα της πολλαπλής παλινδρόμησης περιλαμβάνονται περισσότερες από μια ανεξάρτητες μεταβλητές, ο συντελεστής πολλαπλού προσδιορισμού μετράει τη συνολική επίδραση που δέχεται η y από τις $x_1, x_2, x_3, \dots, x_k$ (Χαλκιάς, 2001).

Σύμφωνα με τον Wooldridge (2013) ορίζεται το συνολικό άθροισμα τετραγώνων (total sum of squares, SST), το ερμηνευόμενο άθροισμα τετραγώνων (explained sum of squares, SSE) και το άθροισμα τετραγώνων των καταλοίπων (residual sum of squares, SSR) με τον εξής τρόπο.

- $SST \equiv \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$
- $SSE \equiv \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2$
- $SSR \equiv \sum_{i=1}^n \hat{u}_i^2$

$$R^2 = SSE/SST = 1 - SSR/SST \quad (4.21)$$

Ο ορισμός τόσο του απλού όσο και του πολλαπλού συντελεστή προσδιορισμού, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η προσθήκη μιας νέας ερμηνευτικής έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της μη ερμηνευμένης συνιστώσας, ουσιαστικά τις αποκλίσεις μεταξύ y και $\hat{y}$. Επομένως προκαλεί την αύξηση της τιμής του συντελεστή R^2 . Βέβαια η εισαγωγή κάθε νέας ανεξάρτητης μεταβλητής οδηγεί σε μείωση του βαθμού ελευθερίας του υποδείγματος. Οι βαθμοί ελευθερίας ισούνται με $n-k-1$, όπου k είναι ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών. Το σημαντικότερο ερώτημα είναι κατά πόσο η αύξηση του R είναι σημαντική, ώστε να κριθεί συμφέρουσα απώλεια ενός βαθμού ελευθερίας. Από την προσθήκη μεγάλου αριθμού ερμηνευτικών μεταβλητών μπορεί να προκύψει μία “τεχνητή” αύξηση της τιμής του R^2 που δεν θα έχει καμία αξία, όταν μάλιστα ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών (k) είναι υψηλός σε σχέση με το μέγεθος του δείγματος (n) (Aczel και Sounderpandian, 2017).

Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με το “διορθωμένο” (adjusted) συντελεστή πολλαπλού προσδιορισμού, που λαμβάνει υπόψη την απώλεια των βαθμών ελευθερίας. Ο διορθωμένος συντελεστής $\bar{R}^2$ είναι ίσος με:

$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{SSE/[n-(k+1)]}{SST/(n-1)} = 1 - (1 - R^2) \frac{(n-1)}{n-(k+1)} \quad (4.22)$$

Δεν παρουσιάζεται πάντα αύξηση του διορθωμένου συντελεστή πολλαπλού προσδιορισμού με την εισαγωγή νέων μεταβλητών στον μοντέλο παλινδρόμησης. Ωστόσο, σε περίπτωση αύξησής του, σίγουρα θα πρέπει η μεταβλητή που προκαλεί την αύξηση να περιληφθεί στο μοντέλο παλινδρόμησης. Ακόμα, ο διορθωμένος συντελεστής πολλαπλού προσδιορισμού έχει σημαντικό ρόλο στις περιπτώσεις εκείνες που ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών είναι αρκετά μεγάλος σε σχέση με το μέγεθος του δείγματος. Για μεγάλο (σε σχέση με το k) μέγεθος δείγματος ο $\bar{R}^2$ διαφέρει ελάχιστα από τον R^2 . Ωστόσο, η συμμετοχή κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στην ερμηνεία των μεταβολών της y μετρίεται με έναν άλλο συντελεστή, το συντελεστή μερικού προσδιορισμού, που μετράει την επίδραση κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής, εάν πρώτα αφαιρεθεί η επίδραση των υπόλοιπων ανεξάρτητων μεταβλητών (Wooldridge, 2013).

4.7.5 Έλεγχοι στατιστικής σημαντικότητας

Οι έλεγχοι στατιστικής σημαντικότητας στην ανάλυση της πολλαπλής παλινδρόμησης ελέγχουν το βαθμό στον οποίο το σύνολο της εξίσωσης της παλινδρόμησης εξηγεί ένα σημαντικό μέρος των μεταβολών της εξαρτημένης μεταβλητής y . Όταν οι ερμηνευτικές μεταβλητές περισσότερες από μία γίνεται έλεγχος της σημαντικότητας των συντελεστών παλινδρόμησης ξεχωριστά για την κάθε μία. Από τον έλεγχο αυτό διαπιστώνεται ποιες από τις μεταβλητές ασκούν σημαντική επίδραση στην y και ποιες όχι (Stock και Watson, 2017).

Σύμφωνα με τους Stock και Watson (2017) ο έλεγχος της στατιστικής σημαντικότητας της εξίσωσης παλινδρόμησης είναι ταυτόσημη με τον έλεγχο της στατιστικής σημαντικότητας του συντελεστή πολλαπλού προσδιορισμού R^2 . Δηλαδή, ελέγχεται ο συντελεστής R^2 , πιο συγκεκριμένα εάν το ποσοστό των μεταβολών της y που οφείλεται στις επιδράσεις των ανεξάρτητων μεταβλητών είναι διάφορο του μηδενός με στατιστικούς όρους. Έτσι, η μηδενική υπόθεση (H_0) και η εναλλακτική αυτής (H_1) διατυπώνονται ως εξής:

- Μηδενική Υπόθεση, H_0 : Η εξίσωση παλινδρόμησης δεν εξηγεί καθόλου τις μεταβολές της y και επομένως $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 \dots = \beta_k = 0$.
- Εναλλακτική Υπόθεση, H_1 : Η εξίσωση παλινδρόμησης εξηγεί ένα μέρος των μεταβολών της y και τουλάχιστον ένας συντελεστής $\beta_i \neq 0$ (Stock και Watson, 2017).

Επομένως, πραγματοποιείται σύγκριση μεταξύ των δύο συνιστωσών της SST, την εξηγημένη SSR και την ανεξήγητη SSE. Σε περίπτωση που η πρώτη είναι σημαντικά μεγαλύτερη της δεύτερης, η επίδραση της εξίσωσης παλινδρόμησης είναι σημαντική. Στην αντίθετη περίπτωση που η ανεξήγητη SSE είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την εξηγημένη

SSR, το ποσοστό της SST που περιγράφεται από την εξίσωση είναι αμελητέο (Stock και Watson, 2017).

Τα SSR και SSE είναι αθροίσματα τετραγώνων αποκλίσεων, που όμως βασίζονται σε διαφορετικό αριθμό βαθμών ελευθερίας. Επομένως, η σύγκριση μεταξύ τους θα γίνει αφού διαιρεθούν με τους αντίστοιχους βαθμούς ελευθερίας (degrees of freedom-d.f.). Οι λόγοι που θα προκύψουν ονομάζονται μέσα τετράγωνα (mean squares-MS) και ο έλεγχος μεταξύ τους βασίζεται στην κατανομή F (ή κατανομή Snedecor) (Stock και Watson, 2017).

Εξίσου σημαντικό με τον έλεγχο του Fisher είναι σημαντικό να εξεταστεί σε ποιο βαθμό ο κάθε εκτιμητής είναι στατιστικά διαφορετικός από το μηδέν. Ο έλεγχος αυτός βασίζεται στη στατιστική του Student.

- Μηδενική Υπόθεση, $H_0: \beta_i = 0$, δεδομένου ότι όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές περιλαμβάνονται στο υπόδειγμα
- Εναλλακτική Υπόθεση, $H_1: \beta_i \neq 0$, δεδομένου ότι όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές περιλαμβάνονται στο υπόδειγμα.

Ο έλεγχος γίνεται με το κριτήριο t και $n-k-1$ βαθμούς ελευθερίας, δηλαδή:

$$t_{n-k-1} = \left| \frac{\hat{\beta}_1 - \beta_1}{s_{\hat{\beta}_1}} \right| \quad (4.23)$$

Εάν η τιμή $|t_{n-k-1}|$ είναι μεγαλύτερη της κρίσιμης τιμής $|t_{n-k-1, \alpha/2}|$, απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση, και αντίστροφα (Wooldridge, 2013).

4.7.6 Συντελεστές μερικού προσδιορισμού

Το δυσκολότερο ίσως ερώτημα που η ανάλυση της πολλαπλής παλινδρόμησης πρέπει να απαντήσει είναι ποια είναι η συνεισφορά κάθε ερμηνευτικής μεταβλητής στην εξήγηση των μεταβολών της εξαρτημένης μεταβλητής y . στην απάντηση του ερωτήματος αυτού πηγάει από το γεγονός ότι και οι ανεξάρτητες μεταβλητές παρουσιάζουν συσχετίσεις μεταξύ τους. Έτσι, γίνεται δυσκολότερο το εγχείρημα εκτίμησης του ποσοστού συμμετοχής κάθε ερμηνευτικής μεταβλητής στην ερμηνεία των μεταβολών της y . Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών αποτελούν εμπόδιο, διότι καθιστούν δύσκολη τη μέτρηση της συνεισφοράς κάθε μεταβλητής. Επιπρόσθετα η είσοδός τους στο υπόδειγμα δεν επηρεάζει μόνο τη μεταβλητή y , αλλά και τις λοιπές ανεξάρτητες μεταβλητές x . Η ιδανική περίπτωση είναι η εξής:

- Η μεταβλητή x_1 εξηγεί το κ % των μεταβολών της y , σύμφωνα με το υπόδειγμα $\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1$.
- Η μεταβλητή x_2 εξηγεί το π % των μεταβολών της y , σύμφωνα με το υπόδειγμα $\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_2 x_2$.
- Οι μεταβλητές x_1 και x_2 (και οι δύο μαζί) εξηγούν το $(\kappa + \pi)$ % των μεταβολών της y , σύμφωνα με το υπόδειγμα $\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 x_2$ (Χαλκιάς, 2001).

Η ισχύς των παραπάνω υφίσταται μόνο στην περίπτωση που ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών x_1 και x_2 είναι μηδέν, δηλαδή οι x_1 και x_2 δεν παρουσιάζουν γραμμική συσχέτιση μεταξύ τους. Η σχέση που ισχύει είναι:

$$R_{y,(x_1,x_2)}^2 = R_{y,x_1}^2 + R_{y,x_2}^2 \quad (4.24)$$

Ωστόσο, τα πράγματα στις περισσότερες περιπτώσεις είναι πιο πολύπλοκα, επειδή οι ανεξάρτητες μεταβλητές παρουσιάζουν σε κάποιο βαθμό συσχέτιση ανάμεσα τους, με αποτέλεσμα να μην έχει ισχύ η παραπάνω σχέση. Για αυτές τις περιπτώσεις αυτό που μετριέται είναι το εξής: Η εξαρτημένη μεταβλητή y εκφράζεται ως γραμμική συνάρτηση της x_1 από την οποία ερμηνεύεται ένα ποσοστό της συνολικής διασποράς της y , ενώ το υπόλοιπο δεν ερμηνεύεται. Έτσι γεννάται το ερώτημα «Σε περίπτωση που προστεθεί στο υπόδειγμα και μία νέα μεταβλητή x_2 , τι ποσοστό της ανερμήνευτης διασποράς μπορεί να ερμηνεύσει η νέα μεταβλητή x_2 ;» (Χαλκιάς, 2001). Το ποσοστό της ανερμήνευτης διασποράς της y , που δεν δύναται να εξηγηθεί από την επίδραση της x_1 , θα ερμηνευτεί από τη νεοεισαχθείσα ερμηνευτική μεταβλητή x_2 , το ποσοστό αυτό ονομάζεται συντελεστής μερικού προσδιορισμού της x_2 . Μονάχα αυτός ο συντελεστής μπορεί να καταστεί μετρήσιμος, δηλαδή τι ποσοστό της ανεξήγητης (από τις επιδράσεις της x_1) διασποράς της y μπορεί να ερμηνεύσει η νέα ανεξάρτητη μεταβλητή x_2 (Χαλκιάς, 2001). Παρόλα αυτά και η μεταβλητή x_2 στις περισσότερες περιπτώσεις συσχετίζεται τόσο με την y όσο και με την x_1 . Η μέτρηση της πραγματικής συνεισφοράς της στο μη ερμηνευμένο από την x_1 μέρος της διασποράς της y , είναι απαραίτητη προϋπόθεση η αφαίρεση της επίδρασης της x_1 και από την y (για να μείνει το ανερμήνευτο μέρος) και από την x_2 , με αυτόν τον τρόπο προκύπτει η καθαρή επίδραση της x_2 , χωρίς την παρέμβαση της x_1 (Aczel και Sounderpandian, 2017).

Ο συντελεστής μερικού προσδιορισμού της μεταβλητής x_2 συμβολίζεται με $R_{y,x_2/x_1}^2$ και αποτελεί τη μέτρηση της επίδρασης της x_2 στην y , αφού πρώτα αφαιρεθούν οι επιδράσεις της x_1 στην y και στην x_2 . Η διαδικασία εκτίμησης του συντελεστή αυτού είναι η ακόλουθη:

1. Εκτιμάται η εξίσωση παλινδρόμησης $\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1$ και υπολογίζονται τα κατάλοιπα $y - \hat{y}$.
2. Εκτιμάται η εξίσωση παλινδρόμησης $\hat{x}_2 = c_0 + c_1 x_1$ και υπολογίζονται τα κατάλοιπα $x_2 - \hat{x}_2$.
3. Ο συντελεστής μερικού προσδιορισμού $R_{y,x_2/x_1}^2$ είναι ο συντελεστής προσδιορισμού μεταξύ των μεταβλητών $(y - \hat{y})$ και $(x_2 - \hat{x}_2)$.

Κατά αναλογία εκτιμάται ο συντελεστής μερικού προσδιορισμού της μεταβλητής x_1 , $R_{y,x_1/x_2}^2$ (Aczel και Sounderpandian, 2017).

Σύμφωνα με τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι ο συντελεστής μερικού προσδιορισμού έχει μία επιπλέον χρησιμότητα. Πιο συγκεκριμένα παρέχει τη δυνατότητα στον αναλυτή-

ερευνητή να εκτιμά σε ποιο βαθμό θα μειωθεί το ανερμήνευτο μέρος των μεταβολών της y , με την εισαγωγή μίας νέας μεταβλητής στο μοντέλο παλινδρόμησης. Χάρη σε αυτή τη χρήση του συντελεστή μπορεί να πραγματοποιηθεί η επιλογή των πιθανών ανεξαρτήτων μεταβλητών, εκείνων δηλαδή που θα συνεισφέρουν περισσότερο στη μείωση της ανερμήνευτης μεταβλητότητας της εξαρτημένης μεταβλητής y . Ο συγκεκριμένος τρόπος επιλογής των ανεξαρτήτων μεταβλητών που εισάγονται στο μοντέλο αποτελεί την πολλαπλή παλινδρόμηση με διαδοχική επιλογή των ανεξαρτήτων μεταβλητών (stepwise regression) και θα αναλυθεί περαιτέρω στην επόμενη ενότητα του κεφαλαίου. Εξαιτίας της πολυπλοκότητας που έχουν οι υπολογισμοί για τη διαδοχική επιλογή των μεταβλητών x , η μέθοδος εφαρμόζεται μόνο με τη βοήθεια ειδικών στατιστικών προγραμμάτων (Aczel και Sounderpandian, 2017).

4.7.7 Έλεγχος και προβλήματα παλινδρόμησης

Μέθοδοι επιλογής των κατάλληλων μεταβλητών

Σύμφωνα με τους Aczel και Sounderpandian (2017) σε αρκετές περιπτώσεις είναι γνωστό από πριν ποιο μοντέλο παλινδρόμησης είναι πιο σωστό, δηλαδή ποιες είναι εκείνες οι ερμηνευτικές μεταβλητές x που πρέπει να συμπεριληφθούν στο υπόδειγμα και ποια είναι η σχέση που τις διέπει (γραμμική ή όχι) με την εξαρτημένη μεταβλητή y . Βέβαια δεν είναι λίγες εκείνες οι περιπτώσεις που η θεωρία ή και οι προηγούμενες έρευνες δίνουν μόνο μια σαφή κατεύθυνση για το ποιο μοντέλο παλινδρόμησης είναι το πιο κατάλληλο. Το γεγονός αυτό δημιουργεί την ανάγκη εντατικού ελέγχου των δεδομένων, καθώς στο υπόδειγμα παλινδρόμησης περιλαμβάνονται περισσότερες μεταβλητές x και προκύπτουν οι παρακάτω αλλαγές:

- Αύξηση της πρόβλεψης. Ο συντελεστής πολλαπλού προσδιορισμού R^2 αυξάνεται (όχι όμως και ο διορθωμένος συντελεστής), και η τυπική απόκλιση των καταλοίπων s_u μειώνεται. Όμως, είναι ουσιαστική αυτή η βελτίωση;
- Οι συντελεστές παλινδρόμησης περιγράφουν πώς οι επιπρόσθετες μεταβλητές επηρεάζουν το $\hat{y}$. Είναι αυτοί οι συντελεστές στατιστικά σημαντικά διάφοροι του μηδενός και αρκετά μεγάλοι, ώστε να δηλώνουν σημαντική βελτίωση του μοντέλου;
- Οι μη σημαντικοί συντελεστές “συρρικνώνονται”. Όμως, οι προστιθέμενες μεταβλητές μπορούν να αλλάξουν σημαντικά τα συμπεράσματά μας σχετικά με τις επιδράσεις των άλλων ανεξαρτήτων μεταβλητών;

Σε περίπτωση που οι απαντήσεις των ερωτημάτων που τέθηκαν παραπάνω είναι θετικές, τότε καλό θα ήταν οι επιπρόσθετες μεταβλητές να παραμείνουν στο μοντέλο. Οι αρνητικές απαντήσεις υποδηλώνουν ότι οι συγκεκριμένες μεταβλητές συνεισφέρουν σε πολύ μικρό βαθμό στο υπόδειγμα παλινδρόμησης, και γι' αυτό θα πρέπει να παραλειφθούν από αυτό (Aczel και Sounderpandian, 2017).

Από τους βασικότερους στόχους που ισχύει στην επιλογή των ερμηνευτικών μεταβλητών για το τελικό μοντέλο είναι η ύπαρξη ισορροπίας μεταξύ της απλότητας και της καλής προσαρμογής των δεδομένων στο μοντέλο (fit) (Stock και Watson, 2013). Στην αγγλική ορολογία αυτό καλείται *parsimony*. Ο διορθωμένος συντελεστής R^2 είναι ένα πολύ καλό παράδειγμα ύπαρξης της προαναφερθείσας ισορροπίας, καθώς συνδυάζει ένα μέτρο προσαρμογής (R^2) και ένα μέτρο της διαφοράς στην πολυπλοκότητα μεταξύ των δεδομένων (μέγεθος δείγματος, n) και του μοντέλου (αριθμός εκτιμώμενων παραμέτρων, k). Η διαφορά $n-k-1$ είναι στην ουσία οι βαθμοί ελευθερίας των καταλοίπων (Aczel και Sounderprandian, 2017). Σύμφωνα με το Χαλκιά (2001) στην επιλογή των κατάλληλων μεταβλητών x για την ανάλυση παλινδρόμησης εμφανίζονται δύο πιθανοί κίνδυνοι:

1. Η προσθήκη μιας άσχετης μεταβλητής. Μία μεταβλητή x_k θεωρείται άσχετη, όταν η πραγματική τιμή του συντελεστή β_k είναι ίση με το μηδέν, ή αρκετά μικρή ώστε να μην θεωρείται στατιστικά σημαντική. Εάν στο μοντέλο εισαχθούν τέτοιες ερμηνευτικές μεταβλητές, τότε το μοντέλο παρουσιάζει πολυπλοκότητα, χωρίς να υπάρχει κάποιος ουσιαστικός λόγος.
2. Η παράβλεψη μιας σχετικής μεταβλητής. Μία μεταβλητή x_k θεωρείται σχετική, όταν η πραγματική τιμή του συντελεστή β_k είναι διάφορη του μηδενός, αλλά είναι αρκετά μεγάλη ώστε να θεωρείται στατιστικά σημαντική, συνήθως η μεταβλητή αυτή συσχετίζεται με άλλες ανεξάρτητες μεταβλητές x . Εάν στο μοντέλο παραλειφθούν τέτοιες μεταβλητές, τότε το μοντέλο δεν είναι αξιόπιστο, γιατί δεν αναφέρεται στην πραγματικότητα (Χαλκιάς, 2001).

Η επιλογή των κατάλληλων ανεξάρτητων μεταβλητών είναι στην ουσία μια αντιστάθμιση πολλών παραγόντων και κινδύνων. Τα δεδομένα του δείγματος μπορούν να μας παραπλανήσουν για το ποιες μεταβλητές είναι σημαντικές. Ακόμα και αν $\beta_k \neq 0$, ο συντελεστής $\widehat{\beta}_k$ μπορεί να είναι στατιστικά μη σημαντικός. Και αντιστρόφως, ακόμα και αν $\beta_k=0$, ο $\widehat{\beta}_k$ μπορεί να είναι διάφορος του μηδενός. Ωστόσο, το ποια ρίσκα είναι τα χειρότερα εξαρτάται από την ισχύ των σχέσεων και το σκοπό της κάθε έρευνας (Wooldridge, 2013).

Οι μέθοδοι επιλογής μεταβλητών που χρησιμοποιούνται στην πράξη αναλύονται στη συνέχεια:

- Όλες οι πιθανές παλινδρομήσεις: Βάσει αυτής της μεθόδου ελέγχονται όλες οι πιθανές παλινδρομήσεις για k ανεξάρτητες μεταβλητές και στη συνέχεια επιλέγεται το πιο καλό μοντέλο. Θεωρείται ότι για κάθε ένα από τα μοντέλα υπάρχει ένας σταθερός συντελεστής β_0 , τότε υπάρχουν 2^k πιθανά μοντέλα. Αυτό, διότι καθεμιά από τις k ανεξάρτητες μεταβλητές μπορεί είτε να περιληφθεί στο μοντέλο, είτε να μην περιληφθεί, που σημαίνει ότι υπάρχουν δύο πιθανότητες για κάθε μεταβλητή, δηλαδή 2^k πιθανότητες για ένα μοντέλο που αποτελείται από k μεταβλητές. Για παράδειγμα, εάν υπάρχουν τέσσερις πιθανές μεταβλητές, τότε υπάρχουν $2^4=16$ πιθανά μοντέλα: τέσσερα με μια μόνο μεταβλητή, έξι μοντέλα με δύο

μεταβλητές, τέσσερα με τρεις μεταβλητές, ένα μοντέλο με όλες τις μεταβλητές και ένα μοντέλο χωρίς καμία μεταβλητή (μόνο με τον όρο β_0). Όπως φαίνεται, ο αριθμός των πιθανών μοντέλων παλινδρόμησης αυξάνεται πολύ γρήγορα, όσο αυξάνεται ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών που περιλαμβάνονται στο μοντέλο (Aczel και Sounderpandian, 2017).

Τα διαφορετικά μοντέλα αξιολογούνται σύμφωνα με μερικά κριτήρια για την απόδοση του μοντέλου. Υπάρχουν αρκετά πιθανά κριτήρια: Μπορούμε να επιλέξουμε το μοντέλο με την υψηλότερη τιμή του διορθωμένου συντελεστή πολλαπλού προσδιορισμού ή το μοντέλο με το χαμηλότερο τυπικό σφάλμα καταλοίπων (s^2). Μπορούμε επίσης να βρούμε το μοντέλο με τον υψηλότερο διορθωμένο συντελεστή R^2 για έναν συγκεκριμένο αριθμό μεταβλητών, και έπειτα να εκτιμήσουμε την αύξηση του R^2 κάθε φορά που προστίθεται επιπλέον μια μεταβλητή, έτσι ώστε να δούμε αν η αύξηση στο R^2 είναι αξιόλογη, για να προσθέσουμε τη νέα μεταβλητή. Ένα άλλο κριτήριο που υπάρχει σε πιο εξειδικευμένα βιβλία είναι αυτό του στατιστικού μέτρου C_p του Mallows (Aczel και Sounderpandian, 2017).

Η παραπάνω διαδικασία με τον έλεγχο όλων των πιθανών μοντέλων παλινδρόμησης είναι αρκετά κουραστική. Οι επόμενες τρεις μέθοδοι είναι όλες βηματικές διαδικασίες για τη δημιουργία του καλύτερου μοντέλου (Aczel και Sounderpandian, 2017).

- **Επιλογή προς τα εμπρός (forward selection):** Η επιλογή προς τα εμπρός ξεκινάει με ένα μοντέλο χωρίς μεταβλητές. Η μέθοδος στη συνέχεια θεωρεί όλα τα k μοντέλα, με μια ανεξάρτητη μεταβλητή το καθένα, και επιλέγει το μοντέλο με το πιο σημαντικό F statistic, κάνοντας την υπόθεση ότι τουλάχιστον ένα τέτοιο μοντέλο έχει ένα F statistic με p -value μικρότερο από μία προκαθορισμένη τιμή. Στη συνέχεια, ελέγχονται οι μεταβλητές που έχουν παραμείνει εκτός μοντέλου και τα μερικά F statistics αυτών, και προστίθεται στο μοντέλο η μεταβλητή με τη μεγαλύτερη τιμή F , πάλι υποθέτοντας ότι τουλάχιστον μία μεταβλητή υπάρχει που ικανοποιεί το απαιτούμενο επίπεδο σημαντικότητας. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται έως ότου να μην υπάρχει καμία μεταβλητή εκτός μοντέλου, η οποία έχει μερικό F statistic που ικανοποιεί το επίπεδο σημαντικότητας που απαιτείται για να εισέλθει στο μοντέλο (Aczel και Sounderpandian, 2017).

- **Προς τα πίσω απαλοιφή (backward elimination):** Η μέθοδος αυτή λειτουργεί με έναν τρόπο αντίστροφο σε σχέση με τη forward επιλογή. Το μοντέλο ξεκινάει με όλες τις k μεταβλητές. Στη συνέχεια υπολογίζονται τα μερικά F statistics για κάθε μεταβλητή, θεωρώντας καθεμιά από αυτές σαν την τελευταία μεταβλητή που θα εισέλθει στην εξίσωση παλινδρόμησης, δηλαδή εκτιμούμε κάθε μεταβλητή αναφορικά με τη συνεισφορά της σε ένα μοντέλο, το οποίο ήδη περιέχει όλες τις άλλες μεταβλητές. Εάν βρεθεί ότι το επίπεδο σημαντικότητας του μερικού F statistic μιας μεταβλητής δεν πληροί κάποια προκαθορισμένη τιμή (το p -value είναι μεγαλύτερο από ένα προκαθορισμένο p -value), τότε η μεταβλητή απαλείφεται από το μοντέλο. Όλα τα F statistics υπολογίζονται εκ νέου για το καινούριο, μειωμένο μοντέλο, και

οι μεταβλητές που απομένουν ελέγχονται για το αν ικανοποιούν το προκαθορισμένο standard. Εάν βρεθεί ότι μια μεταβλητή έχει p -value μεγαλύτερο από αυτό που απαιτείται, η μεταβλητή απομακρύνεται από την εξίσωση. Η διαδικασία ακολουθεί μέχρι όλες οι μεταβλητές που παραμένουν στην εξίσωση παλινδρόμησης να είναι σημαντικές, ως προς τα μερικά F statistics τους (Aczel και Sounderpandian, 2017).

- **Stepwise παλινδρόμηση:** Η μέθοδος αυτή είναι αυτή που χρησιμοποιείται πιο συχνά από όλες, και απαιτεί τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή. Η διαδικασία αυτή είναι στην ουσία ένα μίγμα από τις δύο παραπάνω βηματικές μεθόδους, την προς τα εμπρός επιλογή και την προς τα πίσω απαλοιφή. Στην προς τα εμπρός επιλογή, όσες μεταβλητές εισέλθουν στην εξίσωση, παραμένουν μόνιμα εκεί. Η μέθοδος αυτή δεν επιτρέπει την επανεκτίμηση της σημαντικότητας μιας μεταβλητής, αφού αυτή μπει στο μοντέλο. Όπως θα δούμε στην επόμενη ενότητα, μπορεί να υπάρξουν προβλήματα πολυσυγγραμικότητας, που καθιστούν μια μεταβλητή περιττή σε ένα μοντέλο, εάν εισέλθουν σε αυτό άλλες μεταβλητές με περίπου την ίδια πληροφορία. Αυτό αποτελεί και την αδυναμία της τεχνικής της μεθόδου της προς τα εμπρός επιλογής. Παρομοίως, στη μέθοδο της προς τα πίσω απαλοιφής, μόλις μια μεταβλητή απορριφθεί από το μοντέλο, παραμένει μόνιμα έξω από αυτό. Καθώς, όμως, είναι πιθανό μια μεταβλητή να μην φαίνεται σημαντική λόγω της πολυσυγγραμικότητας και να απορριφθεί από το μοντέλο, ενώ στην πραγματικότητα έχει προβλεπτική ισχύ όταν κάποιες άλλες μεταβλητές απαλειφθούν, τότε καταλαβαίνουμε ότι και στην προς τα πίσω μέθοδο υπάρχουν περιορισμοί και αδυναμίες (Aczel και Sounderpandian, 2017).

Η stepwise regression είναι ένας συνδυασμός των προς τα εμπρός και προς τα πίσω επιλογών και επανεκτιμά τη σημαντικότητα κάθε μεταβλητής σε κάθε στάδιο. Αυτό ελαχιστοποιεί την πιθανότητα να παραλειφθούν από το μοντέλο σημαντικές μεταβλητές, ή να περιληφθούν σε αυτό άλλες μη σημαντικές. Η διαδικασία δουλεύει ως εξής: ο αλγόριθμος ξεκινάει, όπως και στην προς τα εμπρός επιλογή, με την εύρεση του πιο σημαντικού μοντέλου με μια μεταβλητή. Έπειτα, ελέγχονται οι μεταβλητές εκτός μοντέλου μέσω των μερικών F tests και η πιο σημαντική μεταβλητή προστίθεται στο μοντέλο, εφόσον ικανοποιεί το επίπεδο σημαντικότητας εισόδου. Στο σημείο αυτό, η διαδικασία διαφοροποιείται από την προς τα εμπρός μέθοδο και εφαρμόζεται η προς τα πίσω απαλοιφή. Η αρχική μεταβλητή στο μοντέλο επανεκτιμάται για να ελεγχθεί εάν καλύπτει ακόμα τις προκαθορισμένες προδιαγραφές, ώστε να παραμείνει στο μοντέλο και μετά την προσθήκη της νέας μεταβλητής. Εάν βρεθεί ότι δεν τις καλύπτει, τότε απορρίπτεται από το μοντέλο. Έπειτα, οι μεταβλητές που είναι ακόμα εκτός μοντέλου ελέγχονται για το αν μπορούν να εισέλθουν στο μοντέλο, και η πιο σημαντική από αυτές, αν βρεθεί κάποια, προστίθεται. Όλες οι μεταβλητές μέσα στο μοντέλο ελέγχονται ξανά ως προς τη σημαντικότητά τους, μετά την είσοδο κάθε νέας μεταβλητής. Η διαδικασία συνεχίζει μέχρι να μην υπάρχουν μεταβλητές εκτός μοντέλου, οι οποίες θα έπρεπε να προστεθούν σε αυτό, και μεταβλητές μέσα στο μοντέλο, οι οποίες δεν θα έπρεπε να συμπεριλαμβάνονται (Aczel και Sounderpandian, 2017).

Πολυσυγγραμμικότητα

Η ύπαρξη πολυσυγγραμμικότητας συναντάται πολύ συχνά στα μοντέλα πολλαπλής παλινδρόμησης, καθώς, εκτός από τις συσχετίσεις μεταξύ της μεταβλητής y και των x_i , υπάρχουν συσχετίσεις και μεταξύ των ερμηνευτικών μεταβλητών x_i . Ιδανικά, οι μεταβλητές x_i σε μια εξίσωση παλινδρόμησης πρέπει να μην είναι συσχετισμένες μεταξύ τους, και κάθε μεταβλητή να δίνει μια μοναδική πληροφορία για την y , η οποία δεν εμπεριέχεται σε καμία άλλη μεταβλητή x_i . Όταν αυτή η ιδανική κατάσταση συμβαίνει στην πράξη, τότε δεν υφίσταται το πρόβλημα της πολυσυγγραμμικότητας. Το αντίθετο η ύπαρξη τέλει συγγραμμικότητας. Φερ' ειπείν ας υποθέσουμε ότι έχουμε ένα μοντέλο παλινδρόμησης της y με δυο ανεξάρτητες μεταβλητές x_1 και x_2 . Τέλεια συγγραμμικότητα υπάρχει όταν η μια μεταβλητή x μπορεί να εκφραστεί ακριβώς με όρους της άλλης ανεξάρτητης μεταβλητής, για όλες τις παρατηρήσεις στο σύνολο των δεδομένων. Δηλαδή: Οι μεταβλητές x_1 και x_2 έχουν τέλεια συγγραμμικότητα, εάν $x_1 = \alpha + \beta x_2$ με α και β να είναι πραγματικοί αριθμοί. Από την παραπάνω εξίσωση φαίνεται ότι οι δύο μεταβλητές βρίσκονται σε ευθεία γραμμή, και ότι η μία προσδιορίζει τέλεια την άλλη. Στην περίπτωση αυτή, δεν υπάρχει καινούρια πληροφορία που θα μπορούσε να αποκτήσει η y με την προσθήκη της x_2 σε ένα μοντέλο παλινδρόμησης που ήδη περιέχει την x_1 (ή και αντίστροφα) (Aczel και Sounderpandian, 2017).

Στην πραγματικότητα, οι περισσότερες περιπτώσεις είναι ενδιάμεσα στις δύο παραπάνω ακραίες καταστάσεις. Συχνά εντοπίζεται κάποιος βαθμός συγγραμμικότητας μεταξύ αρκετών από τις ανεξάρτητες μεταβλητές σε ένα υπόδειγμα παλινδρόμησης. Ένα μέτρο της συγγραμμικότητας μεταξύ δύο μεταβλητών x_i είναι η συσχέτιση μεταξύ τους. Εάν και μια προϋπόθεση της παλινδρόμησης είναι ότι οι μεταβλητές x_i είναι σταθερές και μη τυχαίες μεταβλητές, εδώ αυτός ο προσδιορισμός χαλαρώνει λίγο και πραγματοποιείται μέτρηση της συσχέτισης μεταξύ των ανεξαρτήτων μεταβλητών (αυτό σημαίνει ότι είναι τυχαίες μεταβλητές). Όταν δύο μεταβλητές x_i βρεθούν να έχουν υψηλή συσχέτιση μεταξύ τους, τότε αναμένονται τα δυσμενή αποτελέσματα της πολυσυγγραμμικότητας στη διαδικασία υπολογισμού του μοντέλου παλινδρόμησης (Wooldridge, 2013).

Στην περίπτωση της τέλει συγγραμμικότητας, ο αλγόριθμος της παλινδρόμησης δεν έχει καμία απολύτως ισχύ. Ακόμα και σε περίπτωση που η εύρεση των εκτιμήσεων των συντελεστών παλινδρόμησης, η διακύμανσή τους θα έτεινε προς το άπειρο. Εάν ο βαθμός συγγραμμικότητας δεν είναι πολύ υψηλός, περιμένουμε η διακύμανση των εκτιμήσεων της παλινδρόμησης (και τα τυπικά σφάλματα) να είναι μεγάλη. Όταν οι συσχετίσεις μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών της παλινδρόμησης είναι μικρού βαθμού, οι επιδράσεις της πολυσυγγραμμικότητας μπορεί να μην είναι πολύ σοβαρές και να επιλύονται. Σε περιπτώσεις, όμως, ισχυρών συσχετίσεων, το πρόβλημα αυτό μπορεί να προκαλέσει πολλά προβλήματα στην παλινδρόμηση, έτσι ώστε να πρέπει να ληφθούν διορθωτικά μέτρα (Aczel και Sounderpandian, 2017).

Αιτίες εμφάνισης πολυσυγγραμικότητας

Υπάρχουν αρκετοί λόγοι που μπορεί να προκαλέσουν πολυσυγγραμικότητα. Μια μέθοδος συλλογής δεδομένων μπορεί να προκαλέσει πολυσυγγραμικότητα, εάν χωρίς να το προσέξουμε συλλέγουμε δεδομένα με σχετικές τιμές σε διάφορες μεταβλητές. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η βελτίωση της μεθόδου δειγματοληψίας μπορεί να λύσει το πρόβλημα. Σε άλλες περιπτώσεις, οι μεταβλητές μπορεί εκ φύσεως να συσχετίζονται μεταξύ τους, και οι προσαρμογές της δειγματοληψίας να μην έχουν κανένα θετικό αποτέλεσμα. Τότε, μία εκ των συσχετισμένων μεταβλητών πρέπει να απορριφθεί από το μοντέλο, ώστε να αποφευχθεί το πρόβλημα της συγγραμικότητας (Wooldridge, 2013).

Άλλος ένας λόγος εμφάνισης συγγραμικότητας είναι η συμπερίληψη στο μοντέλο μεταβλητών x_i υψωμένες σε κάποια δύναμη (μεγαλύτερη από 2). Η συμπερίληψη μιας μεταβλητής x^2 σε ένα μοντέλο παλινδρόμησης, όπου υπάρχει ήδη η μεταβλητή x , μπορεί να προκαλέσει συγγραμικότητα, αν τα δεδομένα περιορίζονται σε ένα στενό εύρος τιμών (Wooldridge, 2013).

Εντοπισμός ύπαρξης πολυσυγγραμικότητας

Πολλά στατιστικά προγράμματα στον ηλεκτρονικό υπολογιστή έχουν ενσωματωμένες προειδοποιήσεις σχετικά με την ύπαρξη πολυσυγγραμικότητας υψηλού βαθμού, που δημιουργούν σοβαρά προβλήματα στο μοντέλο παλινδρόμησης. Ωστόσο, ακόμα και σε πιο “ελαφριές” περιπτώσεις εμφάνισης του προβλήματος, μπορεί τα αποτελέσματα να μην είναι αντιπροσωπευτικά και να εμφανίζονται εκτιμητές με μεγάλες διακυμάνσεις. Αυτό σημαίνει ότι μερικοί συντελεστές παλινδρόμησης φαίνονται στατιστικά μη σημαντικοί, ενώ στην πραγματικότητα είναι. Στην περίπτωση αυτήν, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής μπορεί να μην μας προειδοποιήσει, εμείς όμως θα πρέπει να ελέγξουμε για να μάθουμε. Υπάρχουν κυρίως δύο μέθοδοι για τον έλεγχο ύπαρξης πολυσυγγραμικότητας (Wooldridge, 2013).

Η πρώτη μέθοδος είναι ο υπολογισμός του πίνακα συσχετίσεων των ανεξάρτητων μεταβλητών της παλινδρόμησης. Ο πίνακας συσχετίσεων μας επιτρέπει να εντοπίζουμε τις ανεξάρτητες μεταβλητές που συσχετίζονται ισχυρά μεταξύ τους και επομένως προκαλούν το πρόβλημα της πολυσυγγραμικότητας, όταν περιλαμβάνονται μαζί σε μια εξίσωση παλινδρόμησης. Όταν δύο μεταβλητές συσχετίζονται, αυτό σημαίνει ότι περιέχουν και οι δύο περίπου την ίδια πληροφορία για τη μεταβλητή y (Wooldridge, 2013).

Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις που υπάρχουν συσχετίσεις μεταξύ περισσότερων από δύο ζευγών, η πολυσυγγραμικότητα μπορεί να προκαλείται από το ζεύγος με τη μικρότερη συσχέτιση. Επίσης, μπορεί και να προκαλείται από πιο περίπλοκες συσχετίσεις των δεδομένων, σε σχέση με τις συσχετίσεις ανά ζεύγος. Γι’ αυτό, υπάρχει και η δεύτερη μέθοδος εντοπισμού της πολυσυγγραμικότητας: ο πληθωριστικός παράγοντας διασποράς (Variance Inflation Factor – VIF) (Wooldridge, 2013).

Σύμφωνα με τον Wooldridge (2013) ο βαθμός πολυσυγγραμικότητας που οφείλεται σε μια μεταβλητή x_h , όταν στο μοντέλο υπάρχουν ήδη οι μεταβλητές $x_1, \dots, x_k$, είναι μια συνάρτηση της πολλαπλής συσχέτισης μεταξύ της x_h και των άλλων μεταβλητών $x_1, \dots, x_k$. Αν υποθέσουμε ότι εφαρμόζουμε ένα μοντέλο παλινδρόμησης, όχι της y , αλλά της x_h σε σχέση με τις μεταβλητές $x_1, \dots, x_k$, τότε προκύπτει ένας συντελεστής προσδιορισμού R_h^2 . Ο συντελεστής αυτός αποτελεί ένα μέτρο της πολυσυγγραμικότητας που ασκείται από τη μεταβλητή x_h . Θυμίζουμε ότι ένα από τα προβλήματα της πολυσυγγραμικότητας είναι η σημαντική αύξηση των τιμών της διασποράς των εκτιμήσεων των συντελεστών παλινδρόμησης. Για να μετρήσουμε το φαινόμενο αυτό, χρησιμοποιούμε τον παράγοντα VIF της μεταβλητής x_h :

$$VIF(x_h) = 1/(1 - R_h^2) \quad (4.25)$$

όπου R_h^2 είναι ο R^2 που προκύπτει από την παλινδρόμηση της μεταβλητής x_h , ως εξαρτημένης μεταβλητής, σε σχέση με τις άλλες x μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στην αρχική εξίσωση πρόβλεψης της y (Wooldridge, 2013).

Ο VIF της μεταβλητής x_h είναι ίσος με το λόγο της διασποράς της εκτίμησης του συντελεστή β_h της αρχικής παλινδρόμησης, ως προς τη διασπορά της εκτίμησης $\widehat{\beta}_h$, εάν η x_h δεν είναι συγγραμική με καμία άλλη εξαρτημένη μεταβλητή. Ο VIF είναι ο πληθωριστικός παράγοντας διασποράς των εκτιμήσεων, σε σύγκριση με το ποια θα ήταν η διασπορά, εάν η x_h δεν ήταν συγγραμική με καμία από τις άλλες x μεταβλητές στην παλινδρόμηση. Η χαρακτηριστική γραφική παράσταση της σχέσης μεταξύ του R_h^2 και του VIF φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Wooldridge, 2013).

Όταν το R_h^2 αυξάνεται από 0,9 σε 1, το VIF αυξάνεται δραματικά. Στην ουσία, για $R_h^2=1$, το VIF προσεγγίζει το άπειρο. Ωστόσο, ακόμα και για τιμές R_h^2 μικρότερες από 0,9, το VIF είναι αρκετά μεγάλο. Μία τιμή $VIF=6$, για παράδειγμα, σημαίνει ότι η διασπορά του β_h είναι 6 φορές μεγαλύτερη από αυτή που θα έπρεπε να είναι, εάν δεν υπήρχε πολυσυγγραμικότητα (Wooldridge, 2013). Η τιμή το δείκτη πρέπει να είναι μικρότερη από 2.

Μερικές ενδείξεις πολυσυγγραμικότητας, τις οποίες πρέπει να ελέγχουμε είναι οι ακόλουθες:

- Οι τιμές των διασπορών και των τυπικών σφαλμάτων των εκτιμήσεων των συντελεστών παλινδρόμησης $\widehat{\beta}_1$ είναι διογκωμένες.
- Το μέγεθος των εκτιμήσεων των συντελεστών $\widehat{\beta}_1$ παλινδρόμησης μπορεί να διαφέρουν από αυτό που περιμένουμε.
- Τα πρόσημα των $\widehat{\beta}_1$ μπορεί να είναι αντίθετα από τα αναμενόμενα.
- Η προσθήκη ή απομάκρυνση μεταβλητών προκαλεί μεγάλες αλλαγές στους $\widehat{\beta}_1$ ή στα πρόσημά τους.

- Η απομάκρυνση ενός σημείου από τα δεδομένα προκαλεί μεγάλες αλλαγές στους $\hat{\beta}_i$ ή στα πρόσημά τους.
- Σε μερικές περιπτώσεις, τα F-tests προκύπτουν να είναι σημαντικά, ενώ κανένα από τα t-tests δεν βγαίνει σημαντικό.

Από τις επιδράσεις της πολυσυγγραμικότητας που προαναφέρθηκαν συμπεραίνουμε ότι οι εκτιμήσεις $\hat{\beta}_i$ δεν θεωρούνται αξιόπιστες. Η πιο σοβαρή επίδραση είναι η διόγκωση της τιμής της διασποράς, που κάνει μερικές μεταβλητές να φαίνονται μη σημαντικές (Wooldridge, 2013).

Λύσεις στο πρόβλημα της Πολυσυγγραμικότητα κατά τον Wooldridge

1. Μία από τις καλύτερες λύσεις στο πρόβλημα της πολυσυγγραμικότητας είναι η απόρριψη κάποιων εκ των συσχετισμένων μεταβλητών από το μοντέλο παλινδρόμησης. Για παράδειγμα, έστω ότι έχουμε μια παλινδρόμηση της Y ως προς τις x_1, x_2, x_3, x_4 και ότι η x_1 συσχετίζεται ισχυρά με τη x_4 . Στην περίπτωση αυτή, μεγάλο μέρος της πληροφορίας για την y που περιέχεται στη x_1 περιέχεται και στη x_4 . Εάν απορριφθεί η μία εκ των δύο από το μοντέλο, τότε θα λυθεί το πρόβλημα της πολυσυγγραμικότητας και θα χαθεί κάποια μικρή πληροφορία για την y . Συγκρίνοντας το R^2 με το διορθωμένο R^2 των μοντέλων παλινδρόμησης με και χωρίς μία εκ των μεταβλητών, μπορούμε να αποφασίσουμε ποια από τις δύο ανεξάρτητες μεταβλητές να απορρίψουμε από το μοντέλο. Επιθυμητό είναι να διατηρηθεί ένα υψηλό R^2 , γι' αυτό και απορρίπτουμε μία μεταβλητή, αν το R^2 δεν μειώνεται πολύ μετά την απομάκρυνση της μεταβλητής αυτής από το μοντέλο. Όταν το διορθωμένο R^2 αυξάνεται με την απομάκρυνση μιας μεταβλητής, τότε σίγουρα πρέπει να απορρίψουμε τη μεταβλητή αυτή. Ωστόσο, μερικές φορές από την απομάκρυνση κάποιας συγκεκριμένης μεταβλητής μπορεί να εκδηλώσουμε κάποια μεροληψία, το οποίο δεν είναι επιθυμητό. Σε τέτοιες περιπτώσεις, καλό είναι "ζυγίζουμε" τις συνέπειες από τη μεροληψία που προκύπτει με τη διαγραφή μιας μεταβλητής, έναντι της αύξησης της διασποράς της εκτίμησης του συντελεστή παλινδρόμησης, όταν η μεταβλητή περιλαμβάνεται στο μοντέλο.
2. Όταν η πολυσυγγραμικότητα οφείλεται στις μεθόδους δειγματοληψίας που, εκ της φύσεώς τους, τείνουν προς την επιλογή στοιχείων με παρόμοιες τιμές μερικών από τις ανεξάρτητες μεταβλητές, τότε μια αλλαγή στο σχέδιο δειγματοληψίας, ώστε να συμπεριλάβει στοιχεία πέρα από το εύρος της πολυσυγγραμικότητας, μπορεί να μειώσουμε την έκταση του προβλήματος.
3. Μία άλλη μέθοδος που μπορεί να μειώσει ή και να εξαλείψει το φαινόμενο της πολυσυγγραμικότητας είναι ο μετασχηματισμός μερικών από τις μεταβλητές. Ο καλύτερος τρόπος για να γίνει αυτό είναι να σχηματιστούν νέοι συνδυασμοί των μεταβλητών X ($\log X, 1/X$), οι οποίοι δεν συσχετίζονται μεταξύ τους, και στη συνέχεια να εφαρμοστεί το μοντέλο παλινδρόμησης με τους νέους μετασχηματισμούς και όχι τις αρχικές μεταβλητές. Με τον τρόπο αυτόν, η πληροφορία της αρχικής μεταβλητής

διατηρείται, ενώ η πολυσυγγραμικότητα απαλείφεται. Ένας άλλος τρόπος μετασχηματισμού των μεταβλητών είναι το κεντράρισμα των δεδομένων, όπου οι μέσοι αφαιρούνται από τις μεταβλητές, σχηματίζοντας έτσι νέες μεταβλητές που εισέρχονται στο μοντέλο παλινδρόμησης.

4. Η πολυσυγγραμικότητα μπορεί να εξαλειφθεί με την εφαρμογή μιας διαδικασίας διαφορετικής από αυτή των ελαχίστων τετραγώνων, η οποία καλείται ραχοειδής παλινδρόμηση (ridge regression). Οι εκτιμήσεις των συντελεστών παλινδρόμησης εμφανίζουν κάποια μεροληψία, όμως μερικές φορές είναι προτιμότερο να ανεχτούμε λίγη αμεροληψία στις εκτιμήσεις αυτές, προκειμένου να μειωθούν οι υψηλές τιμές των διακυμάνσεων που προκύπτουν από την πολυσυγγραμικότητα (Wooldridge, 2013).

Εξέταση των καταλοίπων

Η τιμή που αντιστοιχεί στην αντίστοιχη παρατήρηση και προκύπτει από την εξίσωση παλινδρόμησης. Ουσιαστικά, τα κατάλοιπα είναι η διαφορά μεταξύ αυτού που πραγματικά παρατηρείται και αυτού που προβλέπεται από την παλινδρόμηση, δηλαδή η ποσότητα που η εξίσωση παλινδρόμησης δεν μπορεί να εξηγήσει. Όσον αφορά την εφαρμογή ενός μοντέλου παλινδρόμησης, υπάρχουν κάποιες προϋποθέσεις που πρέπει να ακολουθούν τα κατάλοιπα: να είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους και με τις άλλες μεταβλητές, να έχουν μέσο μηδέν, σταθερή διακύμανση και να ακολουθούν κανονική κατανομή. Η τελευταία προϋπόθεση απαιτείται για τη διεξαγωγή των F-tests. Επομένως, εάν το προσαρμοσμένο μοντέλο είναι σωστό, τα κατάλοιπα πρέπει να τείνουν να ικανοποιούν τις παραπάνω προϋποθέσεις, ή τουλάχιστον να μην οδηγούν σε κατάρριψη αυτών. Στη συνέχεια ακολουθούν διάφοροι τρόποι για τον έλεγχο των παραπάνω υποθέσεων (Wooldridge, 2013).

Έλεγχος σταθερότητας διακύμανσης

Μια γραφική παράσταση των σφαλμάτων με τις ανεξάρτητες μεταβλητές x ή τις $\hat{y}$ μπορεί να αποδείξει εάν η διασπορά των σφαλμάτων παραμένει σταθερή ή όχι. Η διασπορά των καταλοίπων φαίνεται από το εύρος του διαγράμματος διασποράς των καταλοίπων, καθώς η μεταβλητή X αυξάνεται. Εάν αυτό το εύρος αυξάνεται ή μειώνεται καθώς το X αυξάνεται, τότε δεν ισχύει η προϋπόθεση της σταθερής διακύμανσης. Το πρόβλημα αυτό καλείται ετεροσκεδαστικότητα. Όταν εμφανίζεται αυτό το πρόβλημα, δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων για την εκτίμηση της παλινδρόμησης και πρέπει να εφαρμόσουμε μία πιο πολύπλοκη μέθοδο, που ονομάζεται γενικευμένη (ή σταθμισμένη) μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων (Wooldridge, 2013).

Κεφάλαιο 5:

Περιφερειακές ανισότητες εντός του Ευρωπαϊκού χώρου

5.1 Γενικά

Οι περιφερειακές ανισότητες όπως αναδείχθηκε και στα προηγούμενα κεφάλαια δεν αφορούν μονάχα τα οικονομικά μεγέθη. Αντιθέτως χρησιμοποιούνται και για τη μελέτη και την έρευνα άλλων φαινομένων. Χαρακτηριστικά είναι τα παραδείγματα μελέτης συγκοινωνιακών και περιβαλλοντικών φαινομένων. Η συγκεκριμένη διαπίστωση οδήγησε στη χρήση των χωρικών δεικτών για να απαντηθεί το ερώτημα αν υπάρχουν έντονες περιφερειακές ανισότητες στην κατανάλωση της ενέργειας των μεταφορικών μέσων (οδικών, εναέριων και σιδηροδρομικών) μεταξύ των περιφερειών της Ευρώπης.

5.2 Περιφερειακές ανισότητες μεταξύ των περιφερειών του Ευρωπαϊκού χώρου

Οι χωρικοί δείκτες της αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο αποτελούν δείκτες βάσει των οποίων ερμηνεύονται οι ανισότητες σε περιφερειακά μεγέθη. Χρησιμοποιούνται ευρέως για τον εντοπισμό ανισοτήτων σε μεγέθη σχετικά με την οικονομία, την απασχόληση, την ανεργία κλπ. Της ως περιφερειακή δείκτες αποτυπώνουν αναπτυξιακά μεγέθη τα οποία δεν περιορίζονται στα οικονομικά, καθώς η ανάπτυξη και οικονομική μεγέθυνση δεν αποτελούν ταυτόσημες έννοιες (Πολύζος, 2011). Εξάλλου αρκετές έρευνες έχουν κάνει χρήση τέτοιων δεικτών για μεγέθη που αφορούν συγκοινωνιακά, ενεργειακά και περιβαλλοντικά φαινόμενα.

5.2.1 Δείκτης χωρικής εξειδίκευσης – Location Quotient (LQ)

Ο δείκτης χωρικής εξειδίκευσης LQ (location quotient). Ο δείκτης της δίνει την δυνατότητα απεικόνισης κατά την έρευνα, έτσι γίνεται ευκολότερη η ερμηνεία των αποτελεσμάτων καθώς μέσα από της χάρτες μπορούν να βρεθούν χωρικά πρότυπα και τυπολογίες. Ο συγκεκριμένος δείκτης ευνοεί τα άνω διότι η διάκριση των εξειδικευμένων περιφερειών ως της το φαινόμενο της ενεργειακής κατανάλωσης της εξεταζόμενους κλάδους των μεταφορών από την παρούσα έρευνα. Η διάκριση γίνεται με τον εξής τρόπο:

- Για $LQ > 1$, η περιφέρεια παρουσιάζει εξειδίκευση στην ενεργειακή κατανάλωση σε σχέση με τον μέσο όρο του Ευρωπαϊκού Χώρου, με την ενεργειακή κατανάλωση του εκάστοτε μεταφορικού μέσου να θεωρείται βασική.
- Για $LQ < 1$, η περιφέρεια δεν παρουσιάζει εξειδίκευση στην ενεργειακή κατανάλωση σε σχέση με τον μέσο όρο του Ευρωπαϊκού Χώρου, με την ενεργειακή κατανάλωση του εκάστοτε μεταφορικού μέσου να θεωρείται μη βασική.

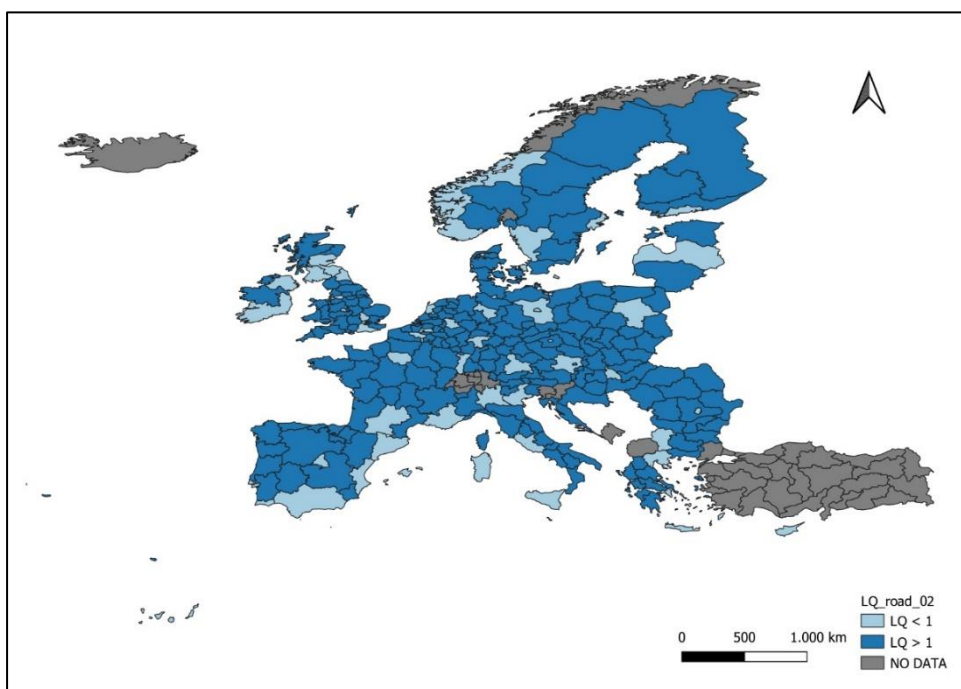
- Για $LQ = 1$, η περιφέρεια είναι ίδια με τον μέσο όρο του Ευρωπαϊκού χώρου, με την ενεργειακή κατανάλωση του εκάστοτε μεταφορικού μέσου να μην είναι ούτε βασική ούτε μη βασική (Πολύζος, 2011)

Οδικές μεταφορές

Αναφορικά με την ενεργειακή κατανάλωση των οδικών μεταφορών στον Ευρωπαϊκό Χώρο, όπου σύμφωνα με τον χάρτη οι περισσότερες περιφέρειες του Ευρωπαϊκού χώρου αποτελούν βασικούς καταναλωτές για το έτος 2002 όπως φαίνεται στην Εικόνα 4. Παρατηρείται ότι σε αρκετές περιφέρειες που γειτνιάζουν με τη Μεσόγειο Θάλασσα ή/και περιβάλλονται από αυτή, δηλαδή νησιά και νησιωτικά συμπλέγματα οι περιφέρειες δεν αποτελούν βασικούς καταναλωτές ενέργειας. Μία άλλη ανάλογη συστάδα εντοπίζεται σε περιοχές της Βαλτικής και της Νορβηγικής Θάλασσας, επιπλέον περιφέρειες που βρίσκονται περιμετρικά του Ηνωμένου Βασιλείου δεν παρουσιάζουν εξειδίκευση, ενώ και τα νησιά που αποτελούν Γαλλικές αποικίες δεν είναι εξειδικευμένες στην κατανάλωση ενέργειας των οδικών μεταφορών. Λιγότερες είναι οι περιπτώσεις τέτοιων περιφερειών της χώρας της Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης. Για ορισμένες χώρες και περιφέρειες δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα με αποτέλεσμα να μην έχουν συμπεριληφθεί στην έρευνα του φαινομένου.

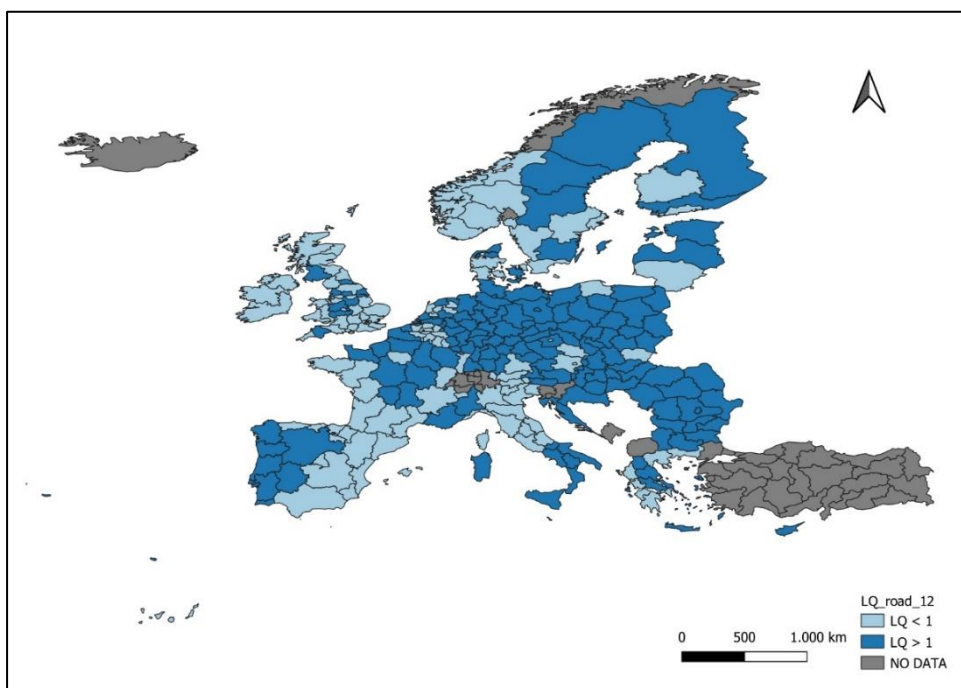
Το 2012 εντοπίζεται μία αρκετά διαφορετική εικόνα καθώς μεγάλος αριθμός περιφερειών στον Ευρωπαϊκό χώρο καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια για της ανάγκες για της οδικές μεταφορές σε σχέση με το 2002 όπως προκύπτει από την Εικόνα 5. Παρόλο που η κατάσταση είναι διαφορετική υπάρχουν ορισμένα κοινά σημεία στην τυπολογία των εξειδικευμένων και των μη εξειδικευμένων περιοχών, φερ' ειπείν όλο και περισσότερες περιφέρειες είναι μη βασικές στην ενεργειακή κατανάλωση σε χώρες που βρέχονται από θάλασσες. Πέραν της της τυπολογίας της μπορεί να προκύψει και ένα άλλο συμπέρασμα, η οικονομική κρίση φαίνεται να διαδραμάτισε σημαντικό παράγοντα σε αυτή την αλλαγή. Οι περισσότερες από της περιφέρειες εντοπίζονται σε χώρες η οποίες επηρεάστηκαν παραπάνω από την οικονομική κρίση, της είναι η Ελλάδα, η Ισπανία, η Ιταλία, η Ιρλανδία και σε μικρότερο βαθμό η Πορτογαλία. Οι χώρες αυτές δέχθηκαν αρκετές κυρώσεις και κρίθηκαν ως “βάρος” καθώς θεωρήθηκε ότι καθυστερούσαν την οικονομική ανάκαμψη της ΕΕ από τη δημοσιονομική κρίση που ξέσπασε το 2008. Οι χώρες αυτές συνέβαλαν στην αργή ανάπτυξη του ΑΕΠ, είχαν υψηλά ποσοστά ανεργίας αλλά και μεγάλα επίπεδα χρέους.

Εικόνα 4: Χάρτης ενεργειακής κατανάλωσης οδικών μεταφορών 2002 (LQ)..



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

Εικόνα 5: Χάρτης ενεργειακής κατανάλωσης οδικών μεταφορών 2012 (LQ).

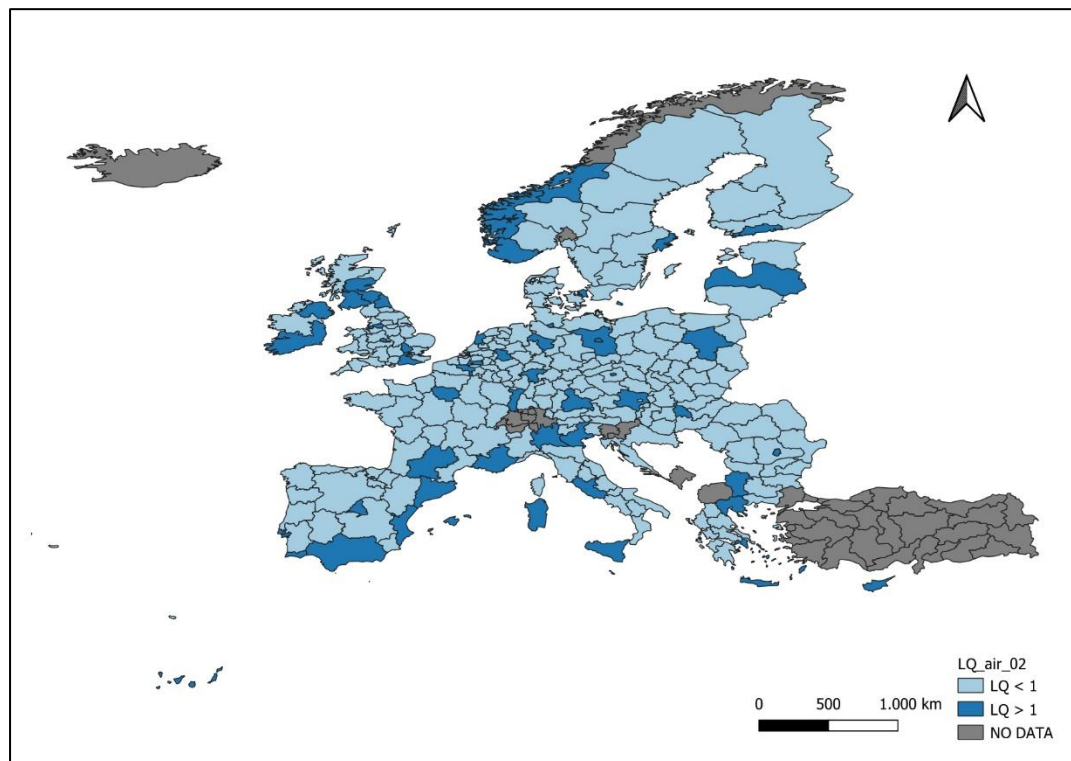


Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

Εναέριες μεταφορές

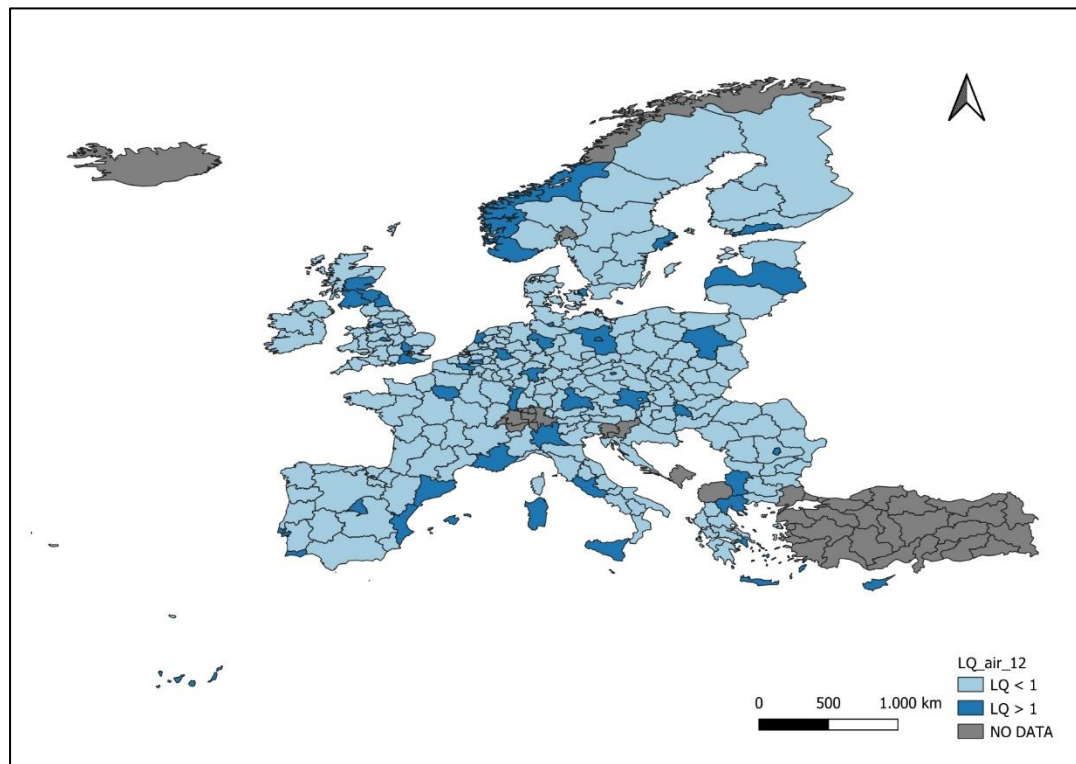
Το κομμάτι της ενεργειακής κατανάλωσης που αφορά της εναέριες μεταφορές στον Ευρωπαϊκό χώρο έχει εφαρμογή σε αρκετά λιγότερες περιφέρειες δεδομένου ότι αρκετές δεν διαθέτουν αεροδρόμια διεθνούς εμβέλειας που να μεταφέρουν και προϊόντα πέρα από επιβάτες ή δεν διαθέτουν καν αεροδρόμια. Για το έτος 2002 (εικόνα 6) βασικοί καταναλωτές είναι οι περιφέρειες που διαθέτουν μεγάλα αστικά κέντρα, που δέχονται μεγάλο όγκο ανθρώπων και εμπορευματικών προϊόντων. Επιπρόσθετα ορισμένες περιφέρειες μπορεί να εξυπηρετούν συμπληρωματικά και άλλες περιφέρειες ή μπορεί να έχουν τον ρόλο αεροδρομίου κόμβου, δηλαδή να δέχεται ανθρώπινο μετακινούμενο δυναμικό και εμπορευματικά προϊόντα και να τα διοχετεύει σε αεροδρόμια άλλων χωρών και όχι μόνο. Η διαμόρφωση τέτοιων κόμβων οφείλονται συνήθως σε μειωμένα μεταφορικά κόστη και συχνότητα δρομολογίων (με αποτέλεσμα να μην αυξάνεται πολύ το κόστος αποθήκευσης) αλλά και το δίκτυο στο οποίο ανήκουν. Τέτοια αεροδρόμια εντοπίζονται σε περιφέρειες που εμπεριέχουν της πρωτεύουσες των χωρών ή μεγάλες πόλεις που οικονομικά είναι περισσότερο εύρωστες από της, που συνήθως συναντώνται και σε χώρες που βρίσκονται σε καλύτερη οικονομική κατάσταση (πχ Λονδίνο).

Εικόνα 6: Χάρτης ενεργειακής κατανάλωσης εναέριων μεταφορών 2002 (LQ).



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

Εικόνα 7: Χάρτης Ενεργειακής κατανάλωσης εναέριων μεταφορών 2012 (LQ).



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

Αναφορικά με το έτος 2012 από την Εικόνα 7 παρατηρείται πως λιγότερα είναι τα αεροδρόμια που παρουσιάζουν εξειδίκευση στην κατανάλωση ενέργειας για εναέριες μεταφορές. Οι διαφορές που εντοπίζονται είναι λίγες και αφορούν περιφέρειες τη Ιταλίας, της Ιρλανδίας, της Πορτογαλίας και της Γαλλίας στα σύνορα με την Ισπανία.

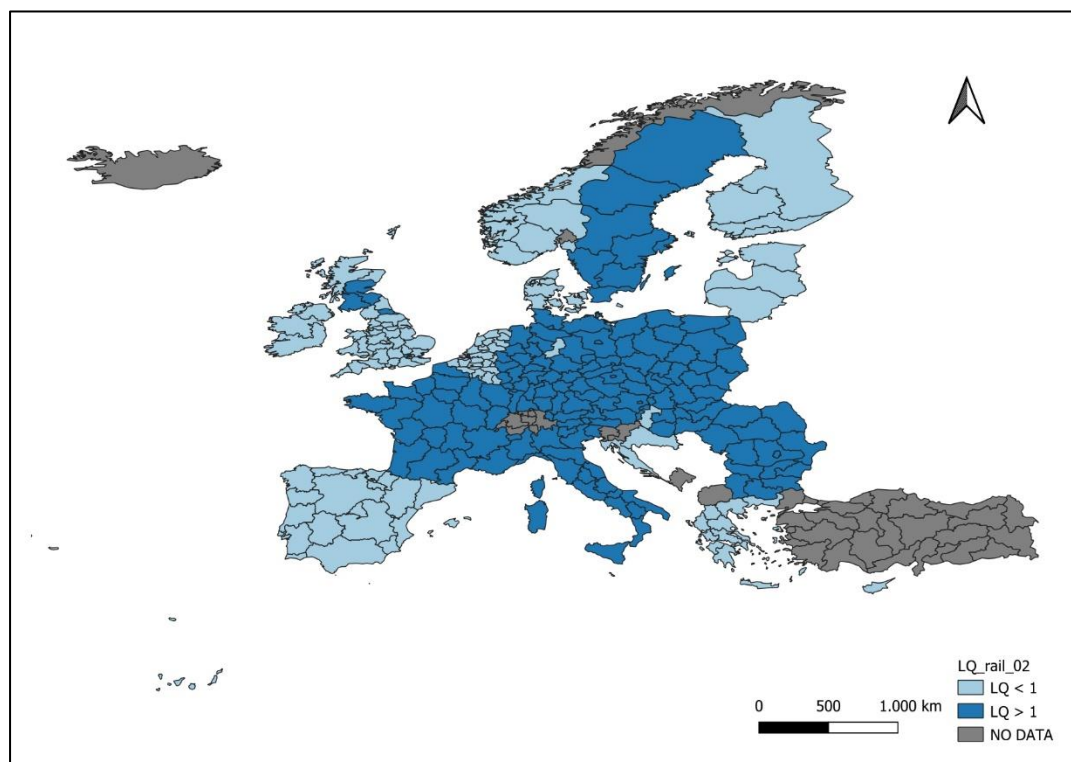
Σιδηροδρομικές μεταφορές

Η ενεργειακή κατανάλωση του σιδηροδρομικού δικτύου περιλαμβάνει και της νησιωτικές περιοχές παρόλο που της δεν έχουν κάποια τέτοια χάραξη, χαρακτηριστική περίπτωση αποτελεί η Περιφέρεια Ιονίων Νήσων στην Ελλάδα. Η έλλειψη της ενεργειακής κατανάλωσης στον ακτοπλοϊκό τομέα εξηγεί αυτή την παράδοξη εικόνα καθώς η συμβολή των μετακινούμενων τόσο στην οικονομία όσο και της επιβατικές μετακινήσεις έχει ενσωματωθεί της σιδηροδρομικές μεταφορές και της οδικές, καθώς έχουν καταναλώσει ενέργεια σε άλλα μέσα πριν φτάσουν στην ακτοπλοϊκή γραμμή, γι' αυτό το λόγο περιφέρειες νησιωτικών περιοχών συμπεριλαμβάνονται. Οι περιφέρειες που βρίσκονται εντός χωρών που έχουν ακτογραμμή με εξαίρεση αυτές που ανήκουν στη Γαλλία και στη Σουηδία δεν είναι βασικές περιφέρειες στην ενεργειακή κατανάλωση των σιδηροδρομικών μεταφορών. Αυτό αποτελεί μία πολύ λογική συνέπεια αν αναλογιστεί κανείς ότι πολύ μεγάλα λιμάνια εντοπίζονται σε χώρες της η Ολλανδία και αυτές του Ηνωμένου Βασιλείου με αποτέλεσμα

να έχουν εξειδικευτεί σε αυτό το κομμάτι παραγκωνίζοντας έτσι την επένδυση σε σιδηροδρομικό δίκτυο, για τη διακίνηση προϊόντων από της περιφέρειες των χωρών αυτών.

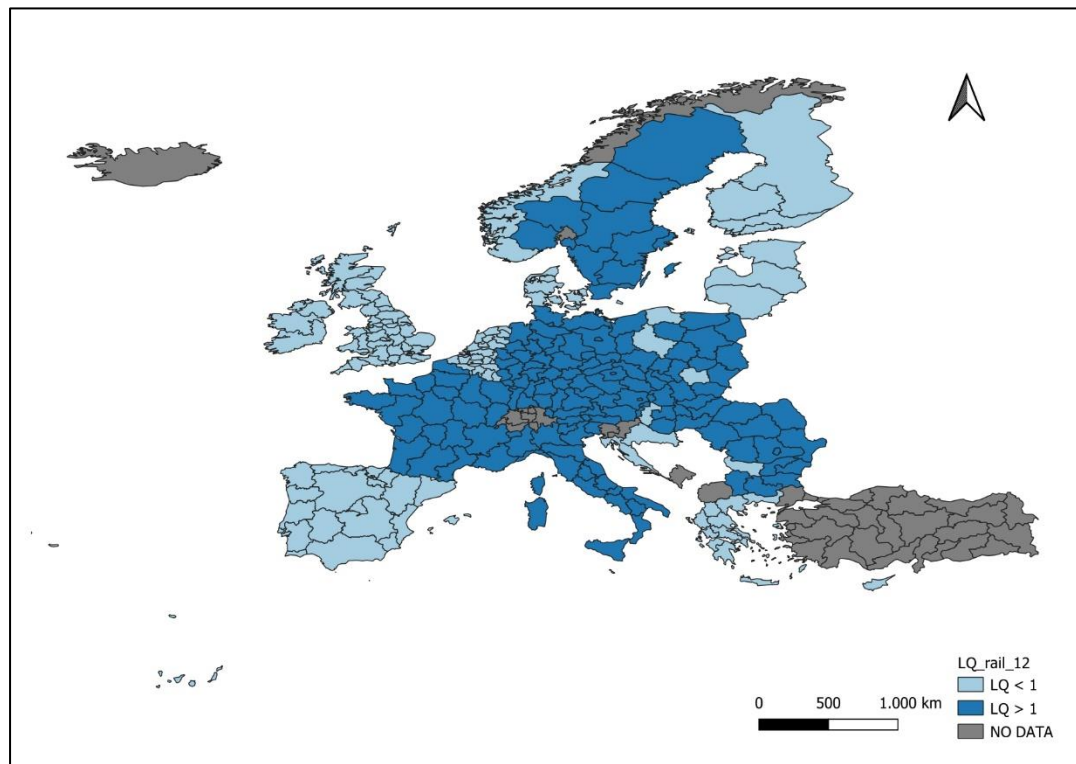
Επιπλέον οι χώρες που δεν διαθέτουν δυνατή οικονομία δεν έχουν διευρυμένο σιδηροδρομικό δίκτυο, καθώς είναι μέσο που χρειάζεται την επένδυση πολλών πόρων τόσο για τη χάραξη όσο και για τη συντήρηση του αλλά και του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού που είναι απαραίτητος για τη λειτουργία του με αποτέλεσμα η χρήση της να μην γίνεται με τον ίδιο ρυθμό της της περιφέρειες των χωρών που το δίκτυο της της υποδομής είναι ανεπτυγμένο, χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί και η Ελλάδα. Οι περιφέρειες των χωρών της κεντρικής Ευρώπης παρουσιάζουν μεγαλύτερη εξειδίκευση στην ενεργειακή κατανάλωση του συγκεκριμένου μέσου αλλά και οι Ιταλικές. Η εικόνα της εξειδίκευσης δεν αλλάζει σε μεγάλο βαθμό μεταξύ των ετών 2002 και 2012 όπως γίνεται αντιληπτό από τις Εικόνες 8 και 9.

Εικόνα 8: Χάρτης ενεργειακής κατανάλωσης σιδηροδρομικών μεταφορών 2002 (LQ).



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

Εικόνα 9: Χάρτης ενεργειακής κατανάλωσης σιδηροδρομικών μεταφορών 2012 (LQ).



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

5.2.2 Δείκτης του Theil (Theil Index)

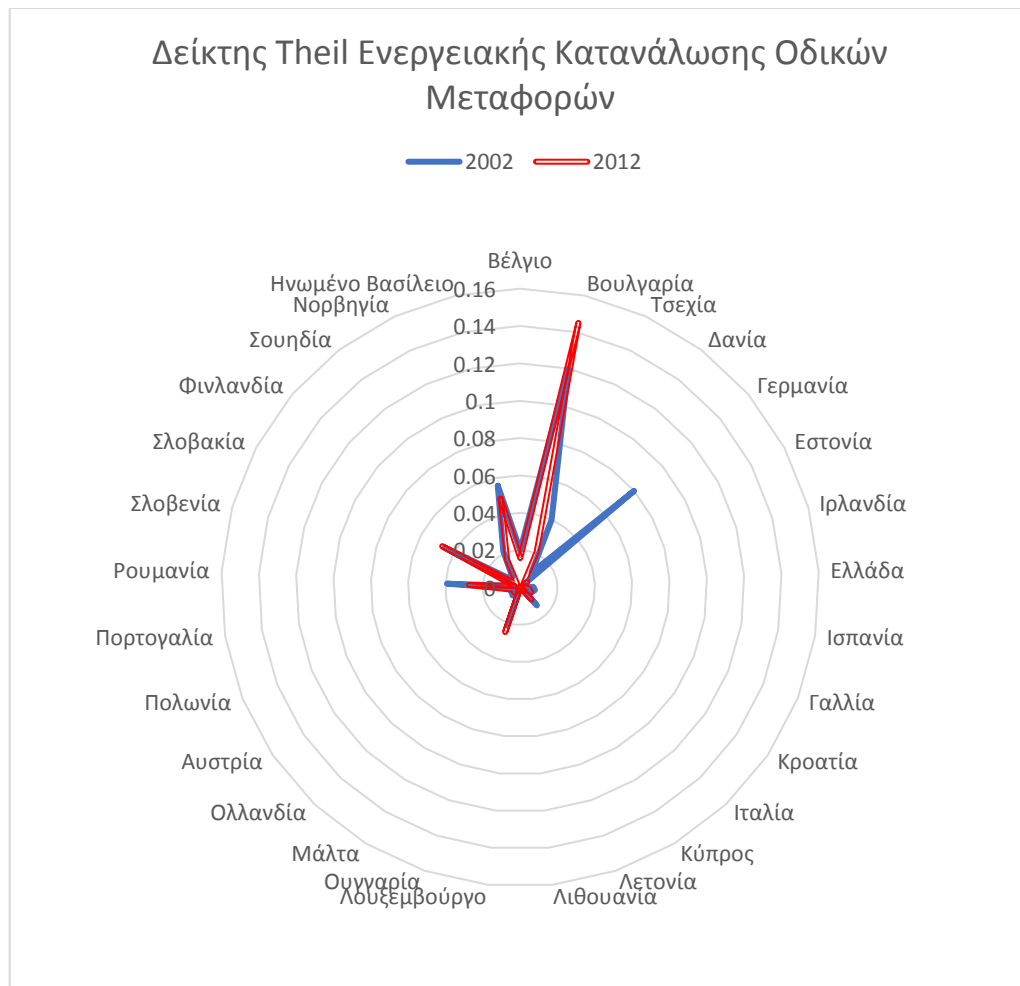
Της έχει ήδη αναφερθεί στο αντίστοιχο κεφάλαιο ο δείκτης του Theil χρησιμοποιείται για την σύγκριση μεγεθών που υπάρχουν σε χωρικές ενότητες. Προϋπόθεση αποτελεί οι χωρικές ενότητες να ανήκουν σε μία ευρύτερη και ο υπολογισμός του δείκτη αφορά την ευρύτερη χωρική ενότητα ερμηνεύοντας της της ανισότητες των επιμέρους περιοχών που βρίσκονται εντός της. Στην παρούσα έρευνα οι χωρικές ενότητες είναι οι περιφέρειες και οι ευρύτερες χωρικές ενότητες αποτελούνται από της χώρες του ευρωπαϊκού χώρου. Η Μελέτη του φαινομένου της ενεργειακής κατανάλωσης στον κλάδο των μεταφορών γίνεται με αυτόν τον τρόπο για να αναδειχθούν οι ανισότητες που παρουσιάζουν οι περιφέρειες των χωρών ως της το φαινόμενο. Επιπλέον η διαθεσιμότητα των δεδομένων επιτρέπει την μελέτη των περιφερειών, καθώς δεν υπάρχουν δεδομένα για μικρότερες κατηγορίες χωρικών ενότητων (πχ περιφερειακών ενότητων). Η χρησιμότητα του συγκεκριμένου δείκτη στην ανάλυση των περιφερειακών ανισοτήτων οφείλεται κυρίως της ιδιότητας του, πιο συγκεκριμένα ο δείκτης είναι:

- Συμμετρικός, οπότε μένει ανεπηρέαστος από της αντιμεταθέσεις μεταξύ των τιμών της ενεργειακής κατανάλωσης στο εκάστοτε μέσο μεταφοράς.
- Ανεξάρτητος από το λαμβανόμενο δείγμα, με αποτέλεσμα να παραμένει αμετάβλητος όταν ο αριθμός των ατόμων μεταβάλλεται κατά την ίδια αναλογία.

- Ανεξάρτητος από τον μέσο, οπότε παραμένει αναλλοίωτος σε ισοποσοστιαίες μεταβολές των τιμών της ενεργειακής κατανάλωσης στο εκάστοτε μέσο μεταφοράς.
- Διέπεται από την αρχή των μεταβιβάσεων, δηλαδή επηρεάζεται από της μεταβολές μεταξύ μελών του πληθυσμού, οι οποίες δεν μεταβάλλουν τη σχετική της θέση.

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 1 η ενεργειακή κατανάλωση των οδικών μεταφορών το 2002 παρουσιάζει μεγαλύτερες ανισότητες στη Βουλγαρία με τον δείκτη Theil να ισούται με 0.12 μία αρκετά μεγάλη τιμή σε σχέση με των άλλων χωρών. Επιπλέον μεγάλες ανισότητες, συναντώνται στη Γερμανία το Ηνωμένο Βασίλειο, τη Σλοβακία, την Τσεχία, τη Ρουμανία, την Ουγγαρία, τη Νορβηγία, το Βέλγιο και την Ιταλία. Οι υπόλοιπες χώρες παρουσιάζουν μικρότερες ανισότητες αναφορικά με το φαινόμενο μεταξύ των περιφερειών της. Της είναι αναμενόμενο παρουσιάζονται και μηδενικές τιμές του δείκτη, που δηλώνουν την ύπαρξη τέλει ισότητας, γεγονός που είναι απολύτως λογικό, καθώς της αντίστοιχες χώρες υπάρχει μία μόνο περιφέρεια. Όπως εμφανίζεται από το διάγραμμα το έτος 2012 παρατηρείται σύγκλιση του φαινομένου εντός των χωρών με ελάχιστες εξαιρέσεις, φερ' ειπείν η Βουλγαρία και η Ουγγαρία παρουσιάζουν αύξηση των ανισοτήτων μεταξύ των περιφερειών της καθώς ο δείκτης Theil για της χώρες αυτές είναι μεγαλύτερος. Παράλληλα μεγαλύτερη σύγκλιση του φαινομένου παρατηρείται στη Γερμανία.

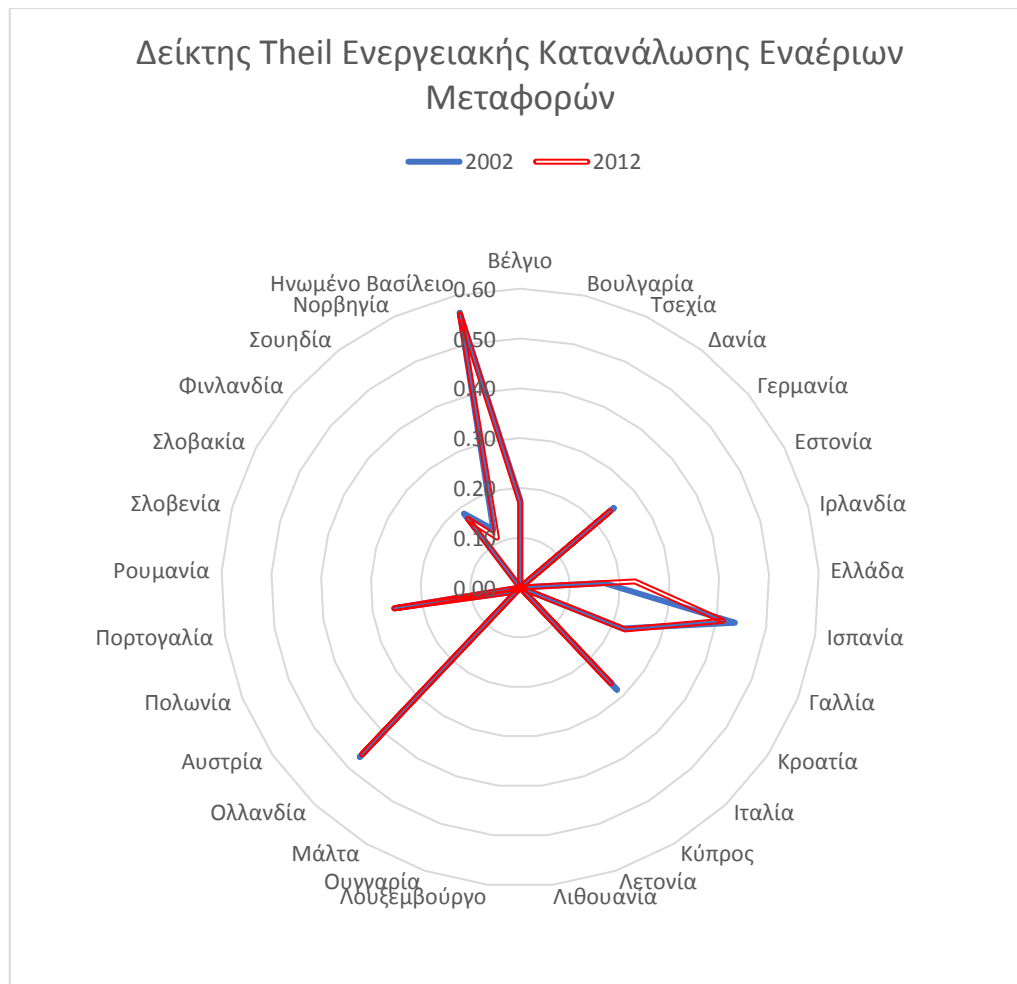
Διάγραμμα 1: Δείκτης Theil για τις ανισότητες μεταξύ των περιφερειών των χωρών στην ενεργειακή κατανάλωση των οδικών μεταφορών για τα έτη 2002 και 2012.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

Βάσει του Διαγράμματος 2 η ενεργειακή κατανάλωση των εναέριων μεταφορών το 2002 παρουσιάζει μεγαλύτερες ανισότητες στο Ηνωμένο Βασίλειο με τον δείκτη Theil να ισούται με 0.56 μία αρκετά μεγάλη τιμή σε σχέση με των άλλων χωρών. Επιπλέον μεγάλες ανισότητες, συναντώνται στη Γερμανία, τη Γαλλία, την Ισπανία, την Ιταλία, την Ολλανδία, την Πορτογαλία και την Ελλάδα. Οι υπόλοιπες χώρες παρουσιάζουν μικρότερες ανισότητες αναφορικά με το φαινόμενο μεταξύ των περιφερειών της. Της είναι αναμενόμενο παρουσιάζονται και μηδενικές τιμές του δείκτη, που δηλώνουν την ύπαρξη τέλει ισότητας, γεγονός που είναι απολύτως λογικό, καθώς της αντίστοιχες χώρες υπάρχει μία μόνο περιφέρεια, είτε δεν διαθέτουν αεροδρόμια εντός των συνόρων της που να πληρούν τα κριτήρια του ESPON. Της εμφανίζεται από το διάγραμμα το έτος 2012 παρατηρείται μικρή σύγκλιση του φαινομένου εντός των χωρών χωρίς να υπάρχει σε κάποια χώρα αύξηση των ανισοτήτων.

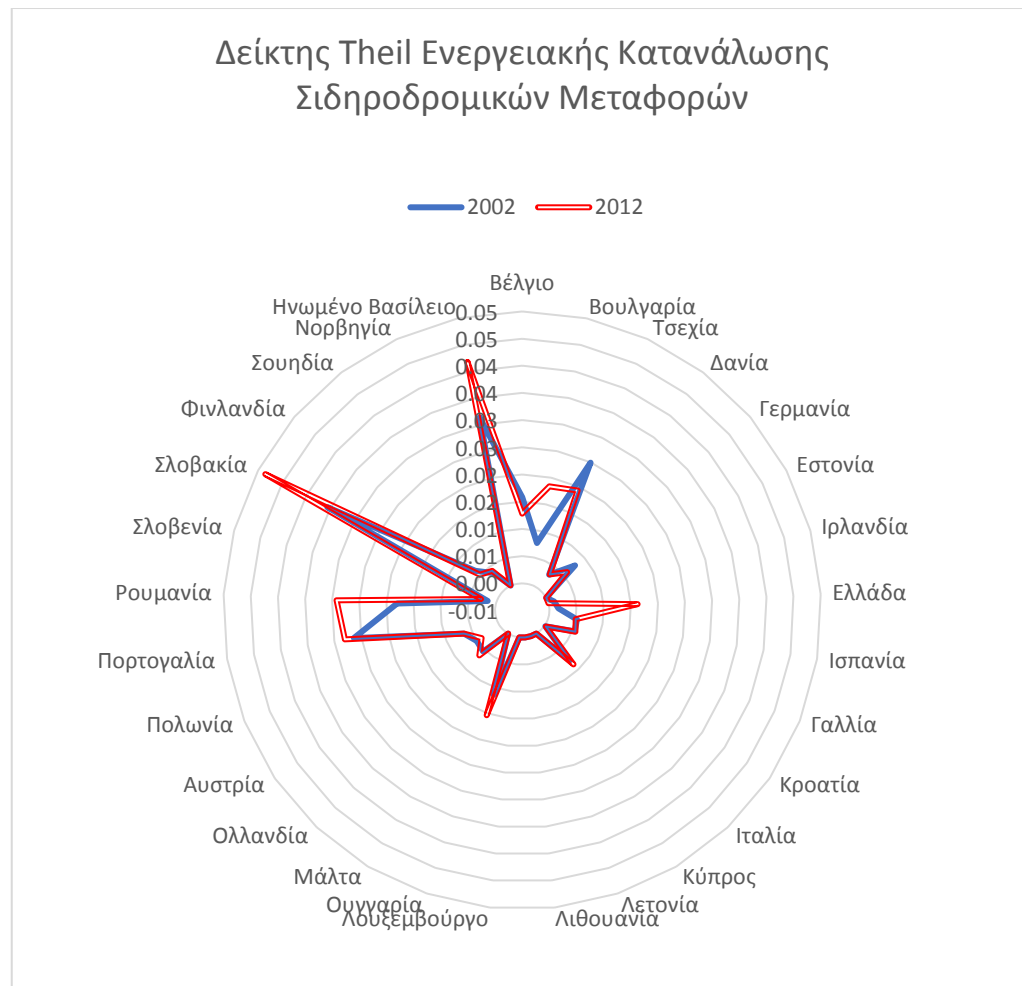
Διάγραμμα 2: Δείκτης Theil για τις ανισότητες μεταξύ των περιφερειών των χωρών στην ενεργειακή κατανάλωση των εναέριων μεταφορών για τα έτη 2002 και 2012.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 3 η ενεργειακή κατανάλωση των σιδηροδρομικών μεταφορών το 2002 δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα μεγάλες ανισότητες εντός των περιφερειών των χωρών. Κατά το έτος 2002 οι ανισότητες είναι λίγο πιο έντονες στη Σλοβακία, το Ηνωμένο Βασίλειο, την Πορτογαλία και την Τσεχία. Τα έτος 2012 υπάρχουν και ανακατατάξεις σε σχέση με της ανισότητες των περιφερειών για το υπό μελέτη φαινόμενο καθώς το Ηνωμένο Βασίλειο και τη Σλοβακία υπάρχει μεγαλύτερη αύξηση των ανισοτήτων βάσει του δείκτη του Theil. Παράλληλα μεγάλη αύξηση παρατηρείται σε χώρες της η Ελλάδα, η Βουλγαρία και η Ρουμανία, της οποίες η χρήση των σιδηροδρομικών γραμμών για τη μετακίνηση εμπορευματικών προϊόντων κυρίως έγινε με μεγαλύτερη ένταση με το πέρασμα της δεκαετίας, ενώ παράλληλα τμήματα των συρμών υλοποιήθηκαν ή εκσυγχρονίστηκαν μέσα σε αυτή τη δεκαετία.

Διάγραμμα 3: Δείκτης Theil για τις ανισότητες μεταξύ των περιφερειών των χωρών στην ενεργειακή κατανάλωση των σιδηροδρομικών μεταφορών για τα έτη 2002 και 2012.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

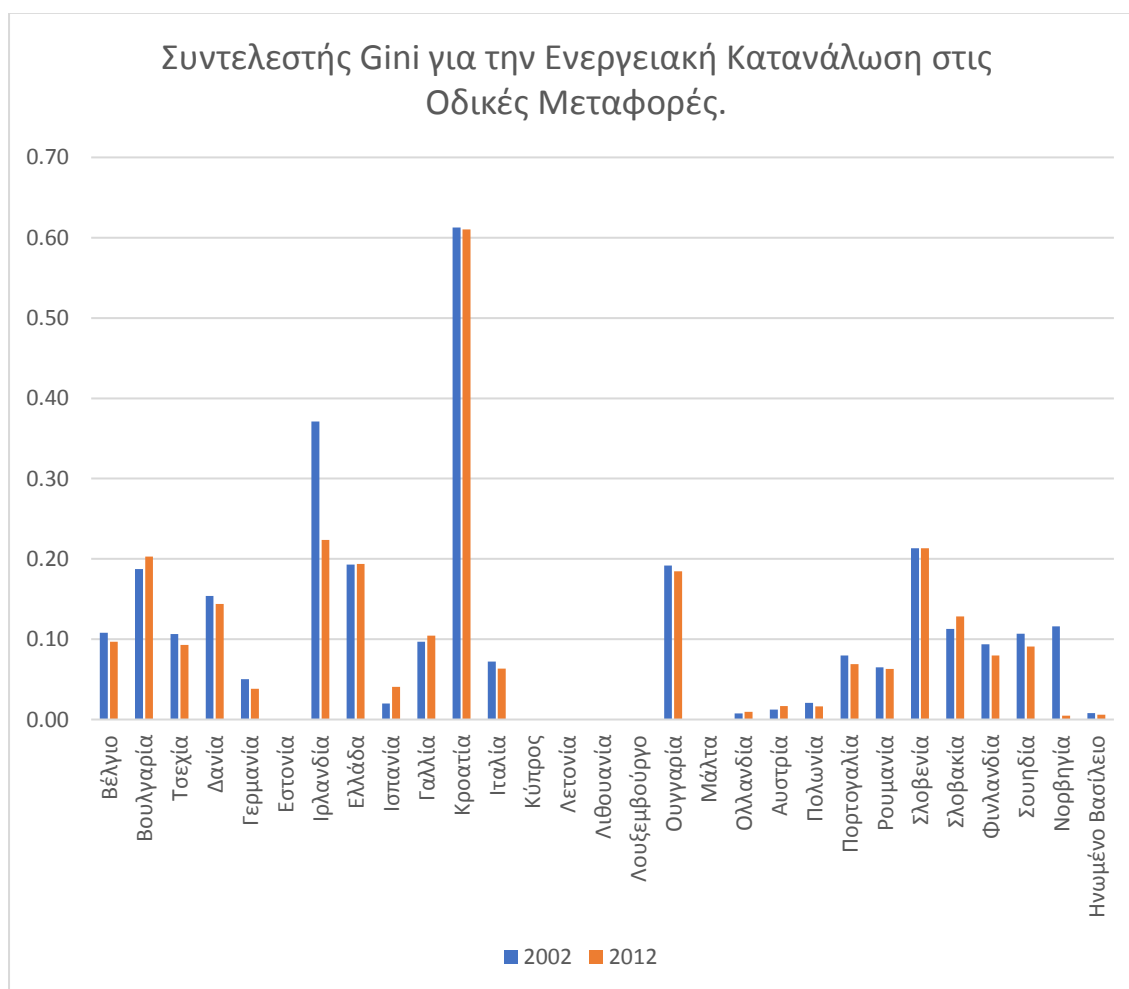
5.2.3 Δείκτης Gini (Gini Coefficient)

Ο συντελεστής Gini έχει αναλυθεί στο Κεφάλαιο ... και χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ανισοκατανομής της περιφερειακού μεγέθους. Οι τιμές που λαμβάνει ο δείκτης είναι μεταξύ του 0 και του 1 και στη συγκεκριμένη έρευνα έχει χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με την καμπύλη του Lorenz. Όταν η τιμή του δείκτη είναι κοντά στο 0 τόσο μεγαλύτερη είναι η ισοκατανομή της ενεργειακής κατανάλωσης για το εκάστοτε μέσο, ενώ όσο απομακρύνεται και πλαισιώνει την τιμή 1 τόσο μεγαλύτερες είναι οι ανισότητες μεταξύ των περιφερειών της κάθε χώρας.

Ο συντελεστής Gini για την κατανάλωση ενέργειας της οδικές μεταφορές παρουσιάζει ελάχιστες διαφοροποιήσεις μεταξύ των δύο ετών (2002, 2012). Η μεγαλύτερη ανισοκατανομή του φαινομένου συναντάται στην Κροατία (Διάγραμμα 4) όπου και για της δύο χρονιές ο δείκτης λαμβάνει τιμές μεγαλύτερες του 0.60. Όσον αφορά της διαφορές οι

πιο έντονες εντοπίζονται στην Ιρλανδία, όπου για το έτος 2002 δείκτης ισούται με 0.37 και το 2012 με 0.22 γεγονός που δηλώνει μία καλύτερη ισοκατανομή για το μέγεθός μεταξύ των περιφερειών της Ιρλανδίας. Αρκετά μεγάλη μεταβολή του δείκτη παρατηρείται και για τη Νορβηγία όπου η τιμή του δείκτη το 2002 υπολογίστηκε στο 0.12 ενώ για το 2012 η τιμή του ήταν ίση με 0.05. Μακροσκοπικά φαίνεται η ανισοκατανομή του μεγέθους να μεταβάλλεται σε μικρό βαθμό της περιφέρειες των υπόλοιπων χωρών, σε ορισμένες από αυτές υπάρχει μικρή αύξηση από το 2002 στο 2012 (πχ Ισπανία, Βουλγαρία κ.α.) και σε ορισμένες μικρή μείωση (πχ Γερμανία, Πορτογαλία κ.α.). Επιπλέον παρατηρούνται μηδενικές τιμές του δείκτη κάτι το οποίο δεν θα πρέπει να είναι παραπλανητικό και να οδηγήσει σε συμπεράσματα πλήρους ισοκατανομής, διότι ορισμένες χώρες αποτελούνται από μία μόνο περιφέρεια σύμφωνα με την αρχιτεκτονική της διοικητικής της δομής.

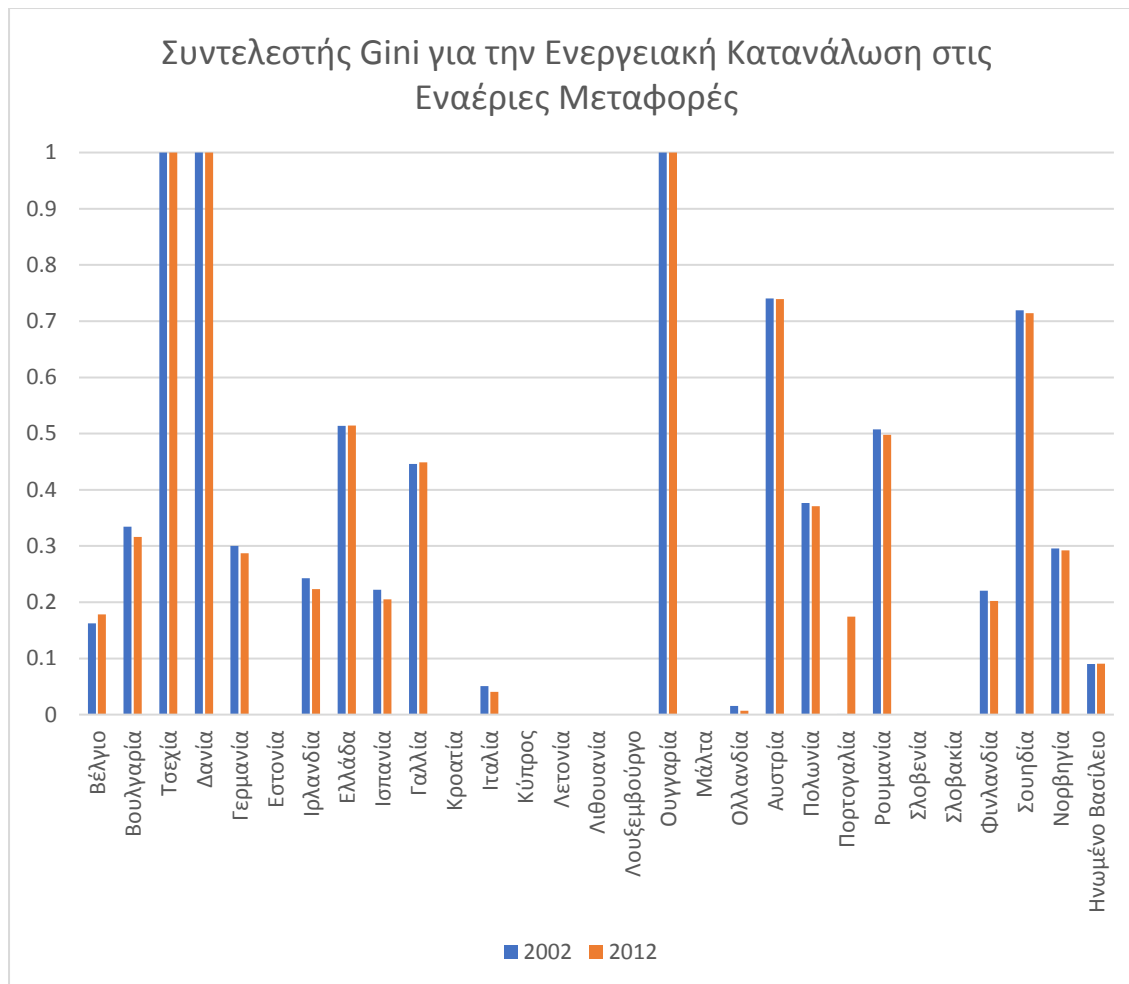
Διάγραμμα 4: Δείκτης Gini για τις ανισότητες μεταξύ των περιφερειών των χωρών στην ενεργειακή κατανάλωση των οδικών μεταφορών για τα έτη 2002 και 2012.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

Ο συντελεστής Gini, όπως γίνεται αντιληπτό από το Διάγραμμα 5, για την κατανάλωση ενέργειας της εναέριες μεταφορές παρουσιάζει ελάχιστες διαφοροποιήσεις μεταξύ των δύο ετών (2002, 2012). Η μεγαλύτερη ανισοκατανομή του φαινομένου συναντάται στην Τσεχία, τη Δανία και την Ουγγαρία όπου και για της δύο χρονιές ο δείκτης λαμβάνει την τιμή 1, η τόσο έντονη ανισοκατανομή οφείλεται στο γεγονός ότι εντός των χωρών αυτών υπάρχει μία μόνο περιφέρεια που διαθέτει αεροδρόμια και παράγουν ρύπους βάσει της ESPON. Όσον αφορά της διαφορές οι πιο έντονες εντοπίζονται στην Πορτογαλία, όπου για το έτος 2002 η τιμή του δείκτη προσεγγίζει το 0 και το 2012 το 0.17 γεγονός που δηλώνει μία χειρότερη ισοκατανομή για το μέγεθός μεταξύ των περιφερειών της Πορτογαλίας. Ακόμα μεγάλες περιφερειακές ανισότητες βάσει του δείκτη Gini φαίνονται στην Αυστρία και τη Σουηδία με την Ελλάδα, τη Ρουμανία και τη Γαλλία να ακολουθούν, παρουσιάζοντας και οι πέντε ελάχιστη μεταβολή μεταξύ των δύο ετών για τον δείκτη. Για της υπόλοιπες χώρες οι τιμές του δείκτη και για τα δύο έτη είναι μικρότερες του 0.5 με αποτέλεσμα να μην θεωρείται ότι έχουν τόσο έντονο πρόβλημα στην ισοκατανομή της ενεργειακής κατανάλωσης της περιφέρειες της, ενώ οι μεταβολές της είναι από το 2002 στο 2012 είναι αρκετά μικρές. Επιπλέον παρατηρούνται μηδενικές τιμές του δείκτη κάτι το οποίο δεν θα πρέπει να είναι παραπλανητικό και να οδηγήσει σε συμπεράσματα πλήρους ισοκατανομής, διότι ορισμένες χώρες αποτελούνται από μία μόνο περιφέρεια σύμφωνα με την αρχιτεκτονική της διοικητικής της δομής.

Διάγραμμα 5: Δείκτης Gini για τις ανισότητες μεταξύ των περιφερειών των χωρών στην ενεργειακή κατανάλωση των εναέριων μεταφορών για τα έτη 2002 και 2012.

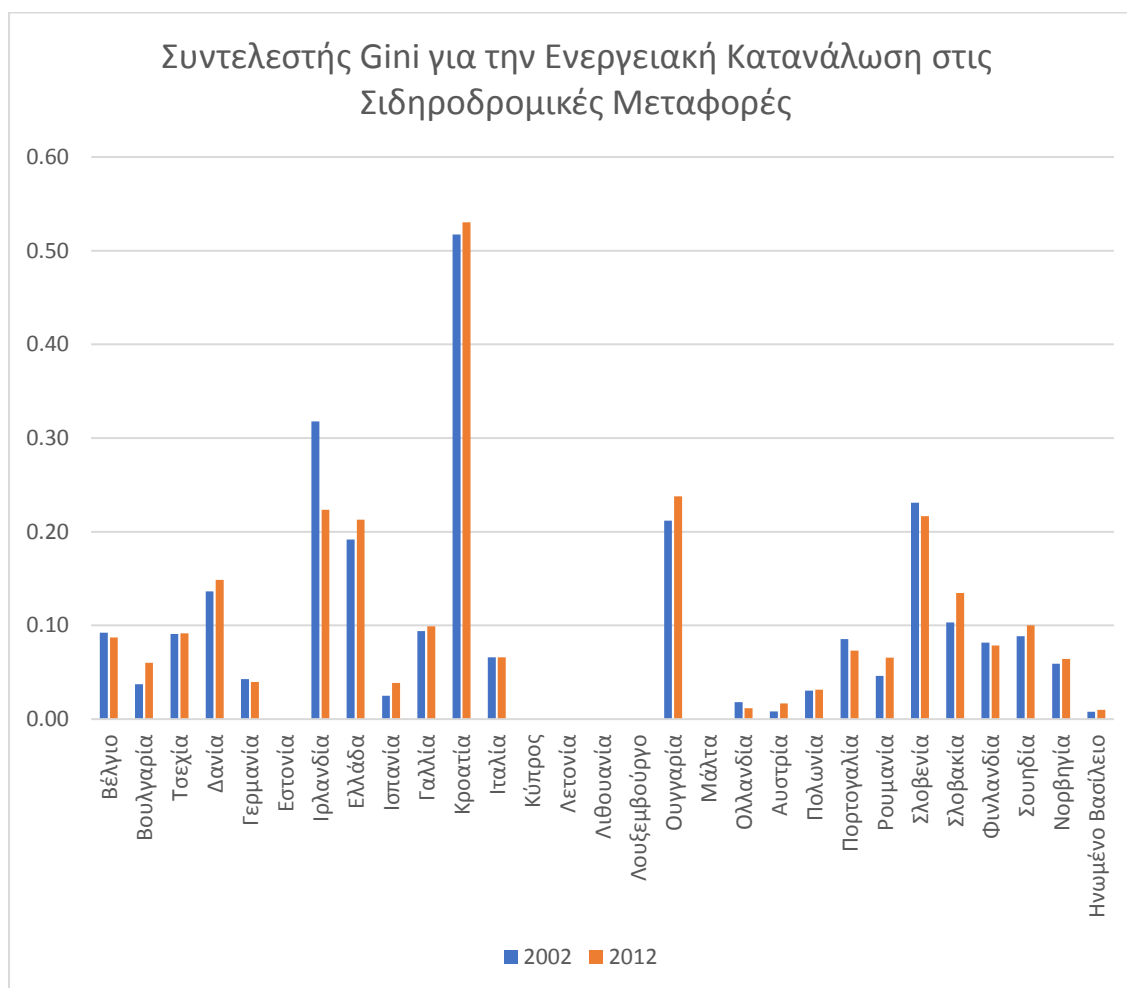


Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

Από το Διάγραμμα 6 ο συντελεστής Gini για την κατανάλωση ενέργειας της σιδηροδρομικές μεταφορές παρουσιάζει ελάχιστες διαφοροποιήσεις μεταξύ των δύο ετών (2002, 2012). Η μεγαλύτερη ανισοκατανομή του φαινομένου συναντάται στην Κροατία όπου και για της δύο χρονιές ο δείκτης λαμβάνει τιμές μεγαλύτερες του 0.50. Όσον αφορά της διαφορές οι πιο έντονες εντοπίζονται στην Ιρλανδία, όπου για το έτος 2002 δείκτης ισούται με 0.32 και το 2012 με 0.22 γεγονός που δηλώνει μία καλύτερη ισοκατανομή για το μέγεθός μεταξύ των περιφερειών της Ιρλανδίας. Οι περιφέρειες των υπόλοιπων χωρών δεν παρουσιάζουν αρκετά έντονες ανισότητες μεταξύ της καθώς για της οι τιμές που λαμβάνει ο δείκτης Gini είναι μικρότερες 0.25 περίπου και για τα δύο έτη. Επιπρόσθετα δεν παρουσιάζονται έντονες αμβλύνσεις ή οξύνσεις της ενεργειακής κατανάλωσης μεταξύ των περιφερειών των υπόλοιπων χωρών παρά μόνο μικρές αυξομειώσεις. Επιπλέον παρατηρούνται μηδενικές τιμές του δείκτη κάτι το οποίο δεν θα πρέπει να είναι

παραπλανητικό και να οδηγήσει σε συμπεράσματα πλήρους ισοκατανομής, διότι ορισμένες χώρες αποτελούνται από μία μόνο περιφέρεια σύμφωνα με την αρχιτεκτονική της διοικητικής της δομής.

Διάγραμμα 6: Δείκτης Gini για τις ανισότητες μεταξύ των περιφερειών των χωρών στην ενεργειακή κατανάλωση των σιδηροδρομικών μεταφορών για τα έτη 2002 και 2012.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

5.2.4 Συμπεράσματα

Οι χωρικοί δείκτες που υπολογίστηκαν στο παρόν κεφάλαιο αναδεικνύουν της ανισότητες σε περιφερειακό επίπεδο για της χώρες του Ευρωπαϊκού χώρου με ποικίλους τρόπους. Αρχικά έγινε η παράθεση των εξειδικεύσεων με τη χρήση του δείκτη LQ, για το συγκεκριμένο δείκτη ως ευρύτερη χωρική ενότητα χρησιμοποιήθηκε το σύνολο των χωρών της Ευρώπης. Η άνω λογική ακολουθήθηκε επειδή ήθελα να αναδείξω τυπολογίες για την ενεργειακή κατανάλωση των τριών μέσων που μελετήθηκαν (Οδικό, Σιδηροδρομικό και

Εναέριο). Από την άνω μελέτη παρατηρήθηκε πως σε γενικότερο πλαίσιο η εξειδίκευση της κατανάλωσης ενέργειας της οδικής μεταφοράς εμφανίζεται σε λιγότερες περιφέρειες της Ευρώπης το 2012 από ότι το 2002. Επιπλέον στα άλλα δύο μέσα παρατηρείται ότι βασικοί καταναλωτές ενέργειας εντοπίζονται κυρίως στην κεντρική Ευρώπη και σε κάποιες Βαλκανικές χώρες.

Ο δείκτης του Theil δεν χρησιμοποιήθηκε της ακριβώς ο δείκτης LQ, καθώς δεν θέλησα να υποδείξω απλώς εξειδικεύσεις αλλά ανισότητες και σύγκριση μεταξύ των δύο ετών. Κατά αντίστοιχο τρόπο υπολογίστηκε και ο συντελεστής Gini της εξαιτίας των δομικών διαφορών που παρουσιάζουν οι δείκτες ανέδειξαν διαφορετικά αποτελέσματα. Το κυριότερο συμπέρασμα είναι πως εντός των χωρών υπάρχουν ανισότητες που αφορούν την ενεργειακή κατανάλωση και έχουν να κάνουν με μία πληθώρα πραγμάτων. Οι περιφέρειες εντός των χωρών αποτελούν της κύριους εκφραστές των ανισοτήτων αυτών μέσα από την κατανάλωση της ενέργειας για τα τρία μέσα. Η θέση των περιφερειών, ο πληθυσμός και το ΑΕΠ είναι μερικοί από της παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση της ενέργειας για τα μεταφορικά μέσα. Παρακάτω λόγω έλλειψης δεδομένων θα διερευνηθούν οι ανισότητες μεταξύ των χωρών.

Κεφάλαιο 6:

Ανισότητες μεταξύ Ευρωπαϊκών χωρών

6.1 Γενικά

Όπως έγινε κατανοητό στο προηγούμενο κεφάλαιο μεταξύ των περιφερειών υπάρχουν αρκετές ανισότητες. Ως φυσικό επακόλουθο και οι υπό μελέτη χώρες εξαιτίας των διαφορών χαρακτηριστικών τους παρουσιάζουν ανισότητες οι οποίες μπορεί να οφείλονται σε αρκετές παραμέτρους. Η εξέταση των ανισοτήτων θα υλοποιηθούν στο παρόν κεφάλαιο σύμφωνα με τις κλασσικές μεθόδους της περιγραφικής στατιστικής. Τη στατιστική αυτή ανάλυση θα ακολουθήσει η δημιουργία ενός μοντέλου το οποίο στηρίζεται στις οικονομετρικές θεωρίες για να μπορέσει να γίνει αντιληπτό ποιοι είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή αποτελεσματικότητα στον τομέα των μεταφορών και σε ποιο βαθμό αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν την ενεργειακή αποτελεσματικότητα στον τομέα των μεταφορών. Οι μεταβλητές που αναλύονται προκύπτουν από τη βιβλιογραφία και είναι αυτοί που θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια στην κατασκευή του μοντέλου. Ο δείκτης που χρησιμοποιούνται για τη διερεύνηση των ανισοτήτων και κατ' επέκταση για τη δόμηση του μοντέλου παρατίθενται στον Πίνακα 1. Αναλυτικότερα τα δεδομένα του Πίνακα 1 παρατίθενται στον Πίνακα Α του Παρατήματος.

Πίνακας 1: Περιγραφή δεικτών μέσω τελικού Dashboard.

ΑΡΧΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ- ΛΔΡΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ			
ΣΤΗΛΗ	ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
A	Country	Ονομασία Χώρας	Κείμενο
B	Pop_2002	Πληθυσμός 1η Ιανουαρίου 2002	Αριθμός κατοίκων
C	Pop_2012	Πληθυσμός 1η Ιανουαρίου 2012	Αριθμός κατοίκων
D	wPop_2002	Σχετικό βάρος της χώρας ως προς τον πληθυσμό της περιόδου μελέτης το 2002	Αναλογία (τιμές μεταξύ 0 και 1)
E	wPop_2012	Σχετικό βάρος της χώρας ως προς τον πληθυσμό της περιόδου μελέτης το 2012	Αναλογία (τιμές μεταξύ 0 και 1)
ΔΕΙΚΤΕΣ - ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ			
G	ID1_2002	Εξοικονόμηση ενέργειας στις μεταφορές 1η Ιανουαρίου 2002	Ποσοστό: Βάση δεδομένων Odyssee
H	ID1_2012	Εξοικονόμηση ενέργειας στις μεταφορές 1η Ιανουαρίου 2012	Ποσοστό: Βάση δεδομένων Odyssee
I	ID2_2002	Κατά κεφαλή ενεργειακή κατανάλωση οδικών μέσων 1η Ιανουαρίου 2002	GWh/άτομο: RoaEneft_2002/Pop_2002, Βάση δεδομένων ESPON
J	ID2_2012	Κατά κεφαλή ενεργειακή κατανάλωση οδικών μέσων 1η Ιανουαρίου 2012	GWh/άτομο: RoaEneft_2012/Pop_2012, Βάση δεδομένων ESPON
K	ID3_2002	Κατά κεφαλή ενεργειακή κατανάλωση εναέριων μέσων 1η Ιανουαρίου 2002	MWh/άτομο: AirEneft_2002/Pop_2002 x 1000, Βάση δεδομένων ESPON
L	ID3_2012	Κατά κεφαλή ενεργειακή κατανάλωση εναέριων μέσων 1η Ιανουαρίου 2012	MWh/άτομο: AirEneft_2012/Pop_2012 x 1000, Βάση δεδομένων ESPON
M	ID4_2002	Κατά κεφαλή ενεργειακή κατανάλωση σιδηροδρομικών μέσων 1η Ιανουαρίου 2002	MWh/άτομο: RaiEneft_2002/Pop_2002 x 1000, Βάση δεδομένων ESPON
N	ID4_2012	Κατά κεφαλή ενεργειακή κατανάλωση σιδηροδρομικών μέσων 1η Ιανουαρίου 2012	MWh/άτομο: RaiEneft_2012/Pop_2012 x 1000, Βάση δεδομένων ESPON
O	ID5_2002	Ένταση αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμης σε τιμές 2010, με κλιματικές διορθώσεις το 2002	koe/EUR2010p, Βάση δεδομένων Odyssee
P	ID5_2012	Ένταση αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμης σε τιμές 2010, με κλιματικές διορθώσεις το 2012	koe/EUR2010p, Βάση δεδομένων Odyssee
Q	ID6_2002	Ενεργειακή κατανάλωση ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου το 2002	toe/careq, Βάση δεδομένων Odyssee
R	ID6_2012	Ενεργειακή κατανάλωση ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου το 2002	toe/careq, Βάση δεδομένων Odyssee

Πηγή: ESPON και Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία.

6.2 Περιγραφική στατιστική

Κατά την περίοδο των δέκα ετών μακροσκοπικά φαίνεται πως η ενεργειακή αποτελεσματικότητα ή και εξοικονόμηση ενέργειας στον τομέα των μεταφορών έχει αυξηθεί στις χώρες της Ευρώπης, με την αύξηση αυτή να ανέρχεται σε επίπεδα που αγγίζουν το 11%, η αύξηση αυτή παρατηρείται ξεχωριστά και για κάθε χώρα. Αναφορικά με την ενεργειακή κατανάλωση στις οδικές μεταφορές το σύνολο της περιοχής παρουσιάζουν μείωση της τάξης του 9.72%, οι περισσότερες από τις χώρες παρουσιάζουν μείωση του φαινομένου. Η κατανάλωση της ενέργειας στις εναέριες μεταφορές παρουσιάζουν μικρή αύξηση της τάξης του 1.33% με τις περισσότερες από τις χώρες να παρουσιάζουν αύξηση, στη συγκεκριμένη κατηγορία η κατανάλωση της ενέργειας έχει υπολογιστεί ως μηδενική από την υπηρεσία της ESPON, αντίστοιχο φαινόμενο παρουσιάζεται και στην ενεργειακή κατανάλωση των τραίνων, η για την οποία το φαινόμενο φαίνεται να παρουσιάζει μείωση 9.11%. Επιπρόσθετα η ένταση της αγοραστικής δύναμης της ενέργειας σε ευρώ με τις αντίστοιχες κλιματικές διορθώσεις σε τιμές του 2010 μειώνεται από το 2002 στο 2012 σε ποσοστό περίπου 21%, τέλος η κατανάλωση της ενέργειας ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου παρουσιάζει και αυτή μείωση του 13.64%. Οι προαναφερόμενες μεταβολές φαίνονται λογικές αν αναλογιστεί κανείς πως η αποτελεσματικότητα στον τομέα των μεταφορών έχει αυξηθεί με αποτέλεσμα τα μεγέθη που αφορούν στην κατανάλωση ενέργειας στην πλειοψηφία τους να έχουν μειωθεί, με τη μοναδική αύξηση να εμφανίζεται για το σύνολο της περιοχής στις εναέριες μεταφορές. Παρακάτω γίνεται παρουσίαση των κυριότερων στατιστικών μέτρων., ώστε να μπού βαθύτερα στην ανάλυση και να μπορέσω να εξετάσω με καλύτερα μέσα κατά πόσο αυτή η μείωση είναι πραγματική ή φαινομενική. Στον Πίνακα 1 που ακολουθεί φαίνονται τα στατιστικά μέτρα.

Πίνακας 2: Βασικά στατιστικά μέτρα για όλες τις χώρες.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ID1		ID2		ID3		ID4		ID5		ID6	
	2002	2012	2002	2012	2002	2012	2002	2012	2002	2012	2002	2012
Ελάχιστη τιμή (Minimum)	0.00	3.20	2.50	2.70	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.40	0.40
Μέγιστη τιμή (Maximum)	10.70	41.60	56.90	48.30	3.10	3.00	0.40	0.30	0.30	0.20	1.50	1.10
Εύρος (Range)	10.70	38.40	54.40	45.60	3.10	3.00	0.4	0.20	0.20	0.10	1.00	0.70
Μέση τιμή (Average - Mean)	2.19	13.14	8.50	7.68	0.79	0.80	0.12	0.11	0.18	0.14	0.87	0.75
Διάμεσος (Median)	1.80	9.00	6.63	5.97	0.73	0.77	0.11	0.08	0.16	0.14	0.83	0.75
Διασπορά (Variance)	4.48	81.68	93.81	64.79	0.67	0.64	0.01	0.01	0.00	0.00	0.05	0.03
Τυπική Απόκλιση (Standard Deviation)	2.12	9.04	9.69	8.05	0.82	0.8	0.09	0.09	0.06	0.04	0.23	0.17
Συντελεστής Μεταβλητότητας	96%	68%	113%	104%	103%	100%	78%	81%	33%	26%	26%	23%
1ο Τεταρτημόριο (Q1)	0.85	6.65	4.54	4.53	0.05	0.06	0.06	0.05	0.13	0.11	0.73	0.61
3ο Τεταρτημόριο (Q3)	2.75	18.25	8.49	8.03	0.99	1.04	0.16	0.15	0.21	0.16	1.02	0.86
2ο Δεκατημόριο (D2)	0.7	6	4.19	4.32	0	0	0.05	0.04	0.13	0.1	0.71	0.6
8ο Δεκατημόριο (D8)	3.1	18.6	9.06	8.8	1.33	1.26	0.16	0.17	0.24	0.17	1.07	0.9
Αναλογία Q3/Q1 (μέτρο ανισοτήτων)	3.24	2.74	1.87	1.77	19.87	17.62	2.76	3.11	1.64	1.52	1.4	1.41
Αναλογία D8/D1 (μέτρο ανισοτήτων)	4.43	3.1	2.16	2.04	-	-	2.92	4.36	1.9	1.62	1.51	1.5
Λοξότητα	2.57	1.37	4.75	4.88	1.33	1.35	1.62	1.25	0.79	0.71	0.41	-0.13
Σταθμισμένος Συντελεστής Μεταβλητότητας	99%	42%	22%	19%	49%	46%	60%	68%	32%	47%	21%	18%

Πηγή: ESPON και Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία.

Από την παραπάνω στατιστική ανάλυση προκύπτουν αρκετά σημαντικά συμπεράσματα. Το βασικότερο είναι πως υπάρχουν αρκετές διαφορές εντός της περιοχής μελέτης, καθώς οι τιμές των δεικτών εμφανίζουν σημαντικές ανισότητες, όπως γίνεται αντιληπτό από τη διακύμανση των τιμών που έχουν οι δείκτες. Μία ακόμα ένδειξη για την ύπαρξη αυτών των ανισοτήτων είναι οι σχετικά μεγάλες διαφορές μεταξύ μέσης τιμής και διαμέσου που εντοπίζεται στους δείκτες ID1 και ID2 και για τα δύο έτη. Πιο συγκεκριμένα η διάμεσος είναι μικρότερη από τη μέση τιμή, το γεγονός αυτό αναδεικνύει μία σχετική συγκέντρωση στις χαμηλές τιμές για τους ID1 και ID2 και στα δύο έτη. Η ιδιαίτερα υψηλή τιμή για την εξοικονόμηση ενέργειας επιβεβαιώνει αυτή τη θεώρηση για τον δείκτη ID1 όπου η Ρουμανία δημιουργεί στατιστικό θόρυβο, κατά αντιστοιχία η υψηλή τιμή του Λουξεμβούργου για το δείκτη ID2 εξηγεί αυτή τη συμπεριφορά των δεδομένων του πληθυσμού. Τα παραπάνω γίνονται πιο σαφή μέσα από το συντελεστή μεταβλητότητας CV και του σταθμισμένου συντελεστή μεταβλητότητας wCV. Στην περίπτωση του ID1 για το έτος 2002 ο $wCV > CV$, επομένως γίνεται αντιληπτό πως η προσπάθεια των χωρών για σύγκλιση της αποτελεσματικότητας στην ενεργειακή κατανάλωση δεν ήταν αρκετά έντονη το έτος 2002. Αντίθετα το έτος 2012 δεν ισχύει κάτι τέτοιο καθώς $wCV < CV$.

Ιδιαίτερα προβληματικό είναι το γεγονός ότι για τους τρεις δείκτες (ID1, ID3, ID4) ο σταθμισμένος συντελεστής μεταβλητότητας είναι άνω του 50% για τα έτη 2002 και 2012. Επιπλέον οι αναλογίες μεταξύ 3^{ου} και 1^{ου} τεταρτημόριου αλλά και του 8^{ου} με του 2^{ου} δεκατημόριου αποτελούν άλλη μία επιβεβαίωση ύπαρξης μεταξύ ανισοτήτων. Αναφορικά με την εξοικονόμηση της ενέργειας οι ανισότητες είναι μεγάλες καθώς το 25% των χωρών με τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα είναι τουλάχιστον υψηλότερη κατά 3.24 φορές από το 25% των χωρών με τη μικρότερη αποτελεσματικότητα για το έτος 2002. Αυτή η αναλογία με το πέρας της δεκαετίας είναι μικρότερη και της τάξης του 2.74. Η διαφοροποίηση στην αναλογία οφείλεται σε αποτελεσματικότερη εξοικονόμηση της ενέργειας στον κλάδο των μεταφορών από τις χώρες που είχαν ήδη αποτελεσματική εξοικονόμηση ενέργειας το 2002. Η τιμή της αναλογίας αυτής είναι πολύ έντονη στην κατανάλωση ενέργειας στις εναέριες μεταφορές όπου για το έτος 2002 είναι ίση με 19.87 και το 2012 ίση με 17.62. Όπως γίνεται αντιληπτό οι διαφορές στην κατανάλωση ενέργειας μεταξύ του 25% των χωρών που έχουν την υψηλότερη κατανάλωση, δαπανούν περίπου 20 φορές περισσότερη ενέργεια από το 25% των χωρών που έχει χαμηλότερη κατανάλωση για το 2002 και περίπου 18 φορές το 2012. Εμφαίνεται μία μείωση η οποία δεν έχει οδηγήσει στα καλύτερα δυνατά επίπεδα σύγκλισης στην ενεργειακή κατανάλωση στις εναέριες μεταφορές. Προβληματισμός γεννάται και από την κατανάλωση ενέργειας στις σιδηροδρομικές μεταφορές, όχι σε τόσο έντονο βαθμό με τις εναέριες, καθώς η αναλογία αυτή για το 2002 είναι 2.92 φορές μεταξύ των υψηλότερων καταναλωτών και των χαμηλότερων, ενώ το έτος 2012 δεν φαίνεται να υπάρχει σύγκλιση καθώς οι χώρες με τη χαμηλότερη κατανάλωση και οι χώρες με την υψηλότερη παρουσιάζουν διαφορά στην αναλογία της τάξης του 3.11 Για του δείκτες ID2, ID5 και ID6 η διαφορά είναι μικρή καθώς η αναλογία Q3/Q1 είναι μικρότερη του 2 εμφανίζοντας

σύγκλιση ή σταθερότητα. Τέλος η αναλογία $Q8/Q2$ γίνεται ακόμα πιο συγκεκριμένη καθώς εστιάζει στο 20% των χωρών που εμφανίζουν μεγαλύτερη ένταση του φαινομένου που εκπροσωπεί κάθε δείκτης προς το 20% των χωρών που εμφανίζουν μικρότερη ένταση.

Η τελική επιβεβαίωση έρχεται από το μέγεθος της λοξότητας, διότι αποτελεί μέγεθος που δείχνει την ασυμμετρία στις τιμές μιας μεταβλητής. Πιο συγκεκριμένα:

- Όταν η λοξότητα λαμβάνει τιμές μεταξύ του διαστήματος $[-0.5, +0.5]$ είναι αρκετά συμμετρική.
- Όταν η λοξότητα λαμβάνει τιμές που περιλαμβάνονται στα διαστήματα $[-1.0, -0.5)$ και $(+0.5, +1.0]$ παρουσιάζει περιορισμένη ασυμμετρία.
- Όταν η λοξότητα λαμβάνει τιμές στα διαστήματα $(-\infty, -1)$ και $(+1, +\infty)$ τότε υπάρχει αρκετά σημαντική ασυμμετρία.

Σύμφωνα με τα παραπάνω μεγάλη ασυμμετρία στα δεδομένα υπάρχουν στον ID1 για το έτος 2002, η οποία ωστόσο παρουσιάζεται βελτιωμένη το 2012 καθώς η τιμή της πέφτει από το 2.57 στο 1.37 αλλά και για το 2012 παραμένει προβληματική. Για τον δείκτη ID2 λοξότητα και στα 2 έτη είναι άνω του 4.5 πιο συγκεκριμένα 4.75 για το 2002 και 4.88 για το 2012. Επιπρόσθετα για τους δείκτες ID3 και ID4 οι τιμές της λοξότητας είναι μεγαλύτερες του 1 και για τα δύο έτη με αποτέλεσμα να υπάρχει και εδώ σημαντική ασυμμετρία. Για τον δείκτη ID5 η τιμή της λοξότητας κυμαίνεται μεταξύ του 0.5 και του 1 με αποτέλεσμα να υπάρχει περιορισμένη ασυμμετρία στα δεδομένα που αφορούν τον συγκεκριμένο δείκτη. Τέλος ο δείκτης ID6 διαθέτει αρκετή συμμετρία στα δεδομένα του καθώς η τιμή της λοξότητας είναι μεταξύ του -0.5 και του +0.5 για τα δύο έτη 0.41 για το έτος 2002 και -0.13 για το έτος 2012.

Στηριζόμενος στα παραπάνω μπορώ να πω πως υπάρχουν ενδείξεις για σύγκλιση των δεικτών και κατ' επέκταση των φαινομένων καθώς οι ενδείξεις διαφέρουν ανάλογα με τα παραπάνω στατιστικά μέτρα. Στη συνέχεια θα πραγματοποιηθεί το τεστ κανονικότητας, το οποίο θα υποδείξει αν οι μεταβλητές-δείκτες ακολουθούν κανονική κατανομή. Αναφορικά με το τεστ κανονικότητας (Test of Normality) εξετάζονται δύο υποθέσεις, οι οποίες είναι:

- H_0 : η μεταβλητή ακολουθεί κανονική κατανομή όταν η $p\text{-value} > 0.05$.
- H_1 : η μεταβλητή δεν ακολουθεί κανονική κατανομή όταν η $p\text{-value} \leq 0.05$.

Πίνακας 3: Έλεγχος κανονικότητας για τους δείκτες όλων των χωρών για τα έτη 2002 και 2012.

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
ID1_2002	,200	29	,004	,759	29	,000
ID1_2012	,196	29	,006	,876	29	,003
ID2_2002	,350	29	,000	,422	29	,000
ID2_2012	,353	29	,000	,399	29	,000
ID3_2002	,188	29	,010	,842	29	,001
ID3_2012	,165	29	,042	,837	29	,000
ID4_2002	,157	29	,066	,872	29	,002
ID4_2012	,159	29	,059	,901	29	,010
ID5_2002	,180	29	,017	,907	29	,015
ID5_2012	,136	29	,185	,950	29	,178
ID6_2002	,129	29	,200*	,959	29	,307
ID6_2012	,081	29	,200*	,984	29	,931

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

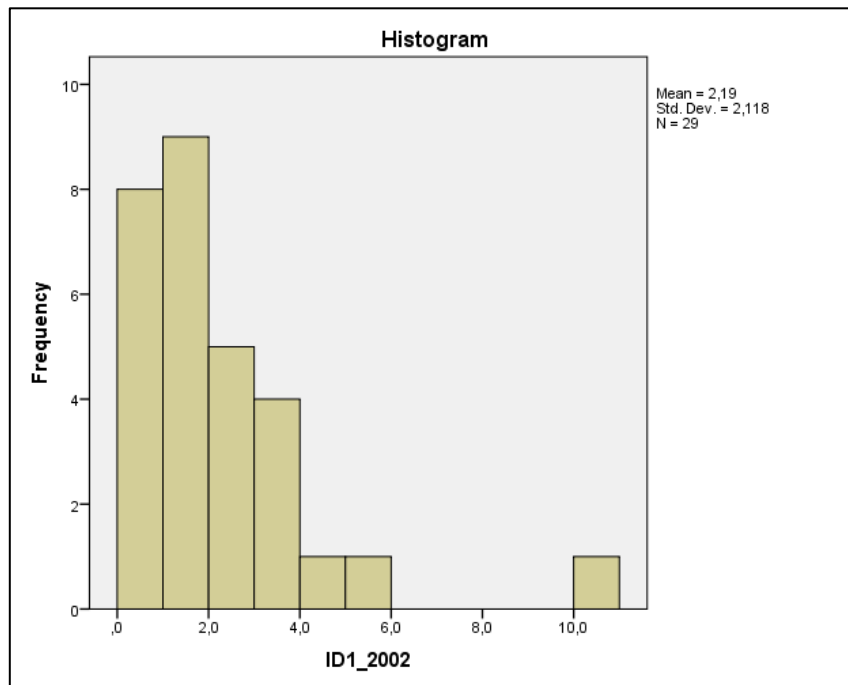
Πηγή: ESPON και Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 2 για τις μεταβλητές ID1, ID2, ID3 και ID4 η p-value (sig.) < 0.05, έτσι γίνεται απόρριψη της H_0 και αποδοχή της H_1 δηλαδή οι μεταβλητές δεν ακολουθούν κανονική κατανομή για κανένα από τα δύο έτη, η ένδειξη αυτή υπήρχε ήδη από την τιμή της λοξότητας. Για το δείκτη ID5 τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή το έτος 2002 επειδή η p-value (sig.) < 0.05, με αποτέλεσμα να γίνεται απόρριψη της H_0 και αποδοχή της H_1 σε αντίθεση με το έτος 2012 που οι τιμές της μεταβλητής ακολουθούν κανονική κατανομή από τη στιγμή που η p-value (sig.) > 0.05 και γίνεται αποδοχή της H_0 . Η μεταβλητή ID6 είναι η μοναδική που τα δεδομένα της ακολουθούν κανονική κατανομή και για τα δύο έτη διότι η p-value (sig.) > 0.05, δηλαδή γίνεται αποδοχή της H_0 , η ένδειξη υπήρχε ήδη από τις τιμές της λοξότητας και για τα δύο έτη.

Το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 7) για τη μεταβλητή ID1 για το έτος 2002 περιγράφει ακριβώς τα αποτελέσματα του Test of Normality, δηλαδή ότι η κατανομή δεν είναι κανονική. Επιπλέον δικαιολογεί και το πρόσημο της τιμής της λοξότητας καθώς οι περισσότερες από τις τιμές βρίσκονται αριστερά της μέση τιμής.

Τα περιγραφικά στατιστικά μιας μεταβλητής αφορούν κυρίως τα μέτρα κεντρικής τάσης (ελάχιστη τιμή, μέγιστη τιμή, διάμεσος, πρώτο και τρίτο τεταρτημόριο) γι' αυτό είναι γνωστό και ως θηκογράμματα των πέντε αριθμών (five numbers summary). Η πλατιά μαύρη γραμμή στο εσωτερικό του θηκογράμματος αντιπροσωπεύει ουσιαστικά τη διάμεσο.

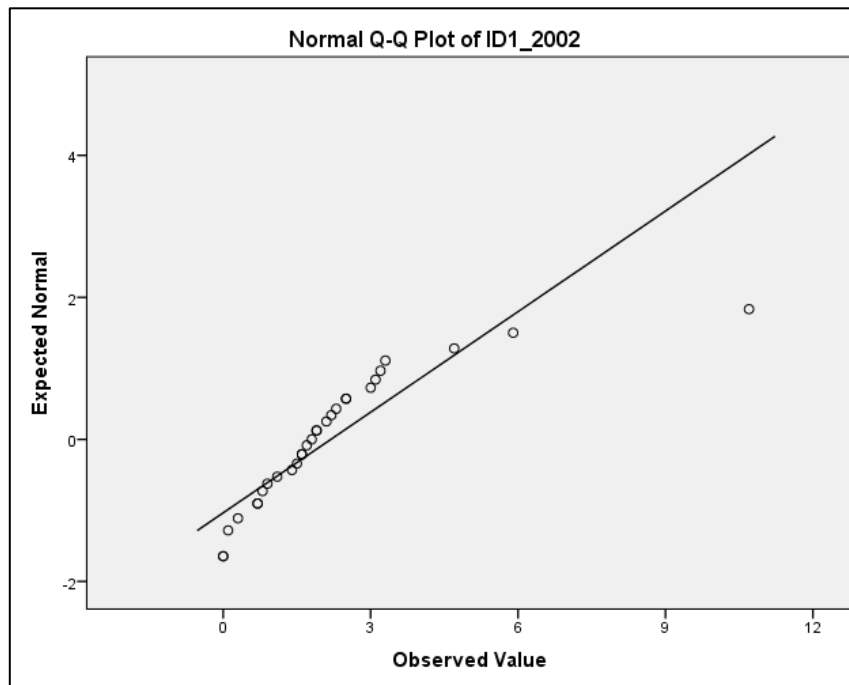
Διάγραμμα 7: Ιστόγραμμα ενεργειακής αποτελεσματικότητας στις μεταφορές όλων των χωρών για το έτος 2002.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Τα δύο διαγράμματα (8 και 9) δίνουν συμπληρωματική πληροφορία ως προς την κανονικότητα της μεταβλητής ID1 για το έτος 2002. Το Q-Q Plot αναδεικνύει σε ποιο βαθμό υπάρχουν τιμές που διαφέρουν σημαντικά από τις αναμενόμενες κανονικές τιμές, δηλαδή όσο λιγότερο κανονικές είναι οι τιμές τόσο πιο πολύ ξεφεύγουν από τη γραμμή. Η τελική επιβεβαίωση έρχεται από το θηκόγραμμα όπου η τιμή που αντιστοιχεί στην παρατήρηση 23 δηλαδή τη Ρουμανία είναι έξω από τον έξω άνω φράχτη και έχει το χαρακτηριστικό σύμβολο που την καθιστά παράτυπη, ενώ υπάρχει και μία ακραία τιμή που βρίσκεται άνω του εσωτερικού φράχτη.

Διάγραμμα 8: Q-Q Plot ενεργειακής αποτελεσματικότητας στις μεταφορές όλων των χωρών για το έτος 2002.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία.

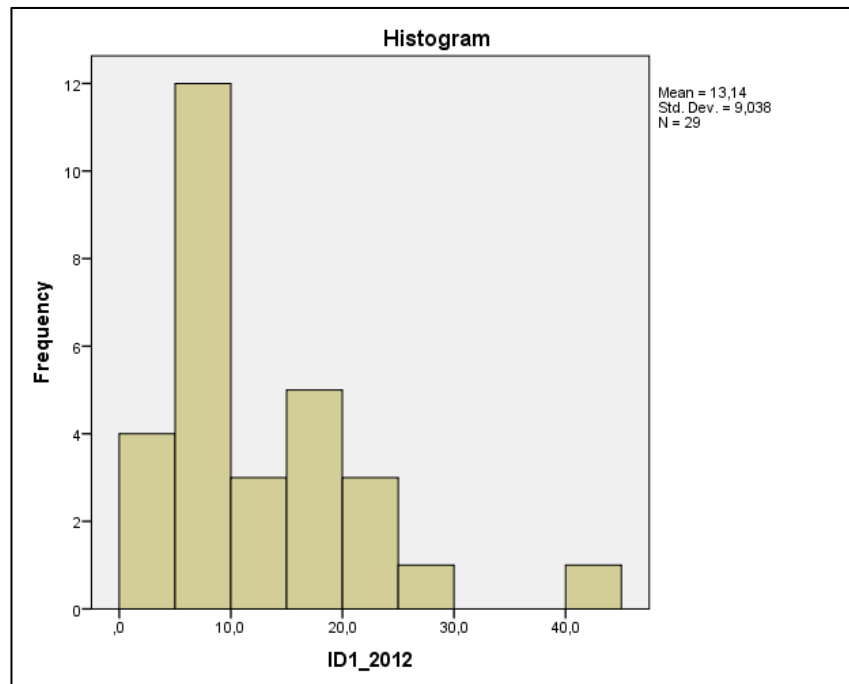
Διάγραμμα 9: Θηκόγραμμα ενεργειακής αποτελεσματικότητας στις οδικές μεταφορές όλων των χωρών για το έτος 2002.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία.

Το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 10) για τη μεταβλητή ID1 για το έτος 2012 περιγράφει ακριβώς τα αποτελέσματα του Test of vNormality, δηλαδή ότι η κατανομή δεν είναι κανονική. Επιπλέον δικαιολογεί και το πρόσημο της τιμής της λοξότητας καθώς οι περισσότερες από τις τιμές βρίσκονται αριστερά της μέσης τιμής.

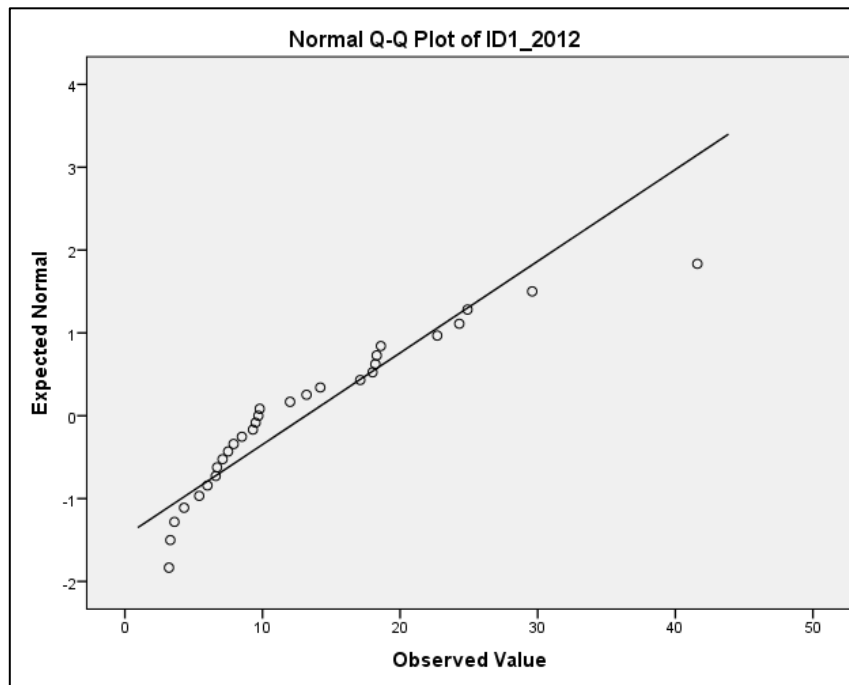
Διάγραμμα 10: Ιστόγραμμα ενεργειακής αποτελεσματικότητας των μεταφορών όλων των χωρών για το έτος 2012.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία.

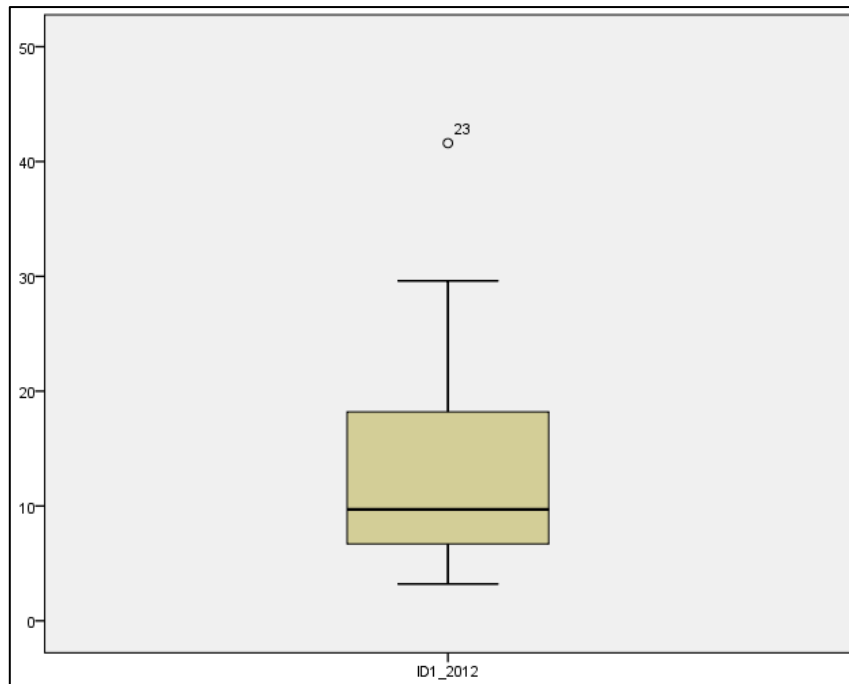
Τα δύο διαγράμματα (11 και 12) δίνουν συμπληρωματική πληροφορία ως προς την κανονικότητα της μεταβλητής ID1 για το έτος 2012. Το Q-Q Plot αναδεικνύει σε ποιο βαθμό υπάρχουν τιμές που διαφέρουν σημαντικά από τις αναμενόμενες κανονικές τιμές, δηλαδή όσο λιγότερο κανονικές είναι οι τιμές τόσο πιο πολύ ξεφεύγουν από τη γραμμή. Η τελική επιβεβαίωση έρχεται από το θηκόγραμμα όπου η τιμή που αντιστοιχεί στην παρατήρηση 23 δηλαδή τη Ρουμανία είναι έξω από τον εσωτερικό άνω φράχτη και έχει το χαρακτηριστικό σύμβολο που την καθιστά ακραία αλλά όχι παράτυπη.

Διάγραμμα 11: Q-Q Plot ενεργειακής αποτελεσματικότητας των μεταφορών όλων των χωρών για το έτος 2012.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία.

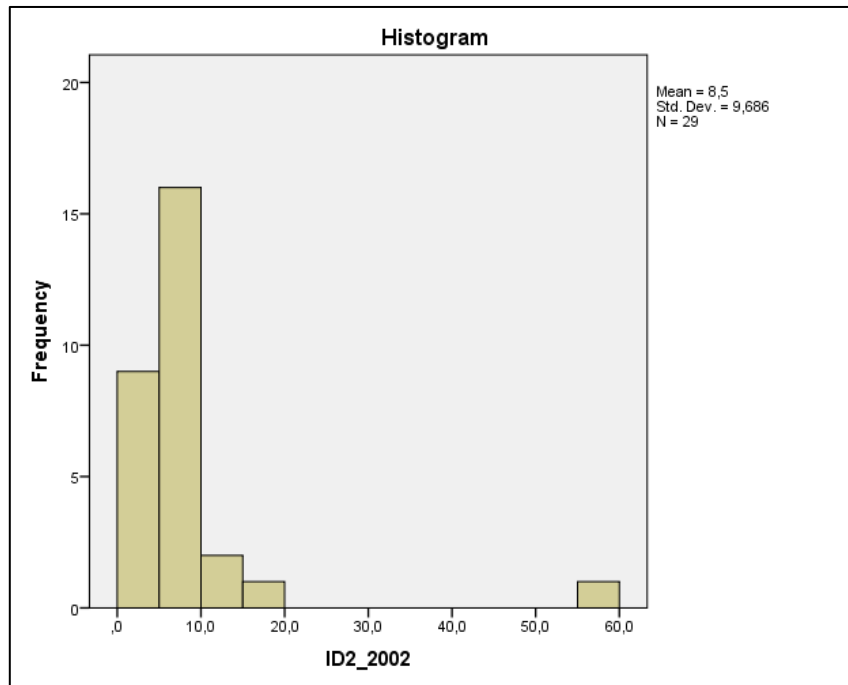
Διάγραμμα 12: Θηκόγραμμα ενεργειακής αποτελεσματικότητας των μεταφορών όλων των χωρών για το έτος 2012.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία.

Το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 13) για τη μεταβλητή ID2 για το έτος 2002 περιγράφει ακριβώς τα αποτελέσματα του Test of Normality, δηλαδή ότι η κατανομή δεν είναι κανονική. Επιπλέον δικαιολογεί και το πρόσημο της τιμής της λοξότητας καθώς οι περισσότερες από τις τιμές βρίσκονται αριστερά της μέση τιμής.

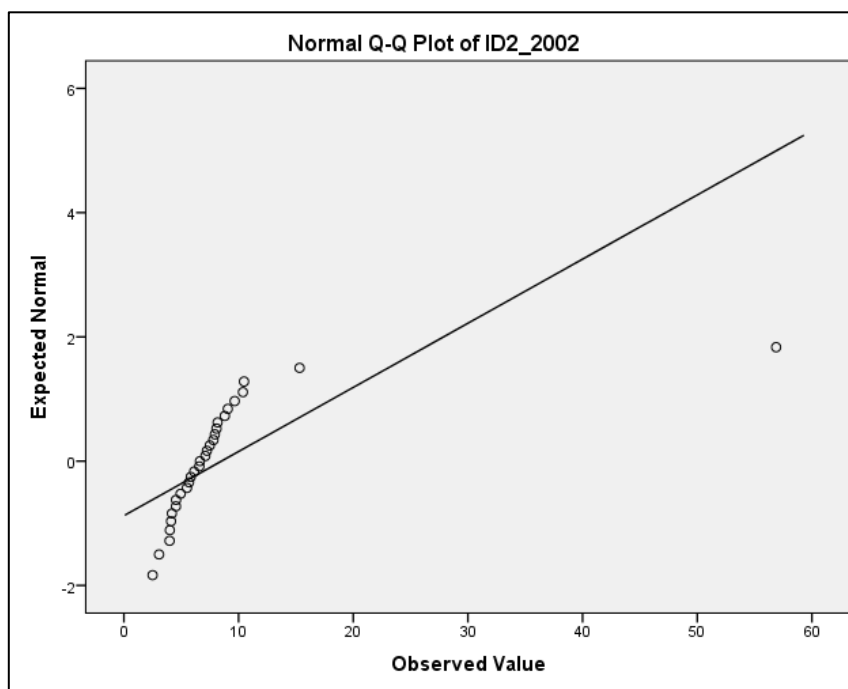
Διάγραμμα 13: Ιστόγραμμα για την ενεργειακή κατανάλωση των οδικών μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2002.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

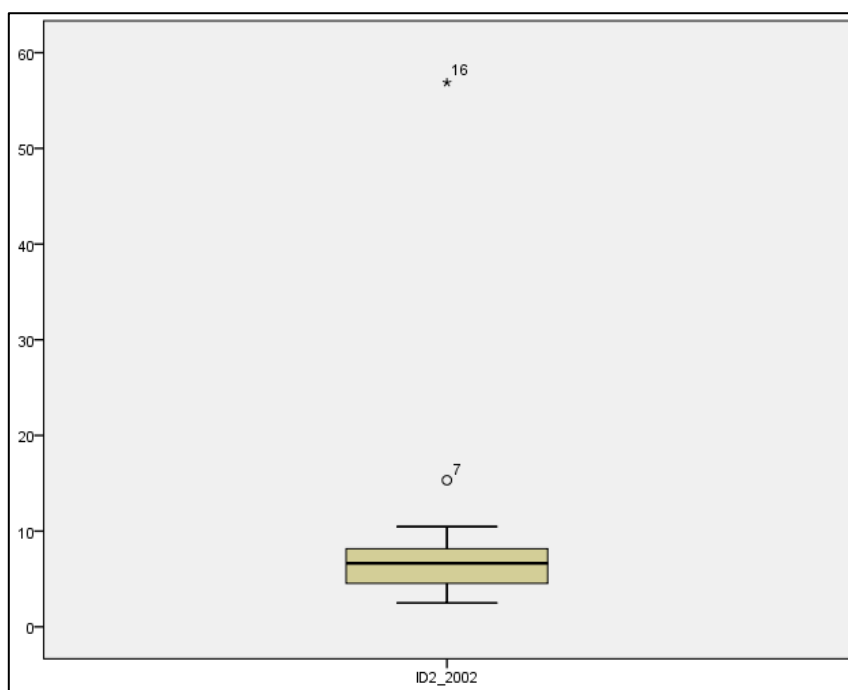
Τα δύο διαγράμματα (14 και 15) δίνουν συμπληρωματική πληροφορία ως προς την κανονικότητα της μεταβλητής ID2 για το έτος 2002. Το Q-Q Plot αναδεικνύει σε ποιο βαθμό υπάρχουν τιμές που διαφέρουν σημαντικά από τις αναμενόμενες κανονικές τιμές, δηλαδή όσο λιγότερο κανονικές είναι οι τιμές τόσο πιο πολύ ξεφεύγουν από τη γραμμή. Η τελική επιβεβαίωση έρχεται από το θηκόγραμμα όπου η τιμή που αντιστοιχεί στην παρατήρηση 16 δηλαδή το Λουξεμβούργο είναι έξω από τον εξωτερικό άνω φράχτη και έχει το χαρακτηριστικό σύμβολο που την καθιστά παράτυπη, επιπλέον υπάρχει και μία ακραία τιμή.

Διάγραμμα 14: Q-Q Plot για την ενεργειακή κατανάλωση των οδικών μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2002.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

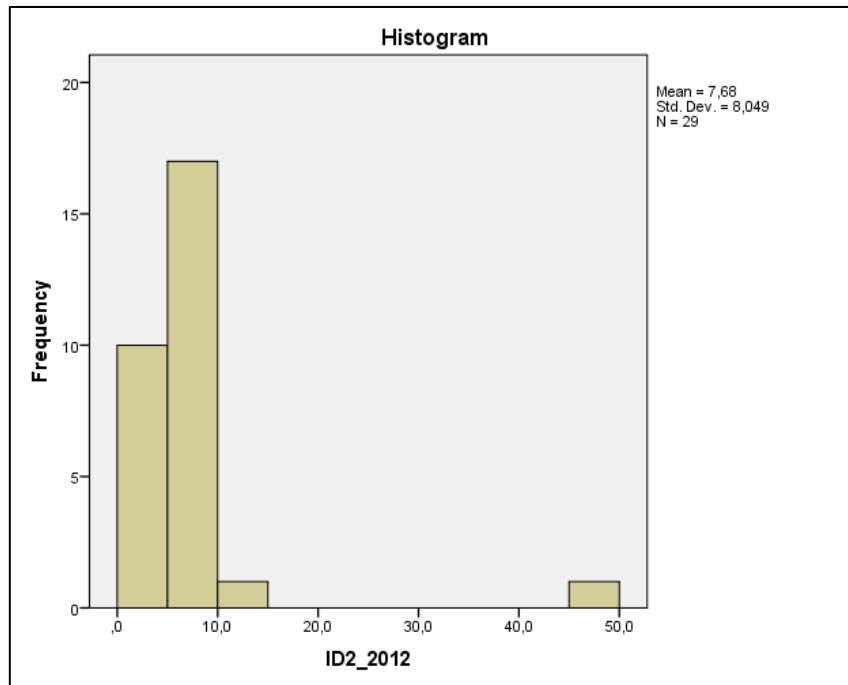
Διάγραμμα 15: Θηκόγραμμα για την ενεργειακή κατανάλωση των οδικών μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2002.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

Το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 16) για τη μεταβλητή ID2 για το έτος 2012 περιγράφει ακριβώς τα αποτελέσματα του Test of Normality, δηλαδή ότι η κατανομή δεν είναι κανονική. Επιπλέον δικαιολογεί και το πρόσημο της τιμής της λοξότητας καθώς οι περισσότερες από τις τιμές βρίσκονται αριστερά της μέση τιμής.

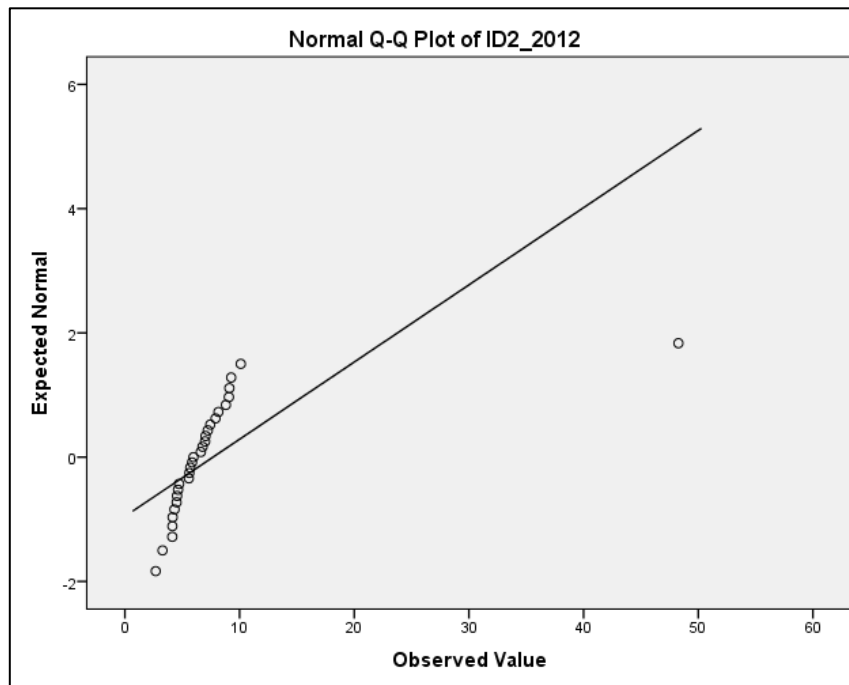
Διάγραμμα 16: Ιστόγραμμα για την ενεργειακή κατανάλωση των οδικών μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2012.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

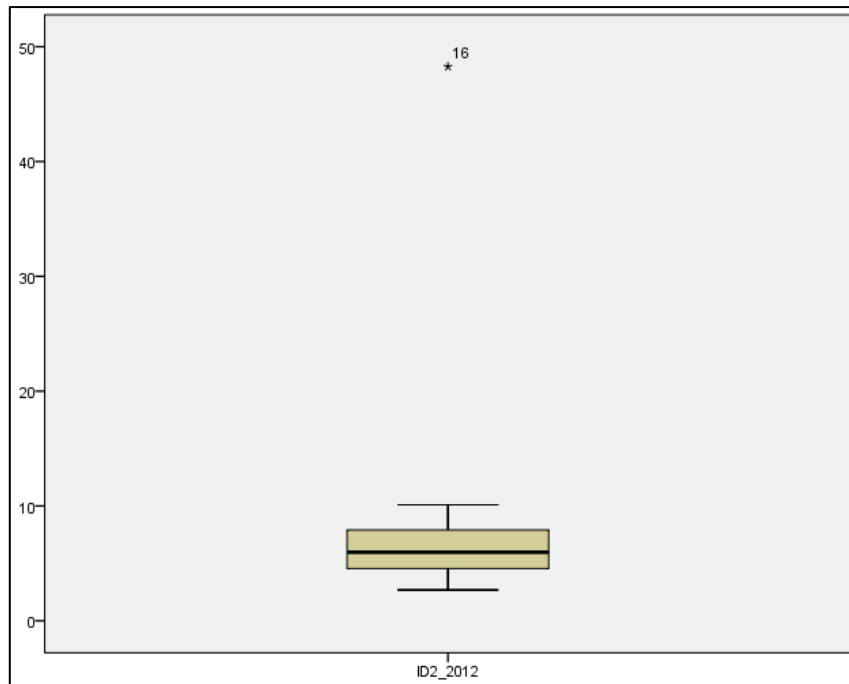
Τα δύο διαγράμματα (17 και 18) δίνουν συμπληρωματική πληροφορία ως προς την κανονικότητα της μεταβλητής ID2 για το έτος 2012. Το Q-Q Plot αναδεικνύει σε ποιο βαθμό υπάρχουν τιμές που διαφέρουν σημαντικά από τις αναμενόμενες κανονικές τιμές, δηλαδή όσο λιγότερο κανονικές είναι οι τιμές τόσο πιο πολύ ξεφεύγουν από τη γραμμή. Η τελική επιβεβαίωση έρχεται από το θηκόγραμμα όπου η τιμή που αντιστοιχεί στην παρατήρηση 16 δηλαδή το Λουξεμβούργο είναι έξω από τον εξωτερικό άνω φράχτη και έχει το χαρακτηριστικό σύμβολο που την καθιστά παράτυπη.

Διάγραμμα 17: Q-Q Plot για την ενεργειακή κατανάλωση των οδικών μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2012.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

Διάγραμμα 18: Θηκόγραμμα για την ενεργειακή κατανάλωση των οδικών μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2012.

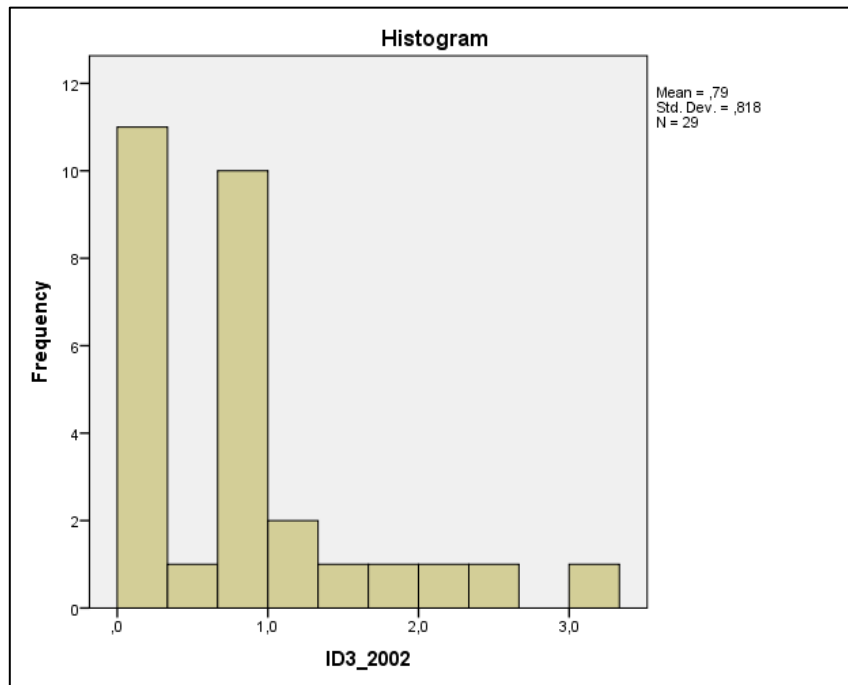


Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

Το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 19) για τη μεταβλητή ID3 για το έτος 2002 περιγράφει ακριβώς τα αποτελέσματα του Test of Normality, δηλαδή ότι η κατανομή δεν είναι κανονική.

Επιπλέον δικαιολογεί και το πρόσημο της τιμής της λοξότητας καθώς οι περισσότερες από τις τιμές βρίσκονται αριστερά της μέση τιμής.

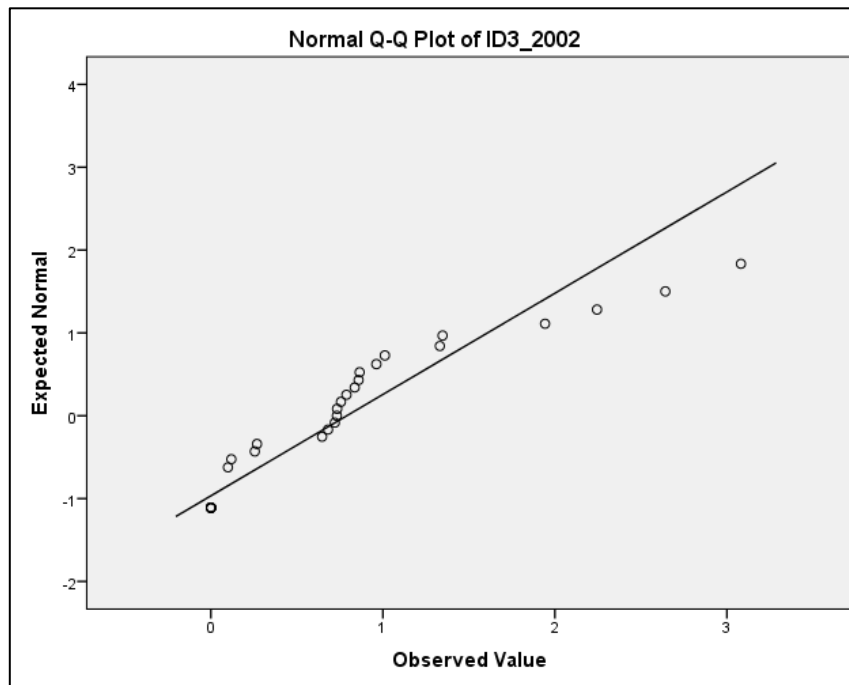
Διάγραμμα 19: Ιστόγραμμα για την ενεργειακή κατανάλωση των εναέριων μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2002.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

Τα δύο διαγράμματα (20 και 21) δίνουν συμπληρωματική πληροφορία ως προς την κανονικότητα της μεταβλητής ID3 για το έτος 2002. Το Q-Q Plot αναδεικνύει σε ποιο βαθμό υπάρχουν τιμές που διαφέρουν σημαντικά από τις αναμενόμενες κανονικές τιμές, δηλαδή όσο λιγότερο κανονικές είναι οι τιμές τόσο πιο πολύ ξεφεύγουν από τη γραμμή. Η τελική επιβεβαίωση έρχεται από το θηκόγραμμα όπου υπάρχουν δύο ακραίες τιμές εξωτερικά του εσωτερικού άνω φράχτη.

Διάγραμμα 20: Q-Q Plot για την ενεργειακή κατανάλωση των εναέριων μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2002.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

Διάγραμμα 21: Θηκόγραμμα για την ενεργειακή κατανάλωση των εναέριων μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2002.

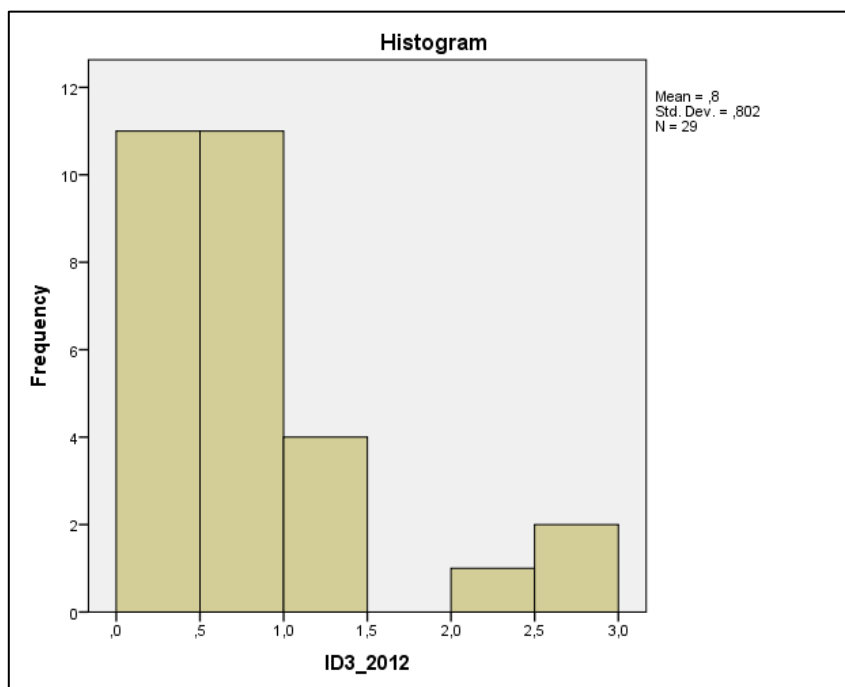


Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

Το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 22) για τη μεταβλητή ID3 για το έτος 2012 περιγράφει ακριβώς τα αποτελέσματα του Test of Normality, δηλαδή ότι η κατανομή δεν είναι κανονική.

Επιπλέον δικαιολογεί και το πρόσημο της τιμής της λοξότητας καθώς οι περισσότερες από τις τιμές βρίσκονται αριστερά της μέση τιμής.

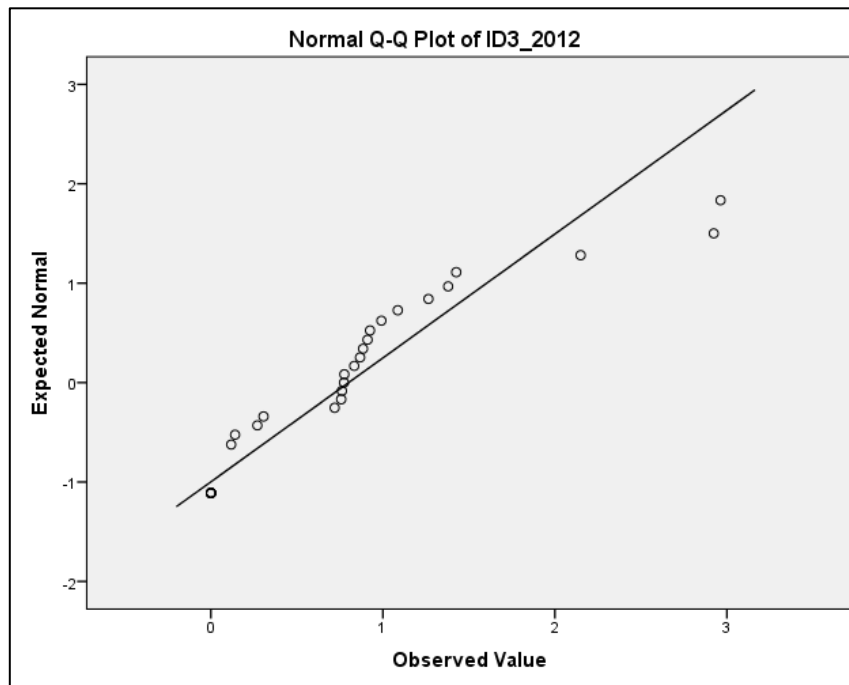
Διάγραμμα 22: Ιστόγραμμα για την ενεργειακή κατανάλωση των εναέριων μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2012.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

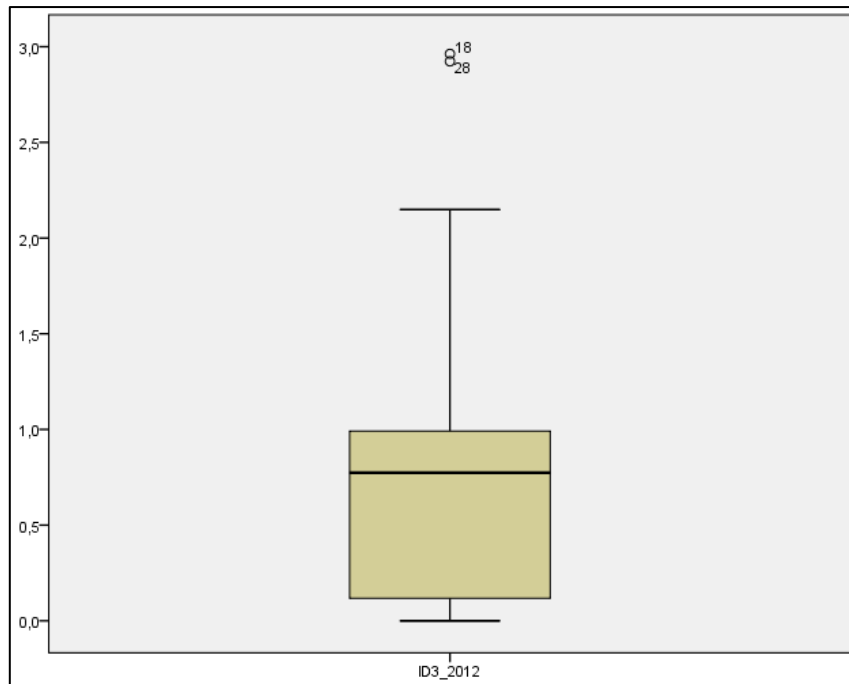
Τα δύο διαγράμματα (23 και 24) δίνουν συμπληρωματική πληροφορία ως προς την κανονικότητα της μεταβλητής ID3 για το έτος 2012. Το Q-Q Plot αναδεικνύει σε ποιο βαθμό υπάρχουν τιμές που διαφέρουν σημαντικά από τις αναμενόμενες κανονικές τιμές, δηλαδή όσο λιγότερο κανονικές είναι οι τιμές τόσο πιο πολύ ξεφεύγουν από τη γραμμή. Η τελική επιβεβαίωση έρχεται από το θηκόγραμμα όπου υπάρχουν δύο ακραίες τιμές εξωτερικά του εσωτερικού άνω φράχτη.

Διάγραμμα 23: Q-Q Plot για την ενεργειακή κατανάλωση των εναέριων μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2012.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

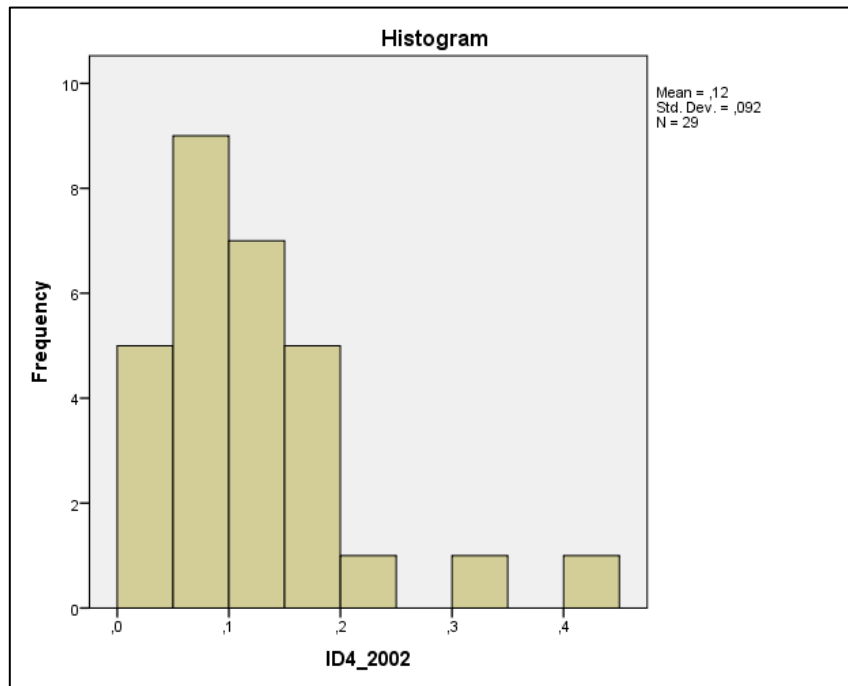
Διάγραμμα 24: Θηκόγραμμα για την ενεργειακή κατανάλωση των εναέριων μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2012.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

Το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 25) για τη μεταβλητή ID4 για το έτος 2002 περιγράφει ακριβώς τα αποτελέσματα του Test of Normality, δηλαδή ότι η κατανομή δεν είναι κανονική. Επιπλέον δικαιολογεί και το πρόσημο της τιμής της λοξότητας καθώς οι περισσότερες από τις τιμές βρίσκονται αριστερά της μέση τιμής.

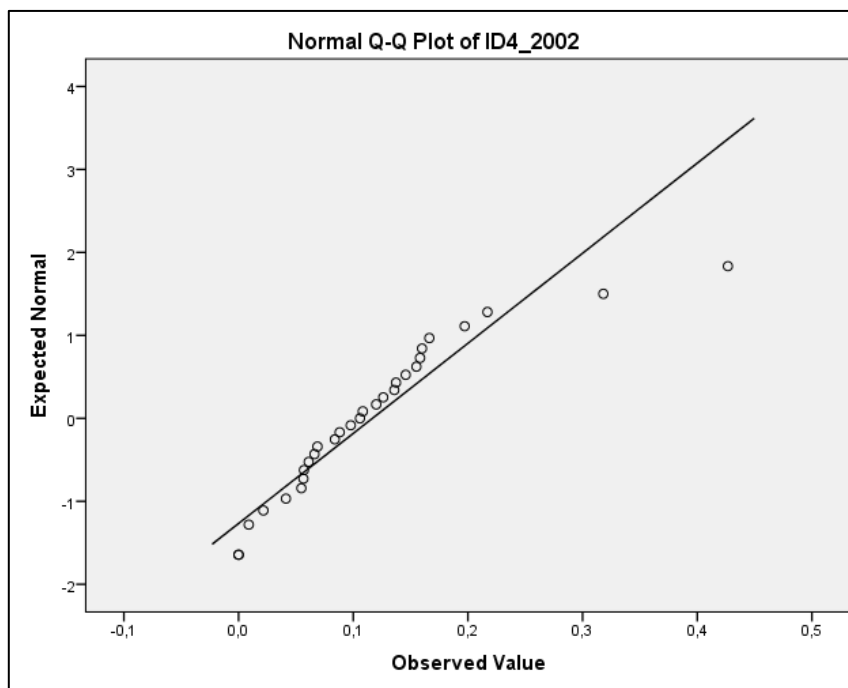
Διάγραμμα 25: Ιστόγραμμα για την ενεργειακή κατανάλωση των σιδηροδρομικών μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2002.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

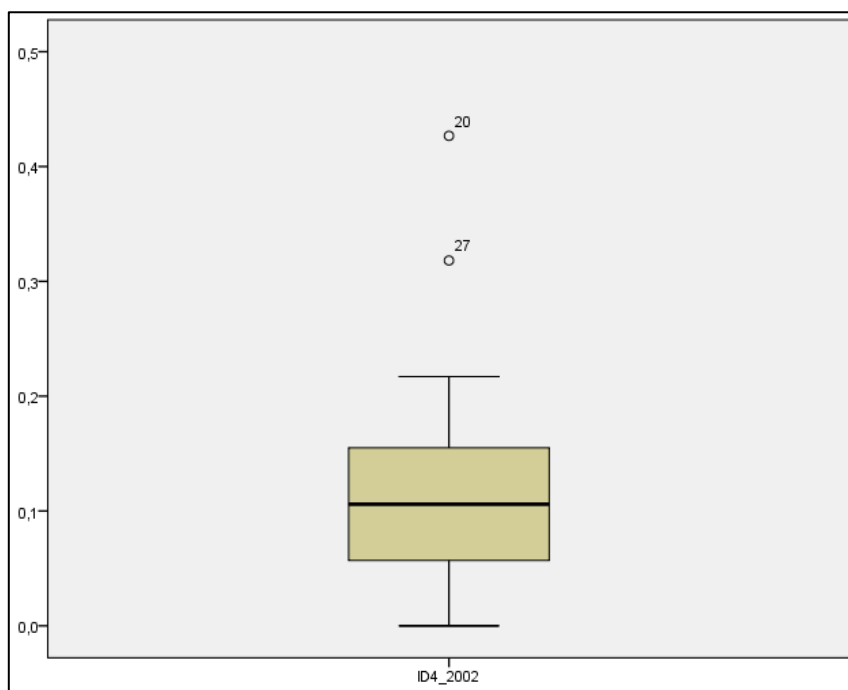
Τα δύο διαγράμματα (26 και 27) δίνουν συμπληρωματική πληροφορία ως προς την κανονικότητα της μεταβλητής ID4 για το έτος 2002. Το Q-Q Plot αναδεικνύει σε ποιο βαθμό υπάρχουν τιμές που διαφέρουν σημαντικά από τις αναμενόμενες κανονικές τιμές, δηλαδή όσο λιγότερο κανονικές είναι οι τιμές τόσο πιο πολύ ξεφεύγουν από τη γραμμή. Η τελική επιβεβαίωση έρχεται από το θηκόγραμμα όπου υπάρχουν δύο ακραίες τιμές εξωτερικά του εσωτερικού άνω φράχτη.

Διάγραμμα 26: Q-Q Plot για την ενεργειακή κατανάλωση των σιδηροδρομικών μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2002.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

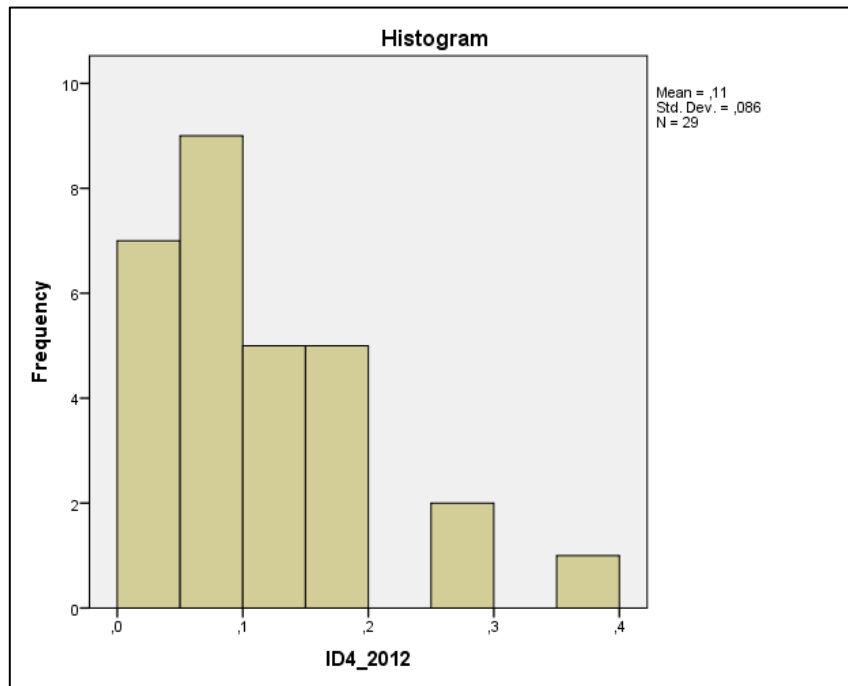
Διάγραμμα 27: Θηκόγραμμα για την ενεργειακή κατανάλωση των σιδηροδρομικών μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2002.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

Το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 28) για τη μεταβλητή ID4 για το έτος 2012 περιγράφει ακριβώς τα αποτελέσματα του Test of Normality, δηλαδή ότι η κατανομή δεν είναι κανονική. Επιπλέον δικαιολογεί και το πρόσημο της τιμής της λοξότητας καθώς οι περισσότερες από τις τιμές βρίσκονται αριστερά της μέση τιμής.

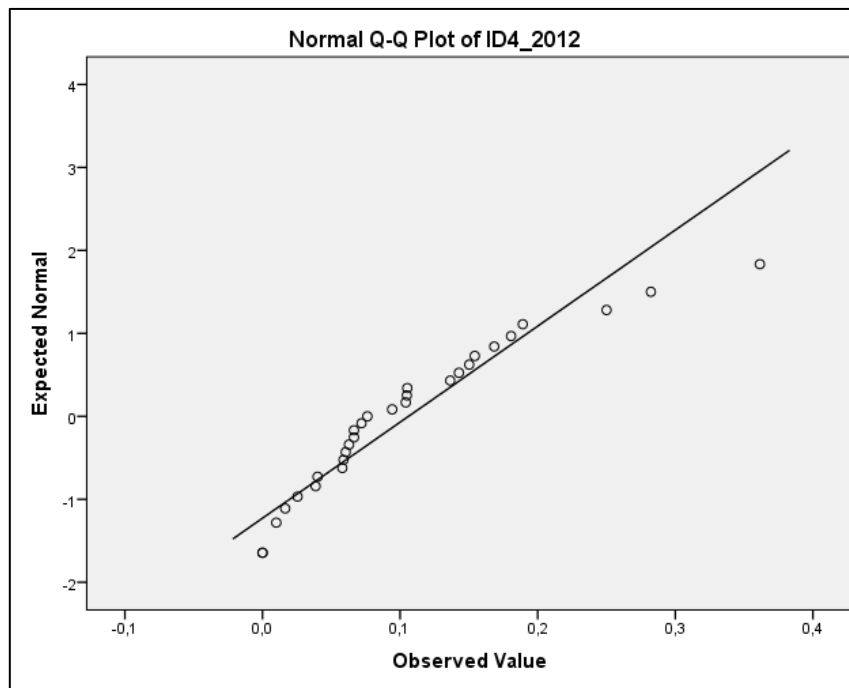
Διάγραμμα 28: Ιστόγραμμα για την ενεργειακή κατανάλωση των σιδηροδρομικών μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2012.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

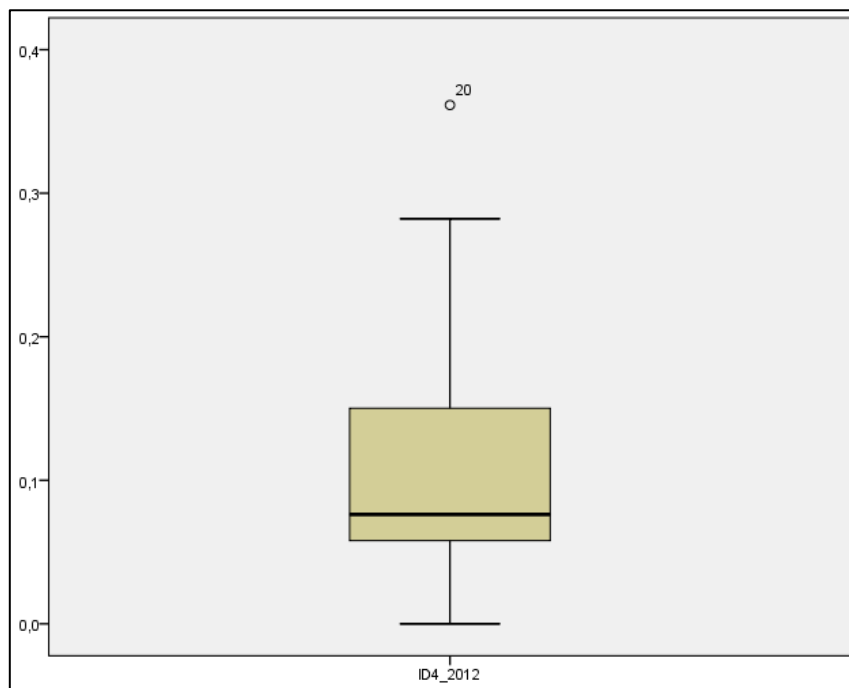
Τα δύο διαγράμματα (29 και 30) δίνουν συμπληρωματική πληροφορία ως προς την κανονικότητα της μεταβλητής ID4 για το έτος 2012. Το Q-Q Plot αναδεικνύει σε ποιο βαθμό υπάρχουν τιμές που διαφέρουν σημαντικά από τις αναμενόμενες κανονικές τιμές, δηλαδή όσο λιγότερο κανονικές είναι οι τιμές τόσο πιο πολύ ξεφεύγουν από τη γραμμή. Η τελική επιβεβαίωση έρχεται από το θηκόγραμμα όπου υπάρχουν μία ακραία τιμές εξωτερικά του εσωτερικού άνω φράχτη.

Διάγραμμα 29: Q-Q Plot για την ενεργειακή κατανάλωση των σιδηροδρομικών μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2012.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία.

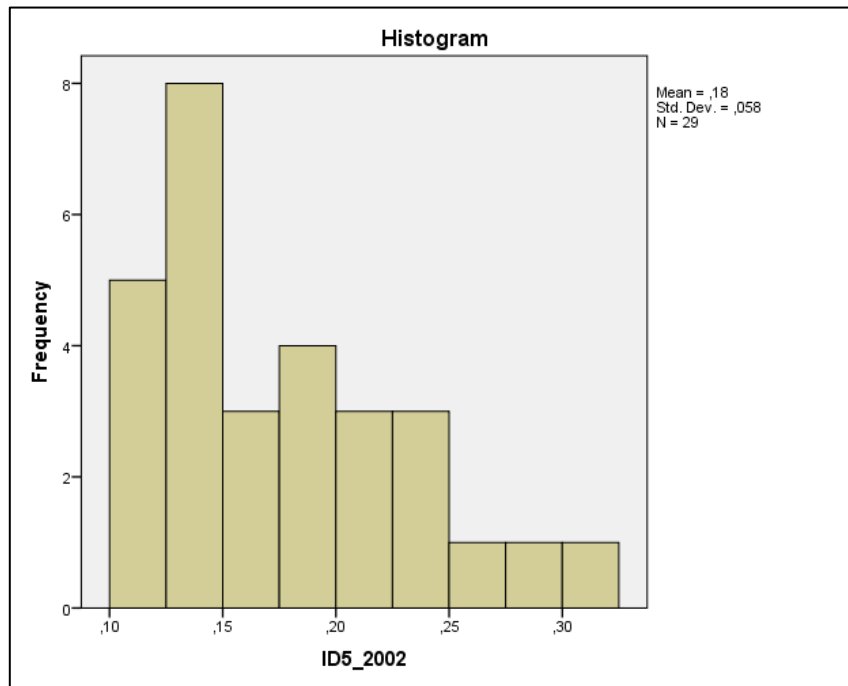
Διάγραμμα 30: Θηκόγραμμα για την ενεργειακή κατανάλωση των σιδηροδρομικών μεταφορών όλων των χωρών του έτους 2012.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία

Το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 31) για τη μεταβλητή ID5 για το έτος 2002 περιγράφει ακριβώς τα αποτελέσματα του Test of Normality, δηλαδή ότι η κατανομή δεν είναι κανονική. Επιπλέον δικαιολογεί και το πρόσημο της τιμής της λοξότητας καθώς οι περισσότερες από τις τιμές βρίσκονται αριστερά της μέση τιμής.

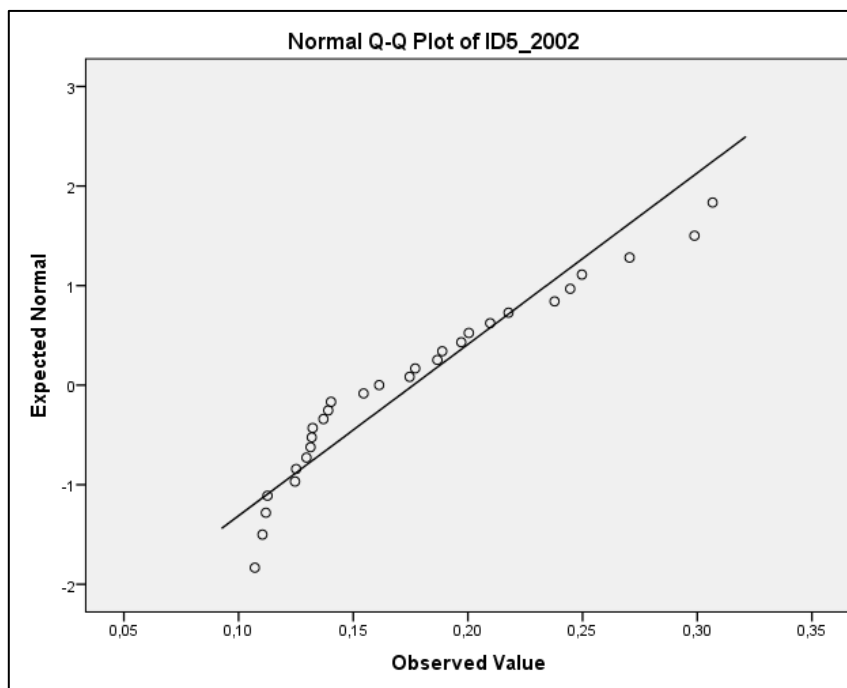
Διάγραμμα 31: Ιστόγραμμα έντασης αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμης σε τιμές 2010 όλων των χωρών, με κλιματικές διορθώσεις το 2002.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Τα δύο διαγράμματα (32 και 33) δίνουν συμπληρωματική πληροφορία ως προς την κανονικότητα της μεταβλητής ID5 για το έτος 2002. Το Q-Q Plot αναδεικνύει σε ποιο βαθμό υπάρχουν τιμές που διαφέρουν σημαντικά από τις αναμενόμενες κανονικές τιμές, δηλαδή όσο λιγότερο κανονικές είναι οι τιμές τόσο πιο πολύ ξεφεύγουν από τη γραμμή. Η τελική επιβεβαίωση έρχεται από το θηκόγραμμα παρόλο που δεν υπάρχει κάποια ακραία ή παράτυπη τιμή αλλά τα όρια του θηκογράμματος δεν βρίσκονται στο μέσο του εύρους των τιμών της μεταβλητής.

Διάγραμμα 32: Q-Q Plot έντασης αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμης σε τιμές 2010 όλων των χωρών, με κλιματικές διορθώσεις το 2002.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Διάγραμμα 33: Θηκόγραμμα έντασης αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμης σε τιμές 2010 όλων των χωρών, με κλιματικές διορθώσεις το 2002.

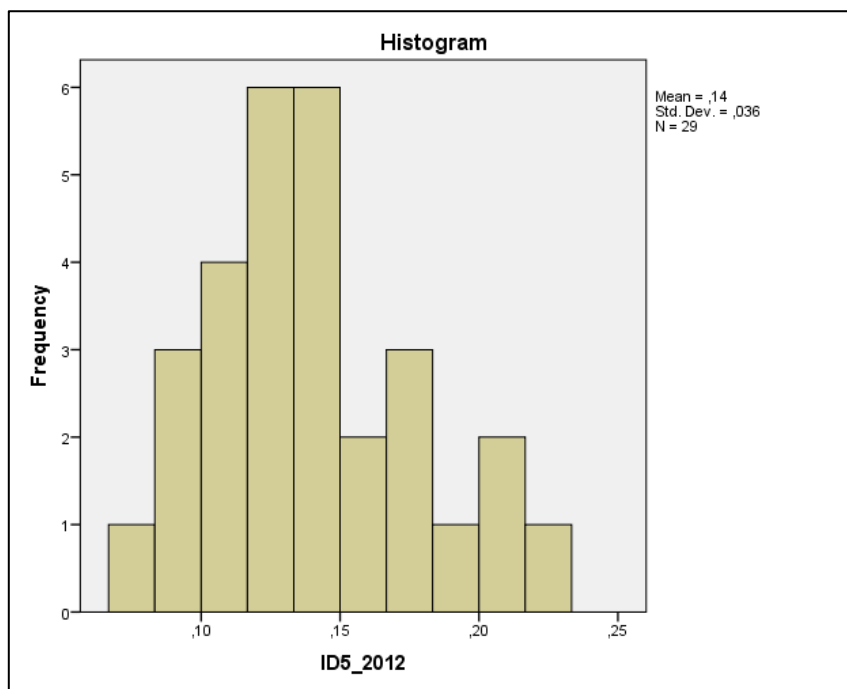


Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 34) για τη μεταβλητή ID5 για το έτος 2012 περιγράφει ακριβώς τα αποτελέσματα του Test of Normality, δηλαδή ότι η κατανομή δεν είναι κανονική.

Επιπλέον δικαιολογεί και το πρόσημο της τιμής της λοξότητας καθώς οι περισσότερες από τις τιμές βρίσκονται ελαφρώς αριστερά της μέση τιμής.

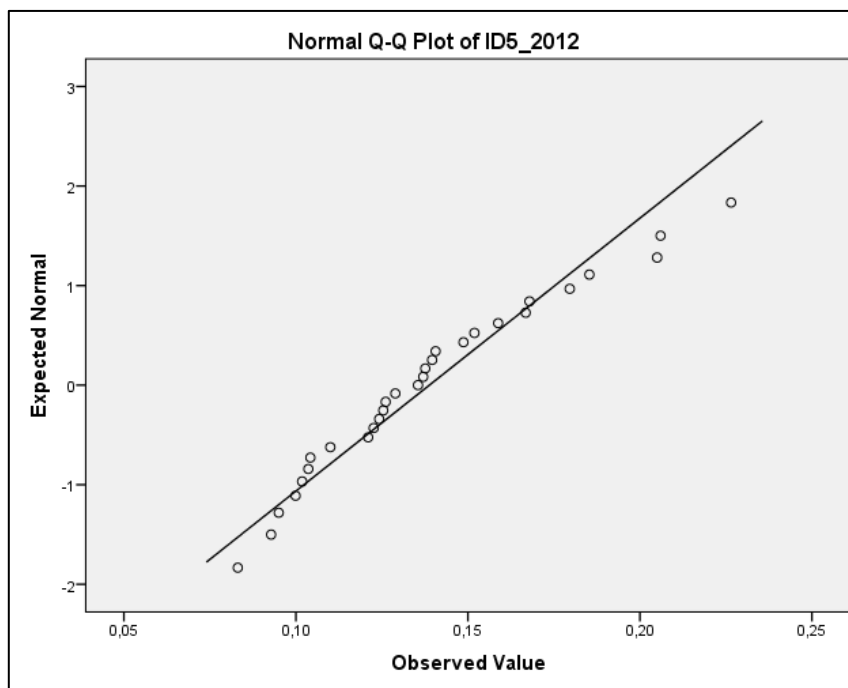
Διάγραμμα 34: Ιστόγραμμα έντασης αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμης σε τιμές 2010 όλων των χωρών, με κλιματικές διορθώσεις το 2012.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

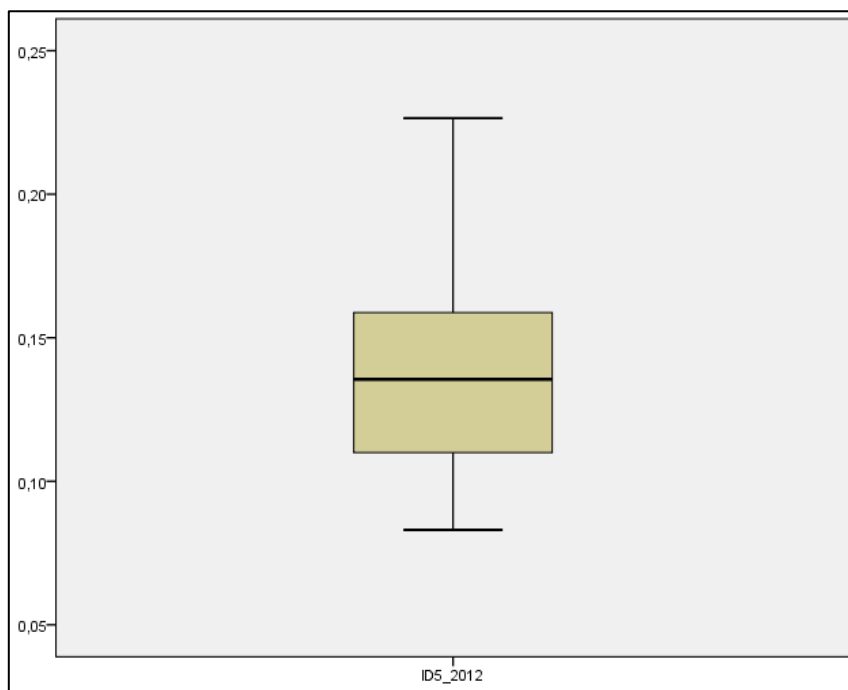
Τα δύο διαγράμματα (35 και 36) δίνουν συμπληρωματική πληροφορία ως προς την κανονικότητα της μεταβλητής ID5 για το έτος 2012. Το Q-Q Plot αναδεικνύει σε ποιο βαθμό υπάρχουν τιμές που διαφέρουν σημαντικά από τις αναμενόμενες κανονικές τιμές, δηλαδή όσο λιγότερο κανονικές είναι οι τιμές τόσο πιο πολύ ξεφεύγουν από τη γραμμή. Η τελική επιβεβαίωση έρχεται από το θηκόγραμμα που φαίνεται να είναι κεντραρισμένο σε σχέση με το εύρος των τιμών της μεταβλητής.

Διάγραμμα 35: Q-Q Plot έντασης αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμης σε τιμές 2010 όλων των χωρών, με κλιματικές διορθώσεις το 2012.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Διάγραμμα 36: Θηκόγραμμα έντασης αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμης σε τιμές 2010 όλων των χωρών, με κλιματικές διορθώσεις το 2012.

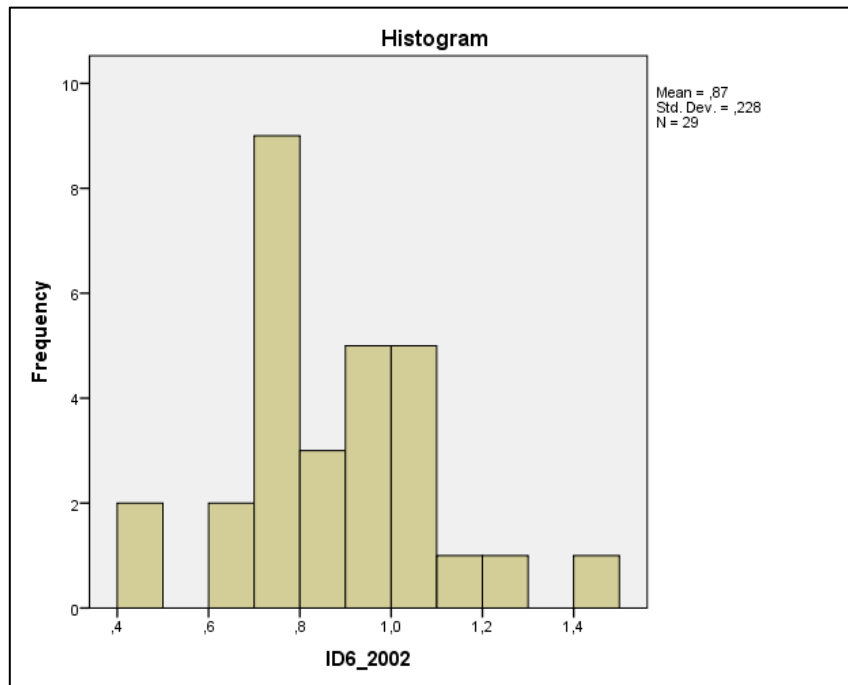


Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 37) για τη μεταβλητή ID6 για το έτος 2002 περιγράφει ακριβώς τα αποτελέσματα του Test of Normality, δηλαδή ότι η κατανομή δεν είναι

κανονική. Επιπλέον δικαιολογεί και το πρόσημο της τιμής της λοξότητας καθώς οι περισσότερες από τις τιμές βρίσκονται ελαφρώς αριστερά της μέση τιμής.

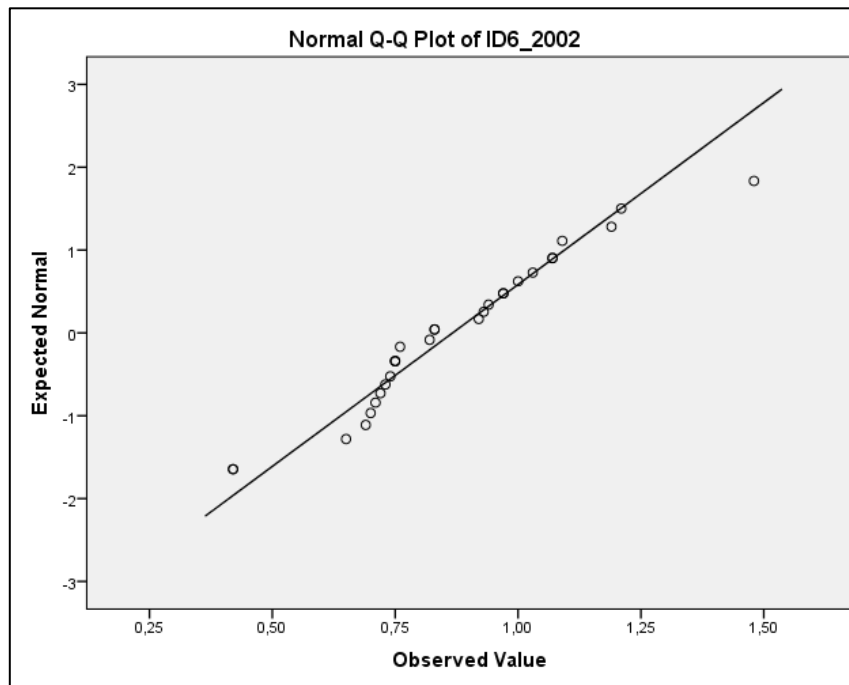
Διάγραμμα 37: Ιστόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου του έτους 2002.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

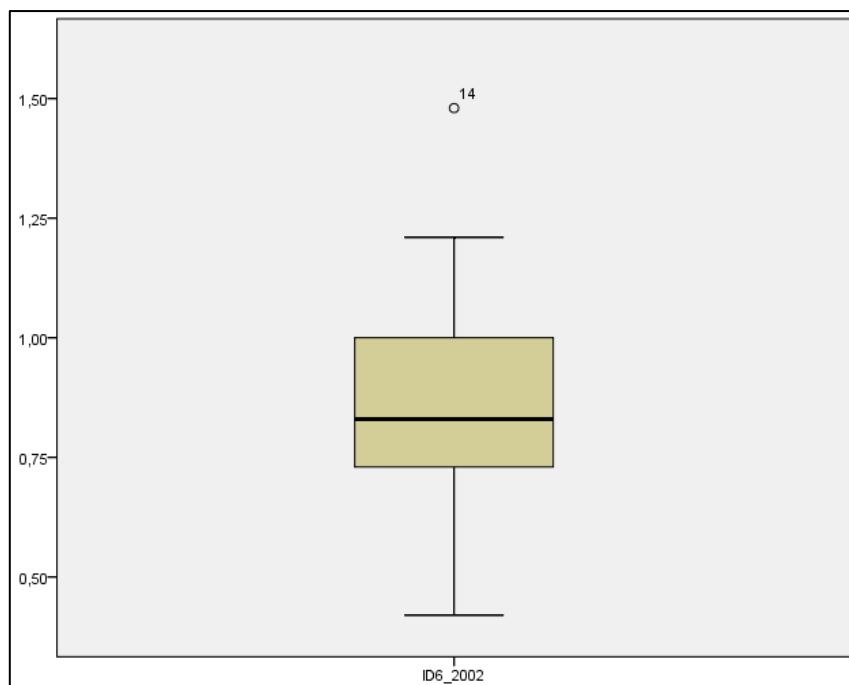
Τα δύο διαγράμματα (38 και 39) δίνουν συμπληρωματική πληροφορία ως προς την κανονικότητα της μεταβλητής ID6 για το έτος 2002. Το Q-Q Plot αναδεικνύει σε ποιο βαθμό υπάρχουν τιμές που διαφέρουν σημαντικά από τις αναμενόμενες κανονικές τιμές, δηλαδή όσο λιγότερο κανονικές είναι οι τιμές τόσο πιο πολύ ξεφεύγουν από τη γραμμή. Η τελική επιβεβαίωση έρχεται από το θηκόγραμμα που έχει μία ακραία τιμή αλλά φαίνεται να μην είναι κεντραρισμένο σε σχέση με το εύρος των τιμών της μεταβλητής αλλά να βρίσκεται ελαφρώς προς τα κάτω με αποτέλεσμα να εξουδετερώνει την ακραία τιμή και αντίστροφα η ακραία τιμή να εξουδετερώνει τη θέση που έχει προς τα κάτω το θηκόγραμμα.

Διάγραμμα 38: Q-Q Plot ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου του έτους 2002.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Διάγραμμα 39: Θηκόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου του έτους 2002.

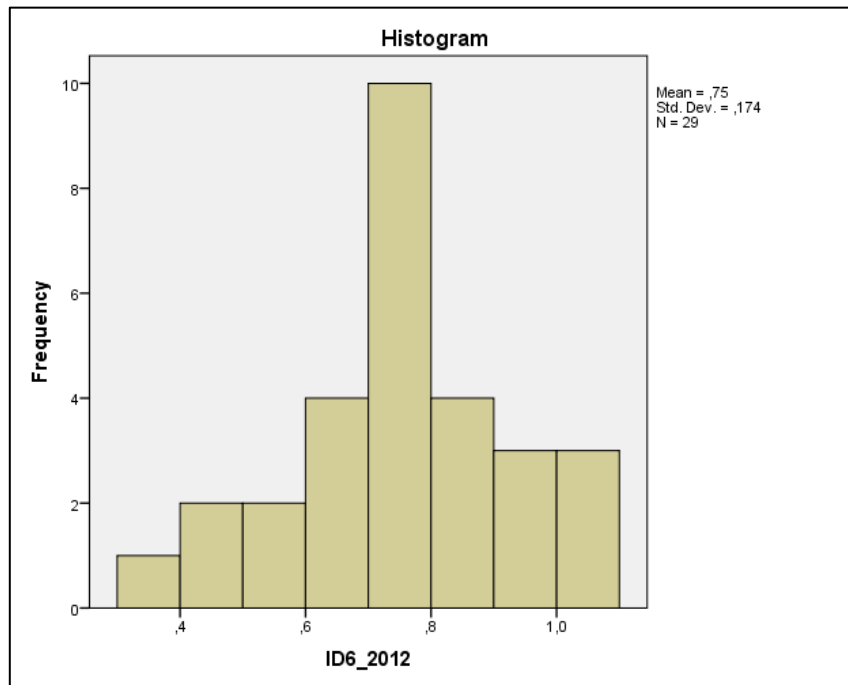


Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 40) για τη μεταβλητή ID6 για το έτος 2012 περιγράφει ακριβώς τα αποτελέσματα του Test of Normality, δηλαδή ότι η κατανομή δεν είναι κανονική.

Επιπλέον δικαιολογεί και το πρόσημο της τιμής της λοξότητας καθώς οι περισσότερες από τις τιμές βρίσκονται ελαφρώς αριστερά της μέση τιμής.

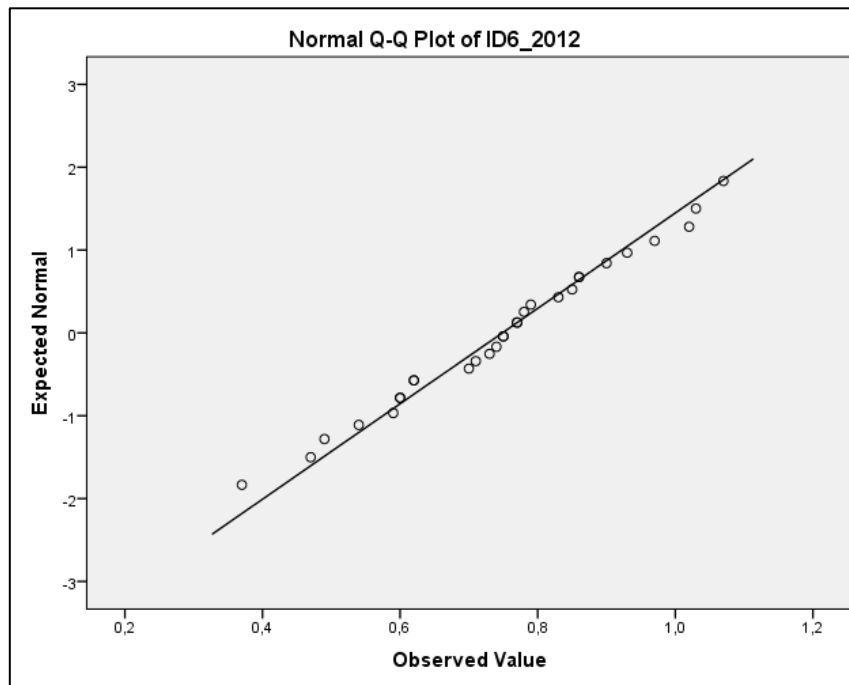
Διάγραμμα 40: Ιστόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου του έτους 2012.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

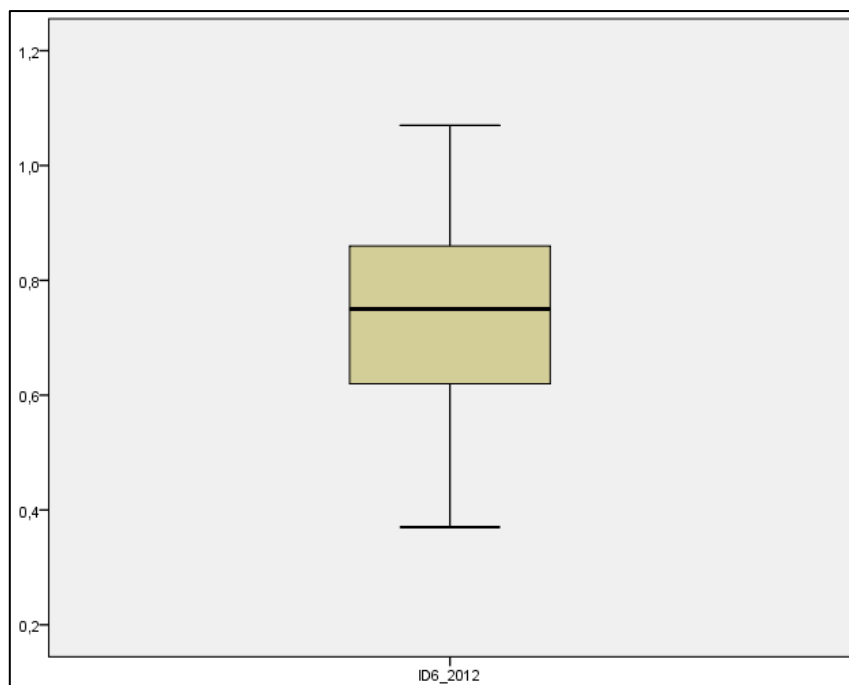
Τα δύο διαγράμματα (41 και 42) δίνουν συμπληρωματική πληροφορία ως προς την κανονικότητα της μεταβλητής ID6 για το έτος 2012. Το Q-Q Plot αναδεικνύει σε ποιο βαθμό υπάρχουν τιμές που διαφέρουν σημαντικά από τις αναμενόμενες κανονικές τιμές, δηλαδή όσο λιγότερο κανονικές είναι οι τιμές τόσο πιο πολύ ξεφεύγουν από τη γραμμή. Η τελική επιβεβαίωση έρχεται από το θηκόγραμμα που φαίνεται να είναι κεντραρισμένο σε σχέση με το εύρος των τιμών της μεταβλητής.

Διάγραμμα 41: Q-Q Plot ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου του έτους 2012.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Διάγραμμα 42: Θηκόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου του έτους 2012.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

6.3 Περιγραφική στατιστική χωρίς τις παράτυπες τιμές

Από τα παραπάνω ανιχνεύτηκαν 2 παράτυπες τιμές οι οποίες αφαιρούνται για να περιοριστεί ο στατιστικός θόρυβος στις μεταβλητές και να μπορέσω να δω πως συμπεριφέρονται οι μεταβλητές χωρίς αυτές και αν με την αφαίρεσή τους υπάρχει σύγκλιση μεταξύ των χωρών και βελτίωση μεταξύ των μεταβλητών για τα δύο έτη. Οπότε χωρίς το Λουξεμβούργο και τη Ρουμανία προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα.

Όπως εμφανίζεται στον Πίνακα 3 τα στατιστικά μέτρα CV, wCV, η λοξότητα και οι αναλογίες τεταρτημόριων και δεκατημόριων έχουν μειωθεί σημαντικά για τις μεταβλητές ID1 και ID2. Στις Υπόλοιπες μεταβλητές δεν εντοπίζονται τόσο μεγάλες διαφορές. Οπότε εξάγεται το συμπέρασμα πως χωρίς τις παράτυπες τιμές η κατάσταση είναι περισσότερο εξομαλυμένη για όλες τις μεταβλητές και στα δύο έτη. Ενώ η μείωση των μέτρων αυτών ή η σχετική σταθερότητα, όπου υπάρχει, στις τιμές των μεταβλητών παρουσιάζουν τάσεις σύγκλισης ανάμεσα στα δύο έτη.

Πίνακας 4: Νέα στατιστικά μέτρα.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ID1		ID2		ID3		ID4		ID5		ID6	
	2002	2012	2002	2012	2002	2012	2002	2012	2002	2012	2002	2012
Ελάχιστη τιμή (Minimum)	0.00	3.20	3.10	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.40	0.40
Μέγιστη τιμή (Maximum)	5.90	29.60	15.30	10.10	3.10	3.00	0.40	0.40	0.30	0.20	1.50	1.10
Εύρος (Range)	5.90	26.40	12.20	6.80	3.10	3.00	0.40	0.40	0.20	0.10	1.10	0.70
Μέση τιμή (Average - Mean)	1.90	12.42	6.93	6.36	0.85	0.86	0.12	0.10	0.14	0.14	0.87	0.75
Διάμεσος (Median)	1.80	9.70	6.63	5.97	0.73	0.78	0.11	0.08	0.16	0.14	0.83	0.75
Διασπορά (Variance)	1.93	53.26	7.08	3.64	0.68	0.65	0.01	0.01	0.00	0.00	0.06	0.03
Τυπική Απόκλιση (Standard Deviation)	1.39	7.30	2.66	1.91	0.82	0.80	0.10	0.08	0.06	0.04	0.23	0.18
Συντελεστής Μεταβλητότητας	73%	59%	38%	30%	97%	94%	82%	83%	43%	27%	27%	24%
1ο Τεταρτημόριο (Q1)	0.80	6.70	4.54	4.55	0.12	0.14	0.06	0.04	0.13	0.10	0.73	0.60
3ο Τεταρτημόριο (Q3)	2.50	18.20	8.17	7.91	1.01	1.09	0.16	0.15	0.22	0.17	1.03	0.86
2ο Δεκατημόριο (D2)	0.70	6.36	4.39	4.44	0.00	0.00	0.05	0.03	0.12	0.10	0.72	0.60
8ο Δεκατημόριο (D8)	3.04	18.42	8.90	8.42	1.34	1.31	0.16	0.16	0.24	0.17	1.07	0.91
Αναλογία Q3/Q1 (μέτρο ανισοτήτων)	3.13	2.72	1.80	1.74	8.53	7.74	2.74	3.75	1.68	1.60	1.41	1.43
Αναλογία D8/D1 (μέτρο ανισοτήτων)	4.34	2.90	2.03	1.90	-	-	3.27	4.80	1.93	1.68	1.49	1.53
Λοξότητα	0.99	0.75	1.15	0.31	1.27	1.30	1.61	1.38	0.75	0.62	0.36	-0.15
Σταθμισμένος Συντελεστής Μεταβλητότητας	68%	42%	22%	19%	49%	46%	60%	68%	32%	47%	21%	18%

Πηγή: ESPON και Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία.

Πίνακας 5: Νέος έλεγχος κανονικότητας για τους δείκτες.

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
ID1_2002	,112	27	,200*	,932	27	,079
ID1_2012	,195	27	,009	,919	27	,038
ID2_2002	,099	27	,200*	,923	27	,046
ID2_2012	,137	27	,200*	,950	27	,213
ID3_2002	,198	27	,008	,855	27	,001
ID3_2012	,174	27	,035	,847	27	,001
ID4_2002	,151	27	,117	,870	27	,003
ID4_2012	,153	27	,103	,891	27	,008
ID5_2002	,175	27	,033	,905	27	,018
ID5_2012	,121	27	,200*	,954	27	,269
ID6_2002	,128	27	,200*	,959	27	,347
ID6_2012	,092	27	,200*	,981	27	,890

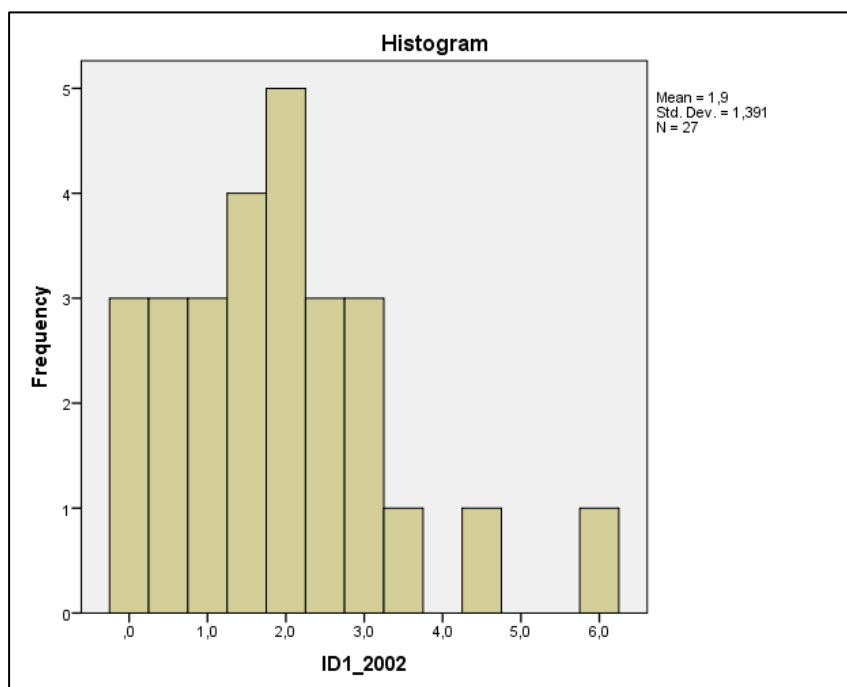
*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4 για τις μεταβλητές ID3 και ID4 η p-value (sig.) < 0.05, έτσι γίνεται απόρριψη της H_0 και αποδοχή της H_1 , δηλαδή οι μεταβλητές δεν ακολουθούν κανονική κατανομή για κανένα από τα δύο έτη, η ένδειξη αυτή υπήρχε ήδη από την τιμή της λοξότητας. Για τους δείκτες ID2 και ID5 τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή το έτος 2002 επειδή η p-value (sig.) < 0.05, με αποτέλεσμα να γίνεται απόρριψη της H_0 και αποδοχή της H_1 σε αντίθεση με το έτος 2012 που οι τιμές των μεταβλητών ακολουθούν κανονική κατανομή από τη στιγμή που η p-value (sig.) > 0.05 και γίνεται αποδοχή της H_0 . Οι μεταβλητές ID1 για το 2012 και ID2 για το έτος 2002 δεν ακολουθούν κανονική κατανομή επειδή η p-value < 0.05, ενώ για τα άλλα έτη ακολουθούν. Η μεταβλητή ID6 είναι η μοναδική που τα δεδομένα της ακολουθούν κανονική κατανομή και για τα δύο έτη διότι η p-value (sig.) > 0.05, δηλαδή γίνεται αποδοχή της H_0 , η ένδειξη υπήρχε ήδη από τις τιμές της λοξότητας και για τα δύο έτη.

Το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 41) για τη μεταβλητή ID1 για το έτος 2002 περιγράφει ακριβώς τα αποτελέσματα του Test of Normality, δηλαδή ότι η κατανομή είναι κανονική. Επιπλέον δικαιολογεί και το πρόσημο της τιμής της λοξότητας καθώς οι περισσότερες από τις τιμές βρίσκονται αριστερά της μέσης τιμής.

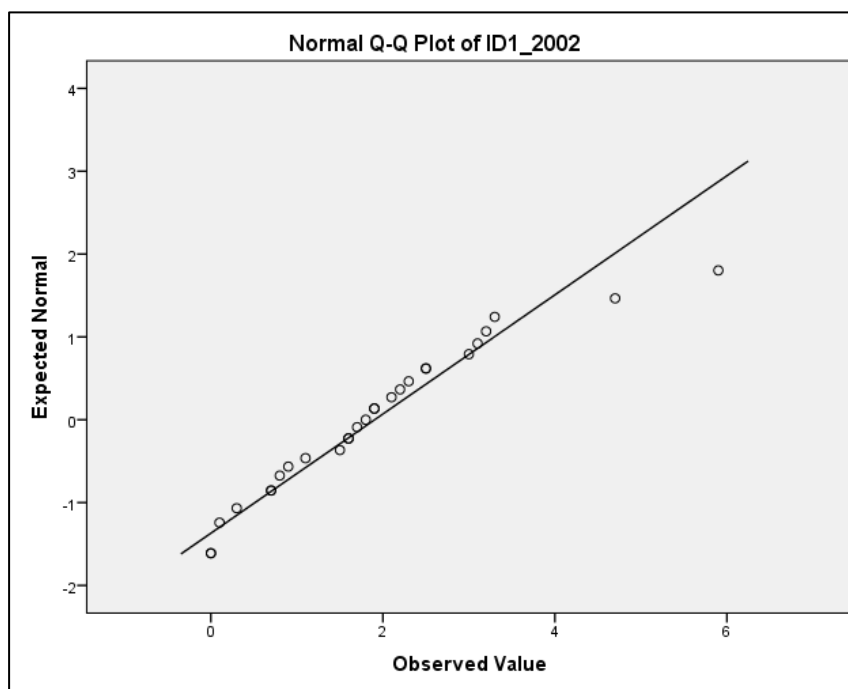
Διάγραμμα 43: Νέο ιστόγραμμα ενεργειακής αποτελεσματικότητας στις μεταφορές 2002.



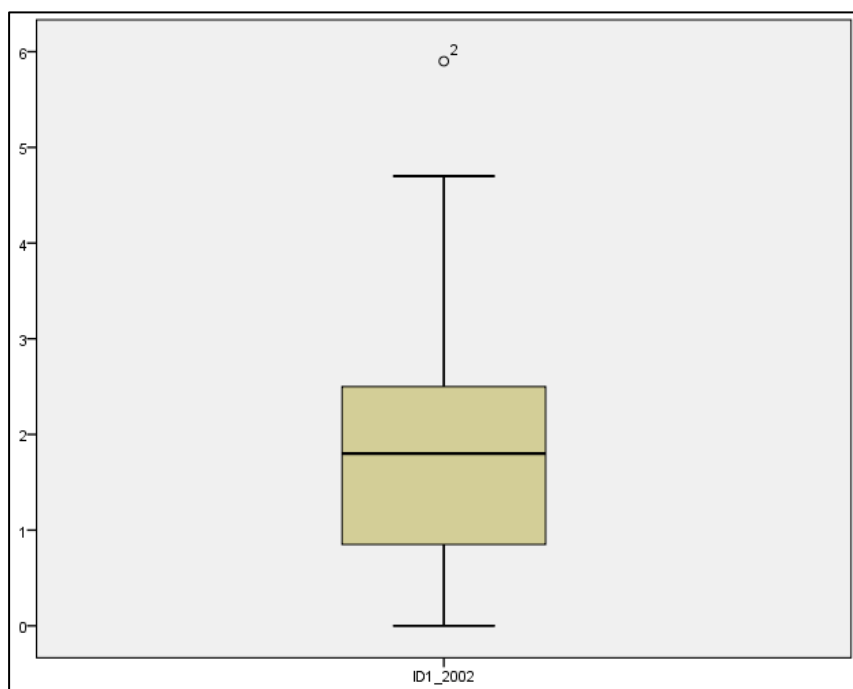
Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Τα δύο διαγράμματα (44 και 45) δίνουν συμπληρωματική πληροφορία ως προς την κανονικότητα της μεταβλητής ID1 για το έτος 2002. Το Q-Q Plot αναδεικνύει σε ποιο βαθμό υπάρχουν τιμές που διαφέρουν σημαντικά από τις αναμενόμενες κανονικές τιμές, δηλαδή όσο λιγότερο κανονικές είναι οι τιμές τόσο πιο πολύ ξεφεύγουν από τη γραμμή. Η τελική επιβεβαίωση έρχεται από το θηκόγραμμα πως υπάρχει μία ακραία τιμή που βρίσκεται άνω του εσωτερικού φράχτη.

Διάγραμμα 44: Νέο Q-Q Plot ενεργειακής αποτελεσματικότητας στις μεταφορές 2002.



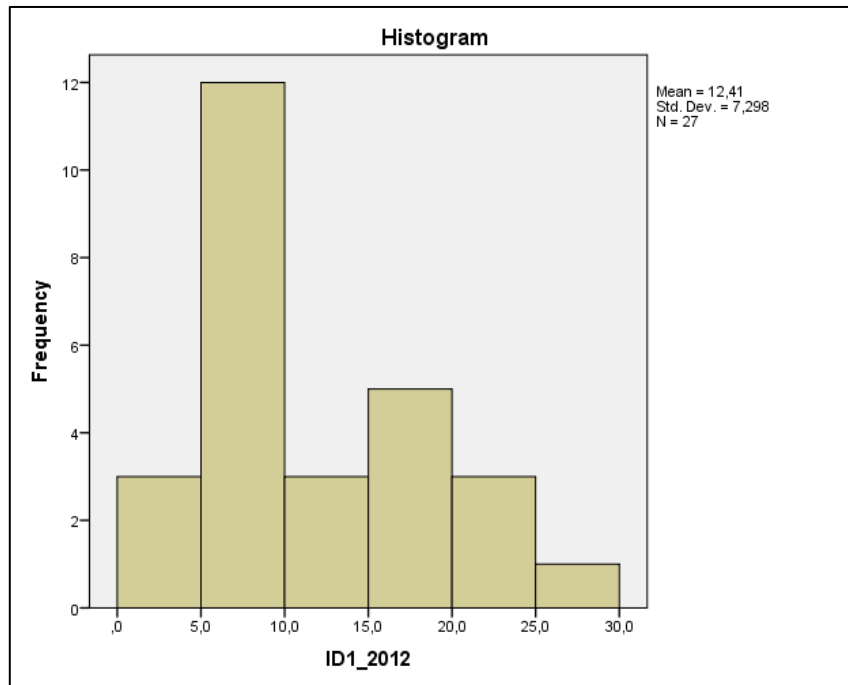
Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Διάγραμμα 45: Νέο θηκόγραμμα ενεργειακής αποτελεσματικότητας στις μεταφορές 2002.

Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 46) για τη μεταβλητή ID1 για το έτος 2012 περιγράφει ακριβώς τα αποτελέσματα του Test of Normality, δηλαδή ότι η κατανομή δεν είναι κανονική. Επιπλέον δικαιολογεί και το πρόσημο της τιμής της λοξότητας καθώς οι περισσότερες από τις τιμές βρίσκονται αριστερά της μέσης τιμής.

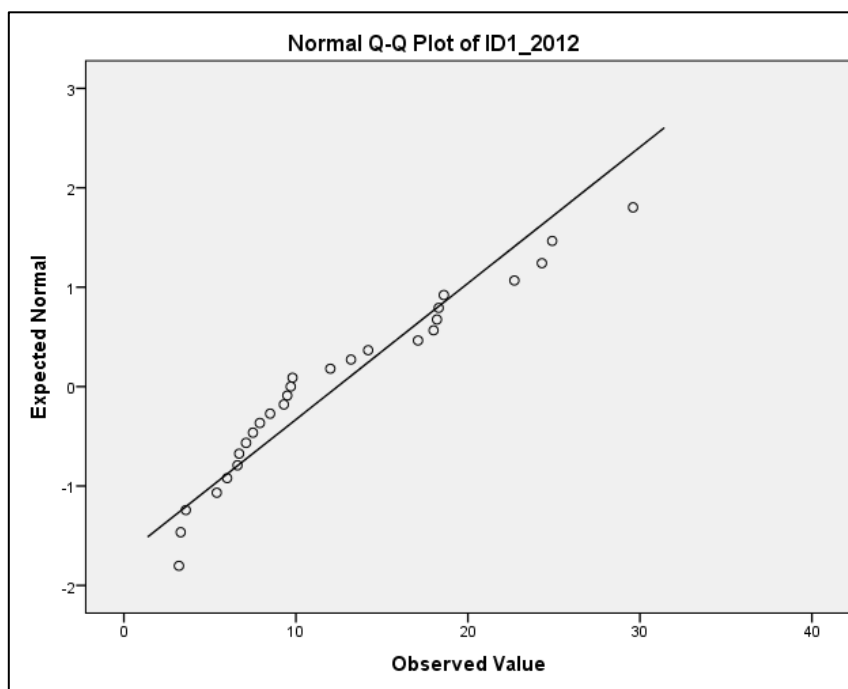
Διάγραμμα 46: Νέο Ιστόγραμμα ενεργειακής αποτελεσματικότητας στις μεταφορές 2012.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

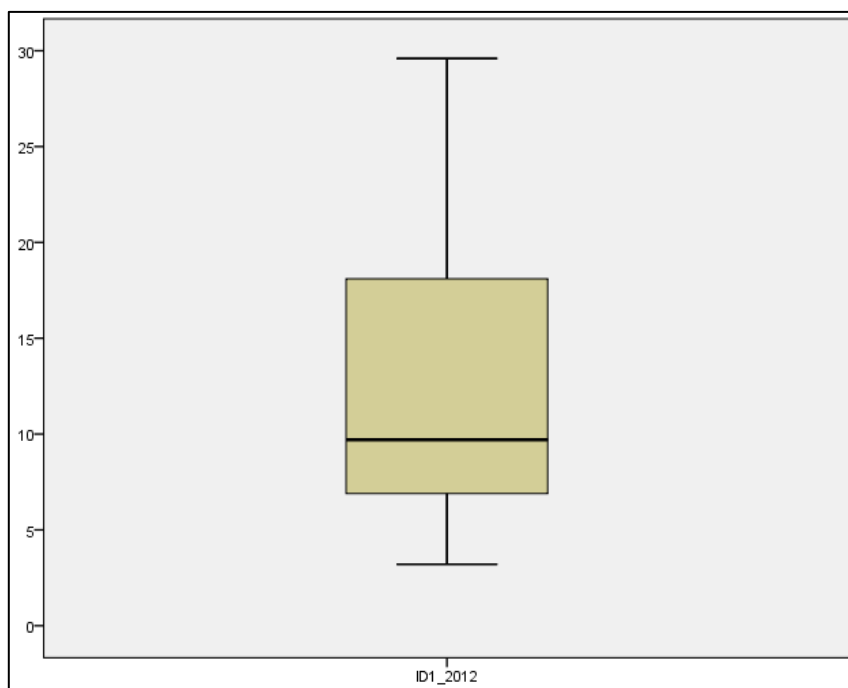
Τα δύο διαγράμματα (47 και 48) δίνουν συμπληρωματική πληροφορία ως προς την κανονικότητα της μεταβλητής ID1 για το έτος 2012. Το Q-Q Plot αναδεικνύει σε ποιο βαθμό υπάρχουν τιμές που διαφέρουν σημαντικά από τις αναμενόμενες κανονικές τιμές, δηλαδή όσο λιγότερο κανονικές είναι οι τιμές τόσο πιο πολύ ξεφεύγουν από τη γραμμή. Η τελική επιβεβαίωση έρχεται από το θηκόγραμμα το οποίο δεν έχει αρκετή συμμετρία εντός του εύρους των τιμών της μεταβλητής ενώ και η διάμεσος διαφέρει από τη μέση τιμή.

Διάγραμμα 47: Νέο Q-Q Plot ενεργειακής αποτελεσματικότητας στις μεταφορές 2012.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

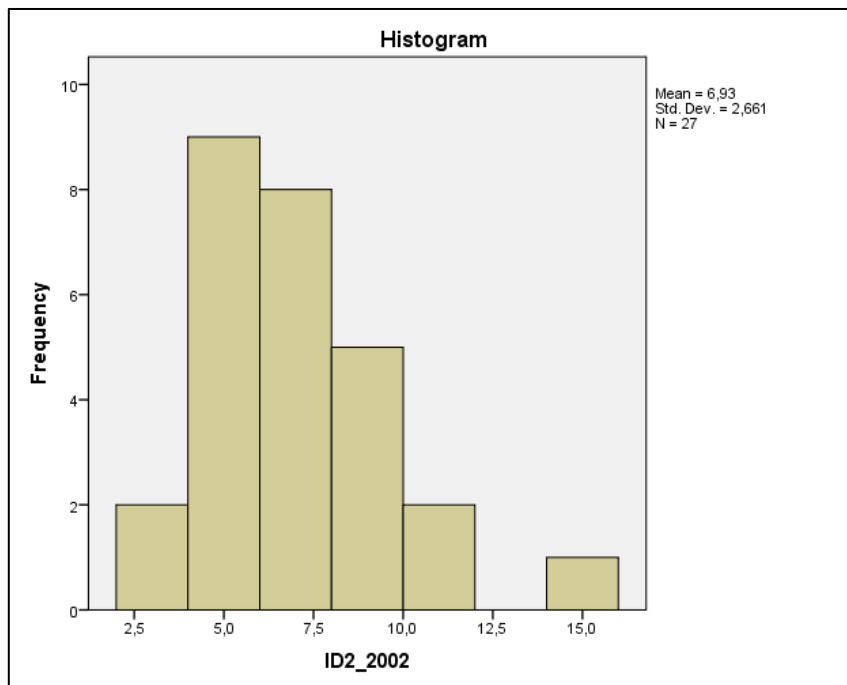
Διάγραμμα 48: Νέο Θηκόγραμμα ενεργειακής αποτελεσματικότητας στις μεταφορές 2012.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 49) για τη μεταβλητή ID2 για το έτος 2002 περιγράφει ακριβώς τα αποτελέσματα του Test of Normality, δηλαδή ότι η κατανομή δεν είναι κανονική. Επιπλέον δικαιολογεί και το πρόσημο της τιμής της λοξότητας καθώς οι περισσότερες από τις τιμές βρίσκονται αριστερά της μέσης τιμής.

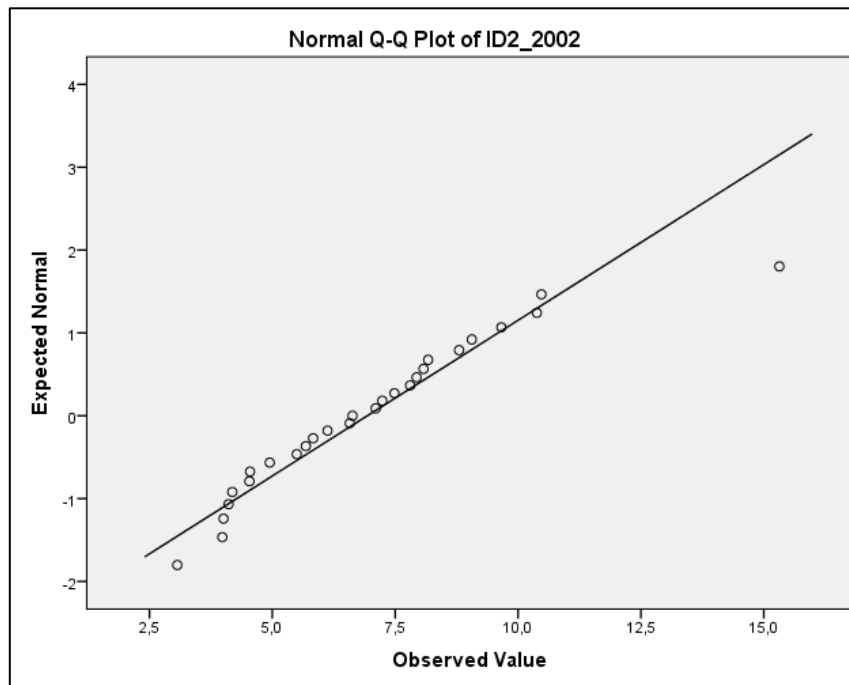
Διάγραμμα 49: Νέο Ιστόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης στις οδικές μεταφορές 2002.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία

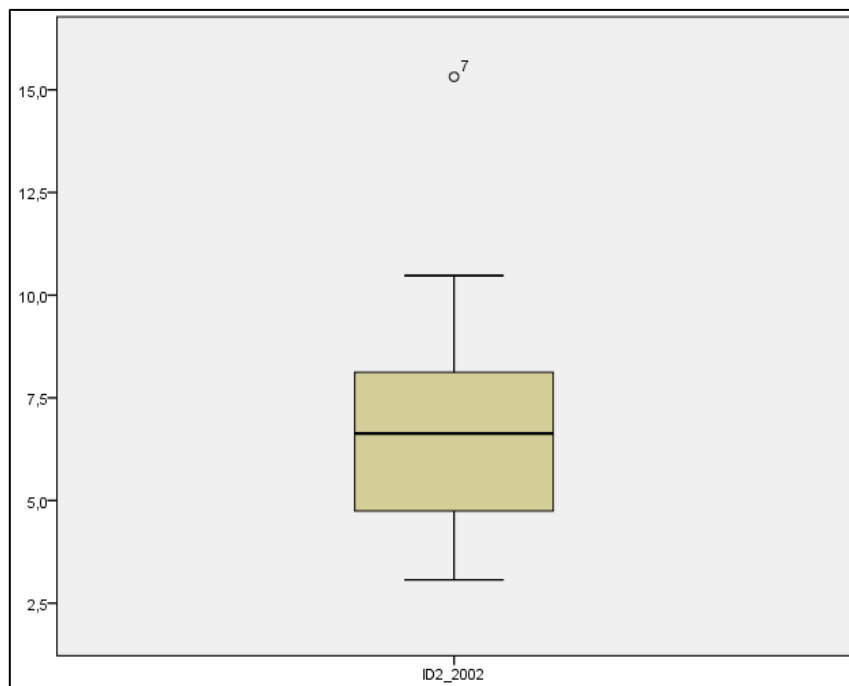
Τα δύο διαγράμματα (50 και 51) δίνουν συμπληρωματική πληροφορία ως προς την κανονικότητα της μεταβλητής ID2 για το έτος 2002. Το Q-Q Plot αναδεικνύει σε ποιο βαθμό υπάρχουν τιμές που διαφέρουν σημαντικά από τις αναμενόμενες κανονικές τιμές, δηλαδή όσο λιγότερο κανονικές είναι οι τιμές τόσο πιο πολύ ξεφεύγουν από τη γραμμή. Η τελική επιβεβαίωση έρχεται από το θηκόγραμμα το οποίο δεν έχει αρκετή συμμετρία εντός του εύρους των τιμών της μεταβλητής ενώ και η διάμεσος διαφέρει από τη μέση τιμή. Επιπλέον υπάρχει μία ακραία τιμή η οποία εντοπίζεται έξω από τα όρια του εσωτερικού άνω φράχτη.

Διάγραμμα 50: Νέο Q-Q Plot ενεργειακής κατανάλωσης στις οδικές μεταφορές 2002.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία

Διάγραμμα 51: Νέο Θηκόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης στις οδικές μεταφορές 2002.

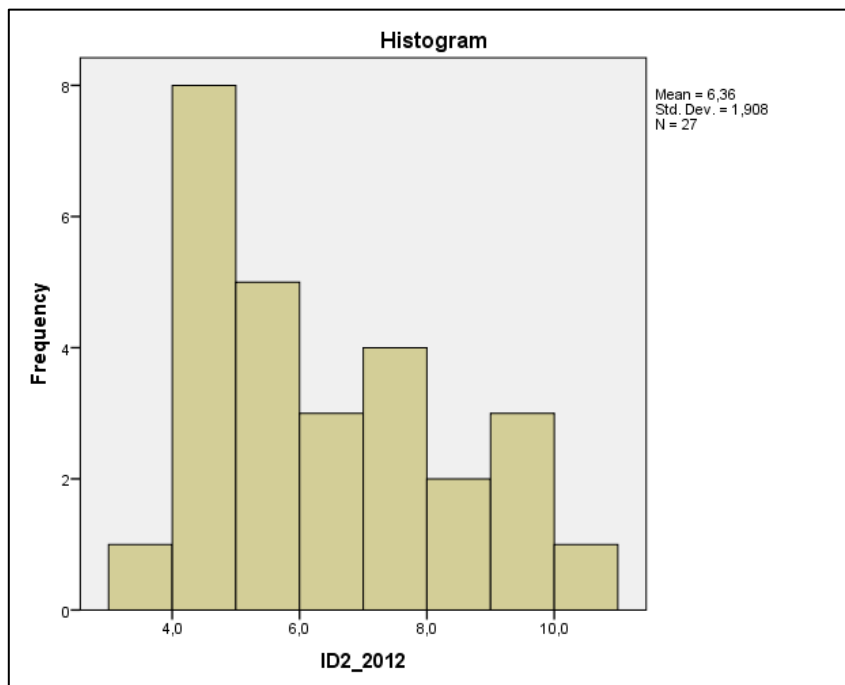


Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία

Το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 52) για τη μεταβλητή ID2 για το έτος 2012 περιγράφει ακριβώς τα αποτελέσματα του Test of Normality, δηλαδή ότι η κατανομή είναι κανονική.

Επιπλέον δικαιολογεί και το πρόσημο της τιμής της λοξότητας καθώς οι περισσότερες από τις τιμές βρίσκονται αριστερά της μέση τιμής.

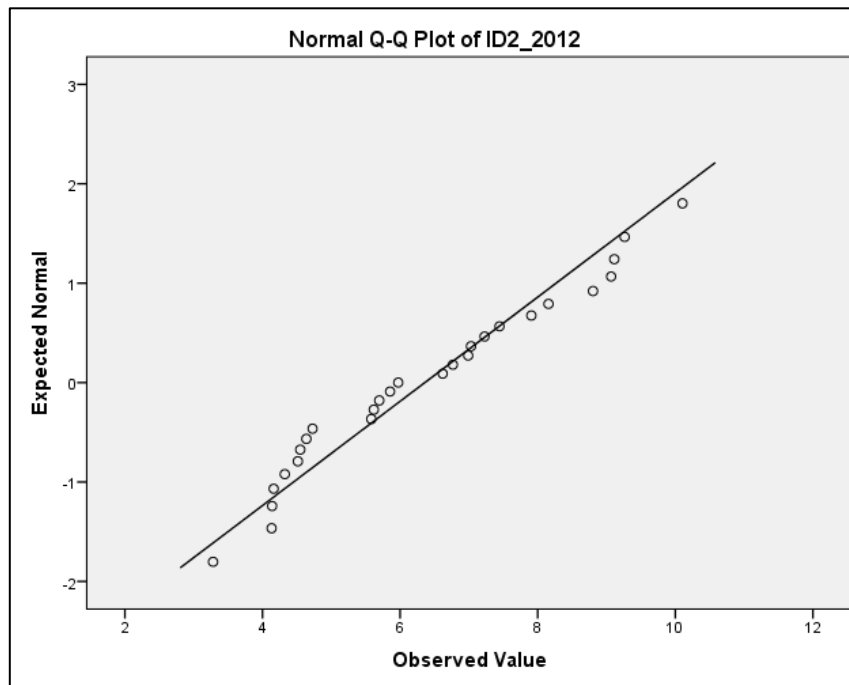
Διάγραμμα 52: Νέο Ιστόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης στις οδικές μεταφορές 2012.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία

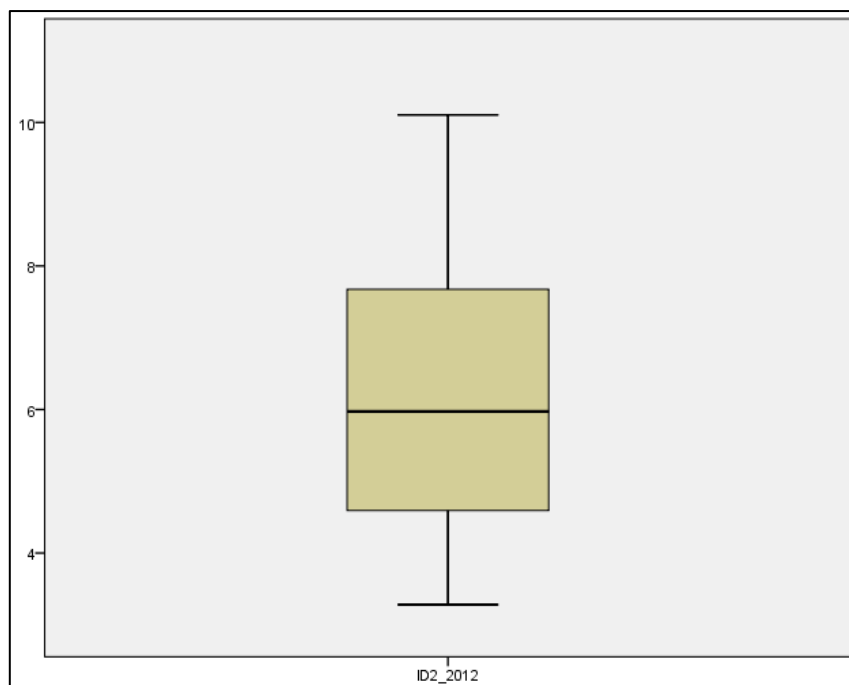
Τα δύο διαγράμματα (53 και 54) δίνουν συμπληρωματική πληροφορία ως προς την κανονικότητα της μεταβλητής ID2 για το έτος 2012. Το Q-Q Plot αναδεικνύει σε ποιο βαθμό υπάρχουν τιμές που διαφέρουν σημαντικά από τις αναμενόμενες κανονικές τιμές, δηλαδή όσο λιγότερο κανονικές είναι οι τιμές τόσο πιο πολύ ξεφεύγουν από τη γραμμή. Η τελική επιβεβαίωση έρχεται από το θηκόγραμμα το οποίο έχει ελαφριά συμμετρία εντός του εύρους των τιμών της μεταβλητής ενώ και η διάμεσος διαφέρει ελάχιστα από τη μέση τιμή.

Διάγραμμα 53: Νέο Q-Q Plot ενεργειακής κατανάλωσης στις οδικές μεταφορές 2012.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία

Διάγραμμα 54: Νέο θηκόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης στις οδικές μεταφορές 2012.

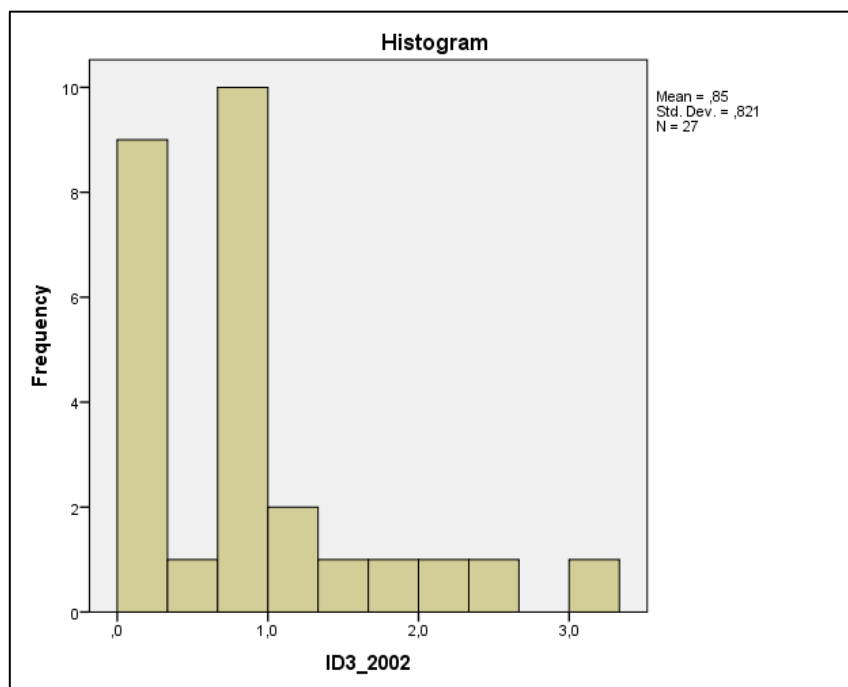


Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία

Το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 55) για τη μεταβλητή ID3 για το έτος 2002 περιγράφει ακριβώς τα αποτελέσματα του Test of Normality, δηλαδή ότι η κατανομή δεν είναι κανονική.

Επιπλέον δικαιολογεί και το πρόσημο της τιμής της λοξότητας καθώς οι περισσότερες από τις τιμές βρίσκονται αριστερά της μέση τιμής.

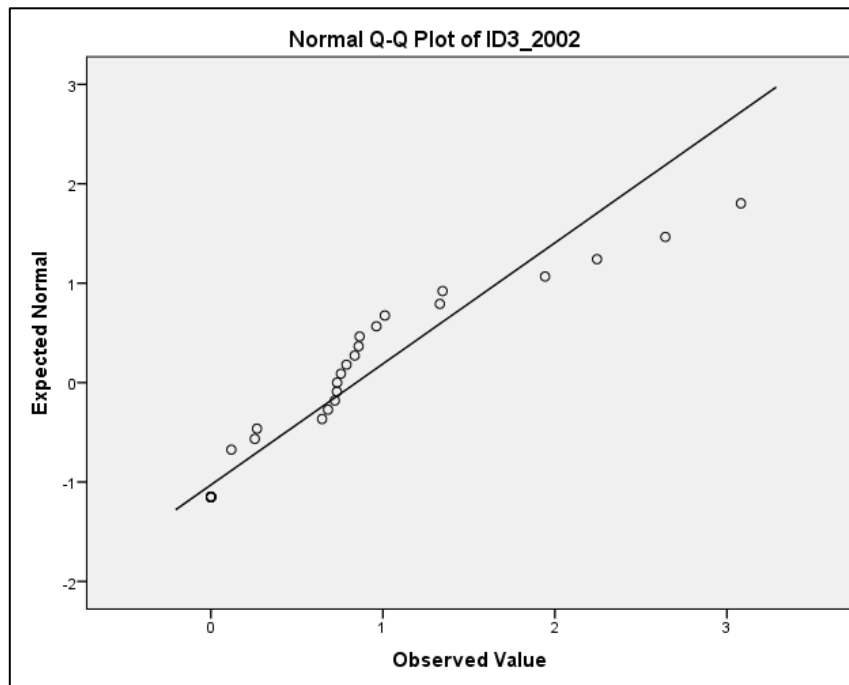
Διάγραμμα 55: Νέο ιστόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης στις εναέριες μεταφορές 2002.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία

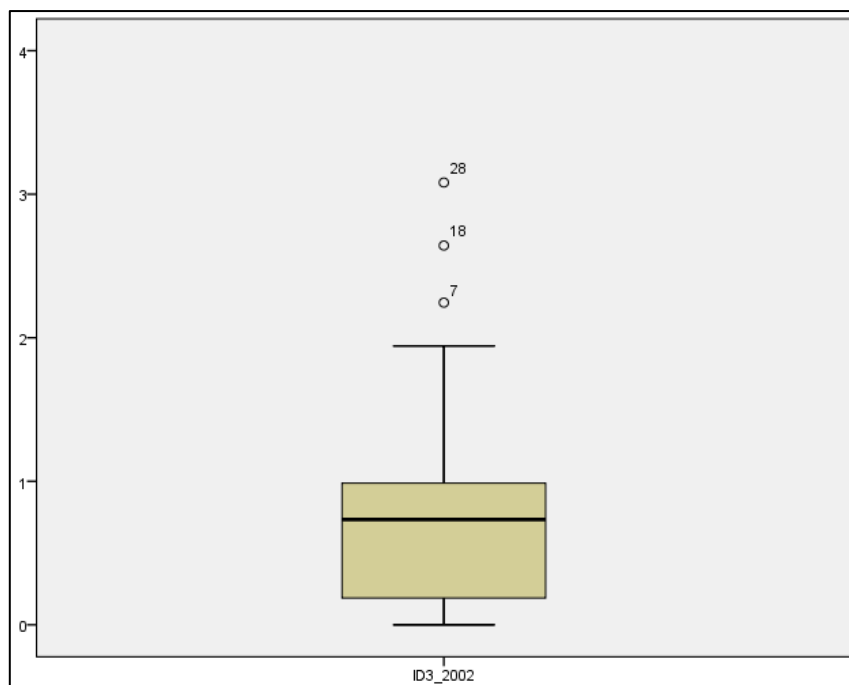
Τα δύο διαγράμματα (56 και 57) δίνουν συμπληρωματική πληροφορία ως προς την κανονικότητα της μεταβλητής ID3 για το έτος 2002. Το Q-Q Plot αναδεικνύει σε ποιο βαθμό υπάρχουν τιμές που διαφέρουν σημαντικά από τις αναμενόμενες κανονικές τιμές, δηλαδή όσο λιγότερο κανονικές είναι οι τιμές τόσο πιο πολύ ξεφεύγουν από τη γραμμή. Η τελική επιβεβαίωση έρχεται από το θηκόγραμμα το οποίο δεν παρουσιάζει συμμετρία εντός του εύρους των τιμών της μεταβλητής ενώ και η διάμεσος διαφέρει από τη μέση τιμή. Επιπλέον υπάρχουν τρεις ακραίες τιμές οι οποίες βρίσκονται έξω από τα όρια του άνω εσωτερικού φράχτη.

Διάγραμμα 56: Νέο Q-Q Plot ενεργειακής κατανάλωσης στις εναέριες μεταφορές 2002.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία

Διάγραμμα 57: Νέο θηκόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης στις εναέριες μεταφορές 2002.

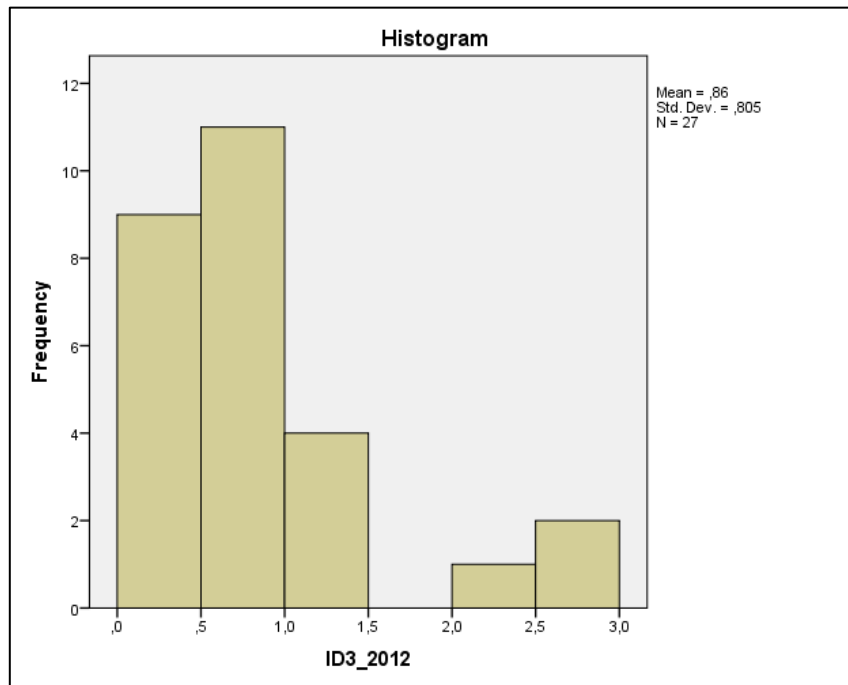


Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία

Το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 58) για τη μεταβλητή ID3 για το έτος 2012 περιγράφει ακριβώς τα αποτελέσματα του Test of Normality, δηλαδή ότι η κατανομή δεν είναι κανονική.

Επιπλέον δικαιολογεί και το πρόσημο της τιμής της λοξότητας καθώς οι περισσότερες από τις τιμές βρίσκονται αριστερά της μέση τιμής.

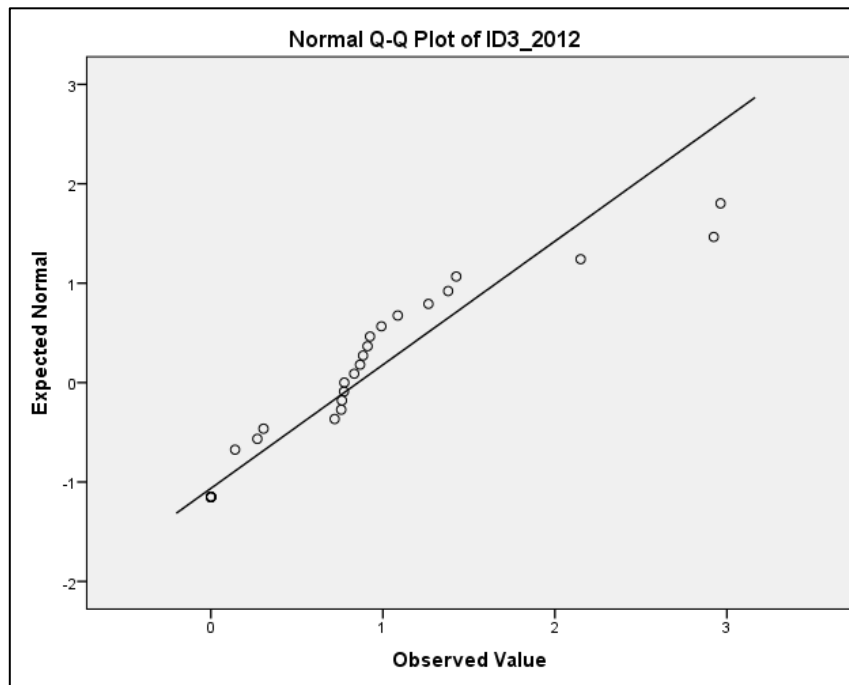
Διάγραμμα 58: Νέο ιστόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης στις εναέριες μεταφορές 2012.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία

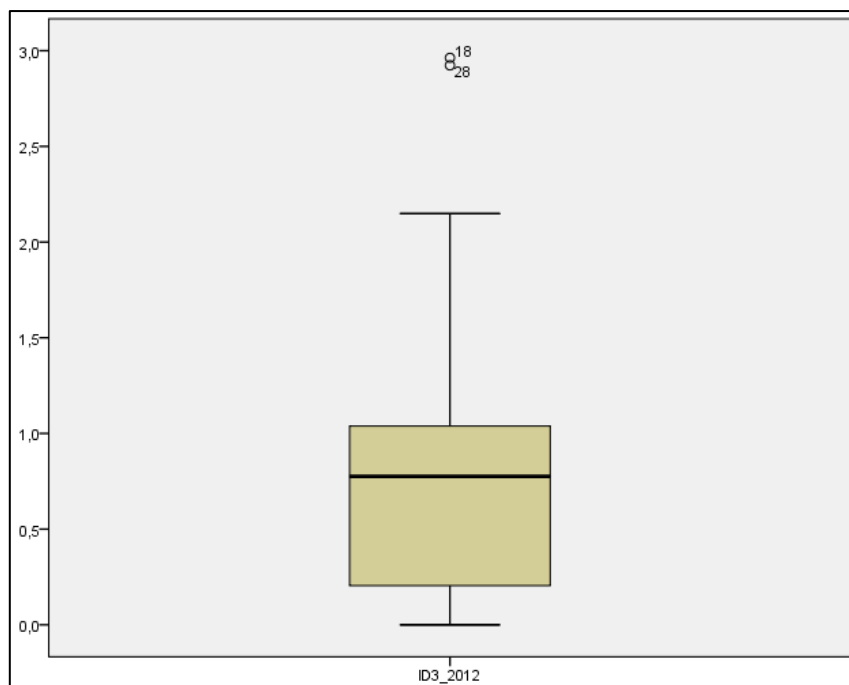
Τα δύο διαγράμματα (59 και 60) δίνουν συμπληρωματική πληροφορία ως προς την κανονικότητα της μεταβλητής ID3 για το έτος 2012. Το Q-Q Plot αναδεικνύει σε ποιο βαθμό υπάρχουν τιμές που διαφέρουν σημαντικά από τις αναμενόμενες κανονικές τιμές, δηλαδή όσο λιγότερο κανονικές είναι οι τιμές τόσο πιο πολύ ξεφεύγουν από τη γραμμή. Η τελική επιβεβαίωση έρχεται από το θηκόγραμμα το οποίο δεν παρουσιάζει συμμετρία εντός του εύρους των τιμών της μεταβλητής ενώ και η διάμεσος διαφέρει από τη μέση τιμή. Επιπλέον υπάρχουν 2 ακραίες τιμές οι οποίες βρίσκονται έξω από τα όρια του άνω εσωτερικού φράχτη.

Διάγραμμα 59: Νέο Q-Q Plot ενεργειακής κατανάλωσης στις εναέριες μεταφορές 2012.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία

Διάγραμμα 60: Νέο θηκόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης στις εναέριες μεταφορές 2012.

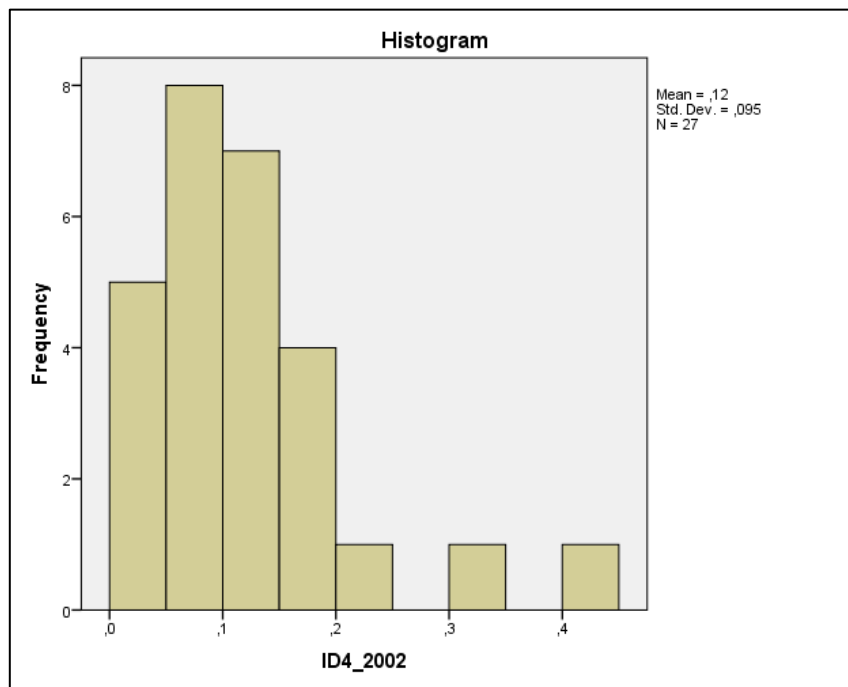


Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία

Το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 61) για τη μεταβλητή ID4 για το έτος 2002 περιγράφει ακριβώς τα αποτελέσματα του Test of Normality, δηλαδή ότι η κατανομή δεν είναι κανονική.

Επιπλέον δικαιολογεί και το πρόσημο της τιμής της λοξότητας καθώς οι περισσότερες από τις τιμές βρίσκονται αριστερά της μέση τιμής.

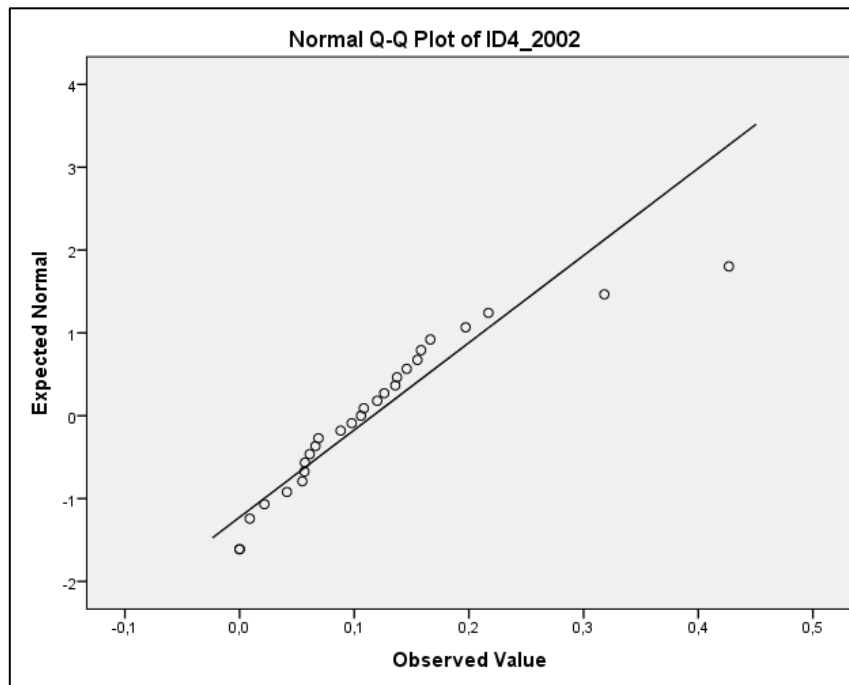
Διάγραμμα 61: Νέο ιστόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης στις σιδηροδρομικές μεταφορές 2002.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία

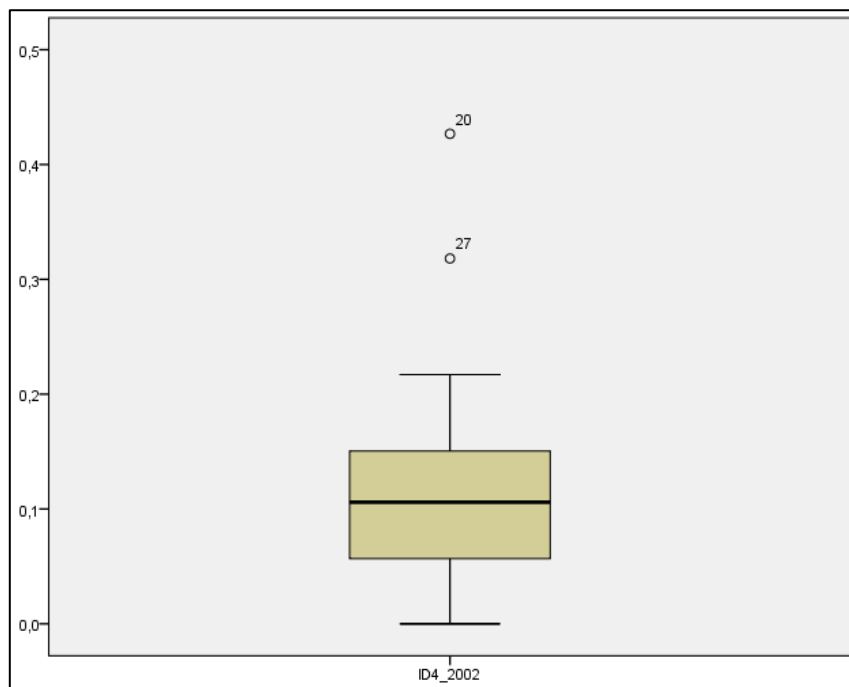
Τα δύο διαγράμματα (62 και 63) δίνουν συμπληρωματική πληροφορία ως προς την κανονικότητα της μεταβλητής ID4 για το έτος 2002. Το Q-Q Plot αναδεικνύει σε ποιο βαθμό υπάρχουν τιμές που διαφέρουν σημαντικά από τις αναμενόμενες κανονικές τιμές, δηλαδή όσο λιγότερο κανονικές είναι οι τιμές τόσο πιο πολύ ξεφεύγουν από τη γραμμή. Η τελική επιβεβαίωση έρχεται από το θηκόγραμμα το οποίο παρουσιάζει ελαφριά ασυμμετρία εντός του εύρους των τιμών της μεταβλητής ενώ και η διάμεσος διαφέρει ελάχιστα από τη μέση τιμή. Επιπλέον υπάρχουν 2 ακραίες τιμές οι οποίες βρίσκονται έξω από τα όρια του άνω εσωτερικού φράχτη.

Διάγραμμα 62: Νέο Q-Q Plot ενεργειακής κατανάλωσης στις σιδηροδρομικές μεταφορές 2002.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία

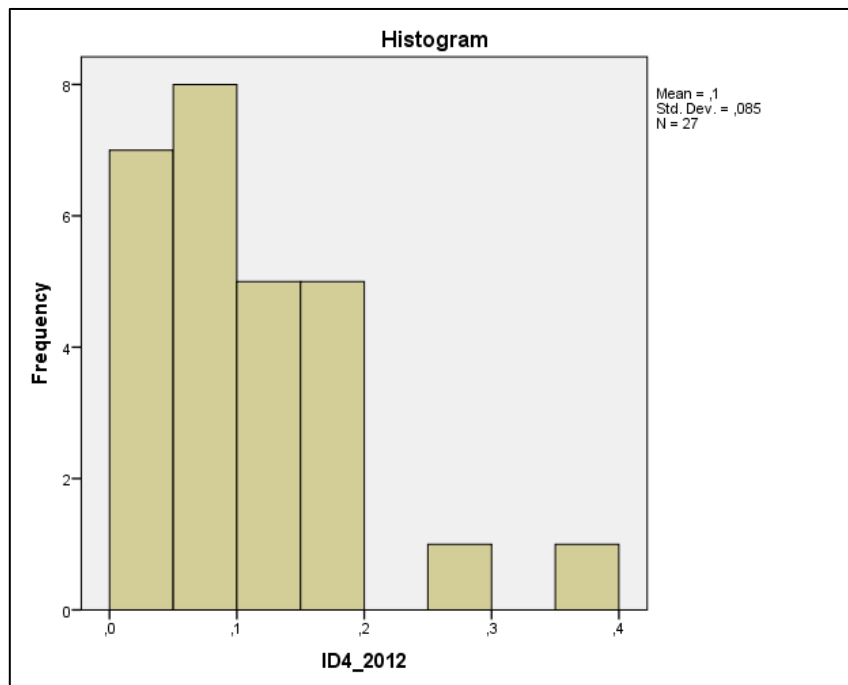
Διάγραμμα 63: Νέο θηκόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης στις σιδηροδρομικές μεταφορές 2002.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία

Το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 64) για τη μεταβλητή ID4 για το έτος 2012 περιγράφει ακριβώς τα αποτελέσματα του Test of Normality, δηλαδή ότι η κατανομή δεν είναι κανονική. Επιπλέον δικαιολογεί και το πρόσημο της τιμής της λοξότητας καθώς οι περισσότερες από τις τιμές βρίσκονται αριστερά της μέση τιμής.

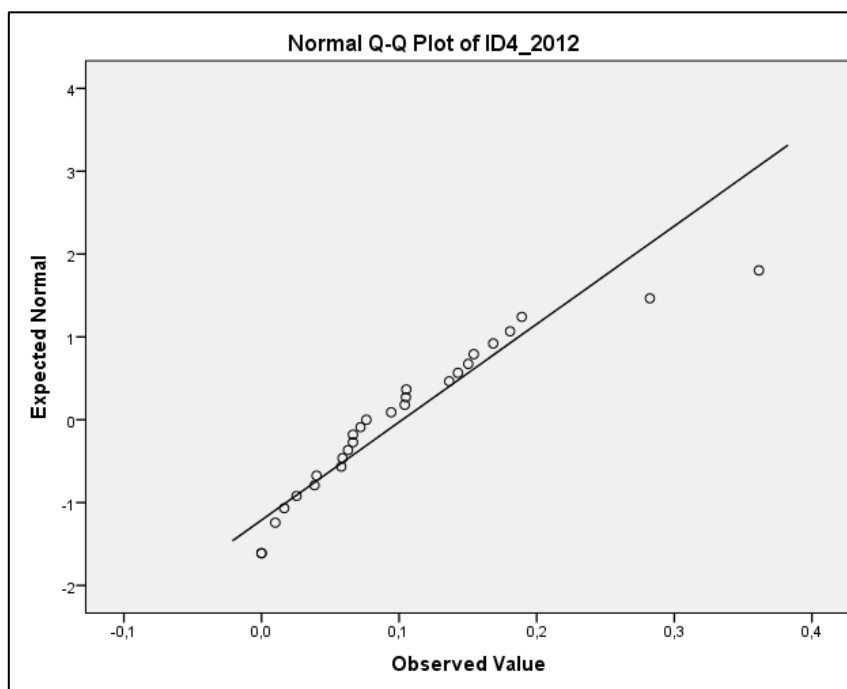
Διάγραμμα 64: Νέο ιστόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης στις σιδηροδρομικές μεταφορές 2012.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία

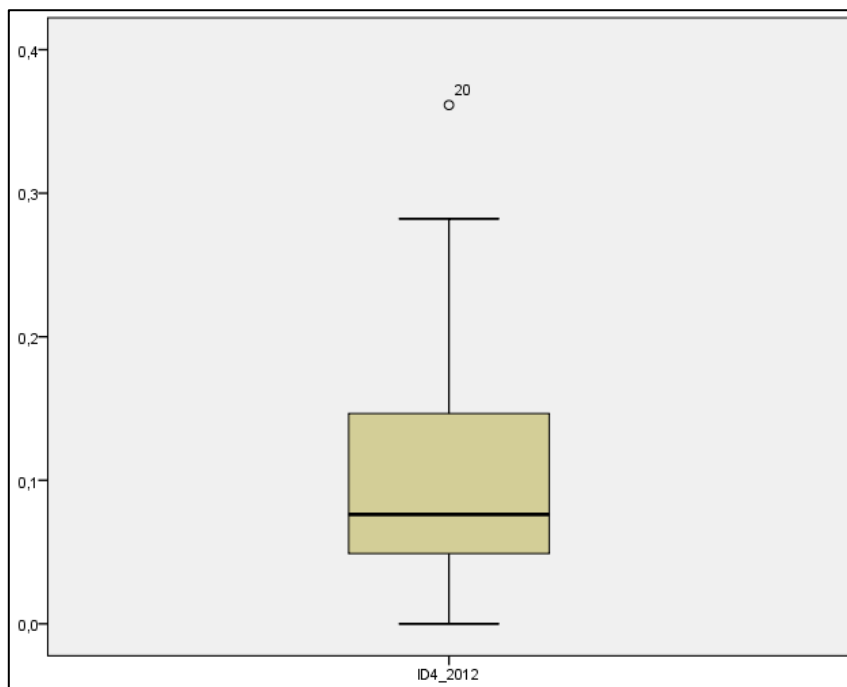
Τα δύο διαγράμματα (65 και 66) δίνουν συμπληρωματική πληροφορία ως προς την κανονικότητα της μεταβλητής ID4 για το έτος 2012. Το Q-Q Plot αναδεικνύει σε ποιο βαθμό υπάρχουν τιμές που διαφέρουν σημαντικά από τις αναμενόμενες κανονικές τιμές, δηλαδή όσο λιγότερο κανονικές είναι οι τιμές τόσο πιο πολύ ξεφεύγουν από τη γραμμή. Η τελική επιβεβαίωση έρχεται από το θηκόγραμμα το οποίο παρουσιάζει ασυμμετρία εντός του εύρους των τιμών της μεταβλητής ενώ και η διάμεσος διαφέρει από τη μέση τιμή. Επιπλέον υπάρχει μία ακραία τιμή η οποία βρίσκεται έξω από τα όρια του άνω εσωτερικού φράχτη.

Διάγραμμα 65: Νέο Q-Q Plot ενεργειακής κατανάλωσης στις σιδηροδρομικές μεταφορές 2012.



Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία

Διάγραμμα 66: Νέο θηκόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης στις σιδηροδρομικές μεταφορές 2012.

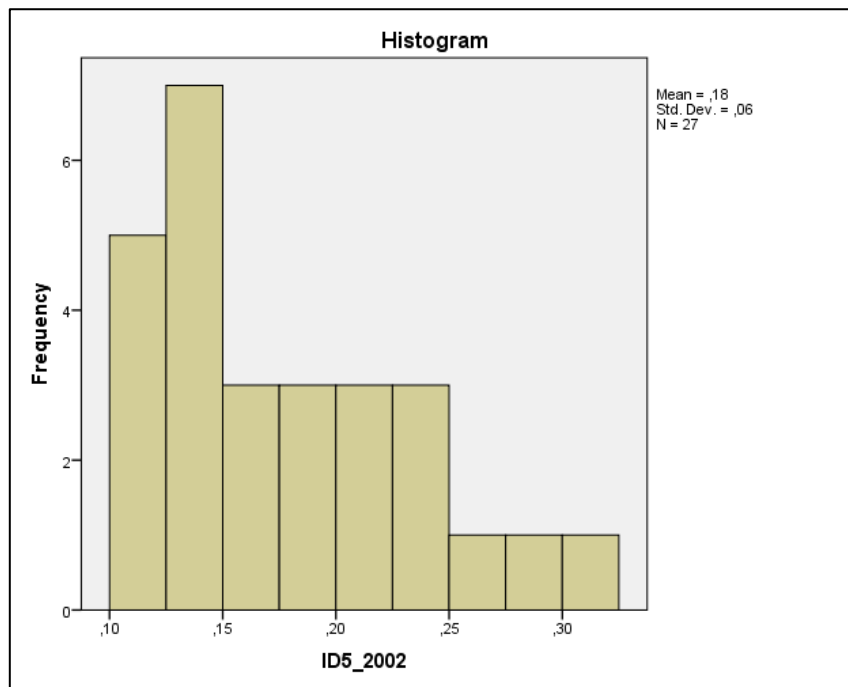


Πηγή: ESPON, Ιδία Επεξεργασία

Το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 67) για τη μεταβλητή ID5 για το έτος 2002 περιγράφει ακριβώς τα αποτελέσματα του Test of Normality, δηλαδή ότι η κατανομή δεν είναι κανονική.

Επιπλέον δικαιολογεί και το πρόσημο της τιμής της λοξότητας καθώς οι περισσότερες από τις τιμές βρίσκονται αριστερά της μέση τιμής.

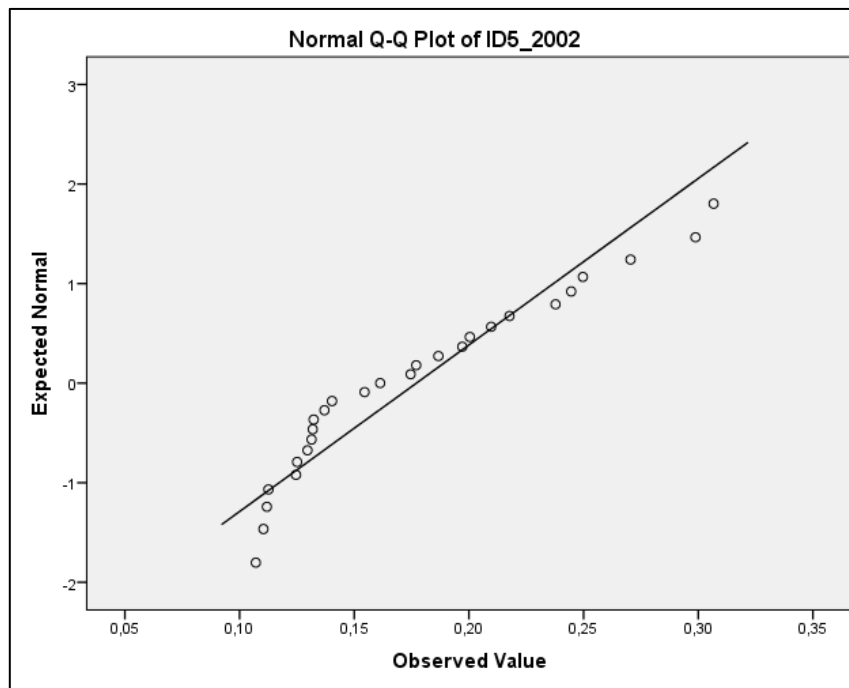
Διάγραμμα 67: Νέο ιστόγραμμα έντασης αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμης σε τιμές 2010, με κλιματικές διορθώσεις το 2002.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

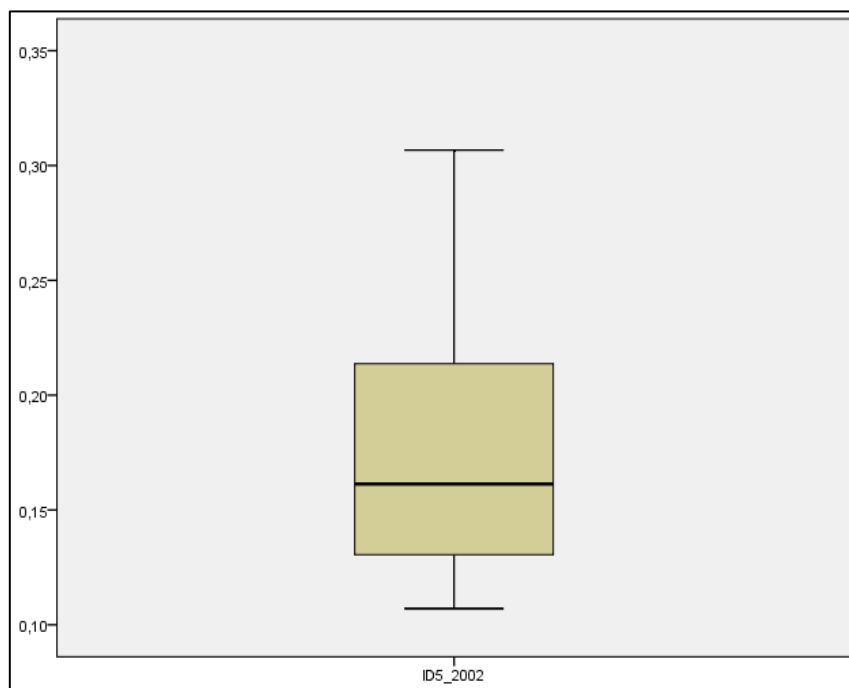
Τα δύο διαγράμματα (68 και 69) δίνουν συμπληρωματική πληροφορία ως προς την κανονικότητα της μεταβλητής ID5 για το έτος 2002. Το Q-Q Plot αναδεικνύει σε ποιο βαθμό υπάρχουν τιμές που διαφέρουν σημαντικά από τις αναμενόμενες κανονικές τιμές, δηλαδή όσο λιγότερο κανονικές είναι οι τιμές τόσο πιο πολύ ξεφεύγουν από τη γραμμή. Η τελική επιβεβαίωση έρχεται από το θηκόγραμμα το οποίο παρουσιάζει ασυμμετρία εντός του εύρους των τιμών της μεταβλητής ενώ και η διάμεσος διαφέρει από τη μέση τιμή.

Διάγραμμα 68: Νέο Q-Q Plot έντασης αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμης σε τιμές 2010, με κλιματικές διορθώσεις το 2002.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

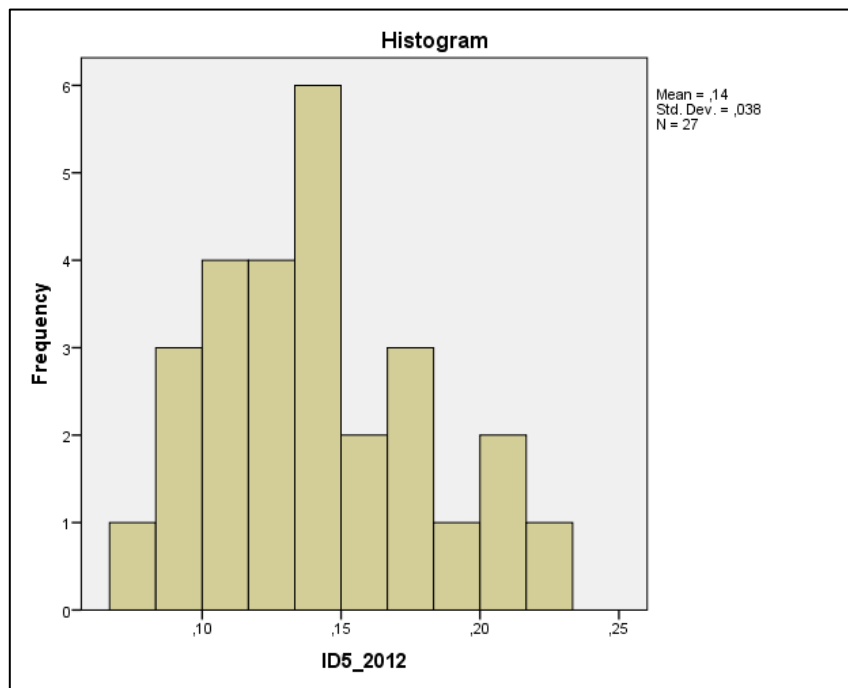
Διάγραμμα 69: Νέο Q-Q Plot έντασης αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμης σε τιμές 2010, με κλιματικές διορθώσεις το 2002.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 70) για τη μεταβλητή ID5 για το έτος 2012 περιγράφει ακριβώς τα αποτελέσματα του Test of Normality, δηλαδή ότι η κατανομή είναι κανονική. Επιπλέον δικαιολογεί και το πρόσημο της τιμής της λοξότητας καθώς οι περισσότερες από τις τιμές βρίσκονται αριστερά της μέση τιμής.

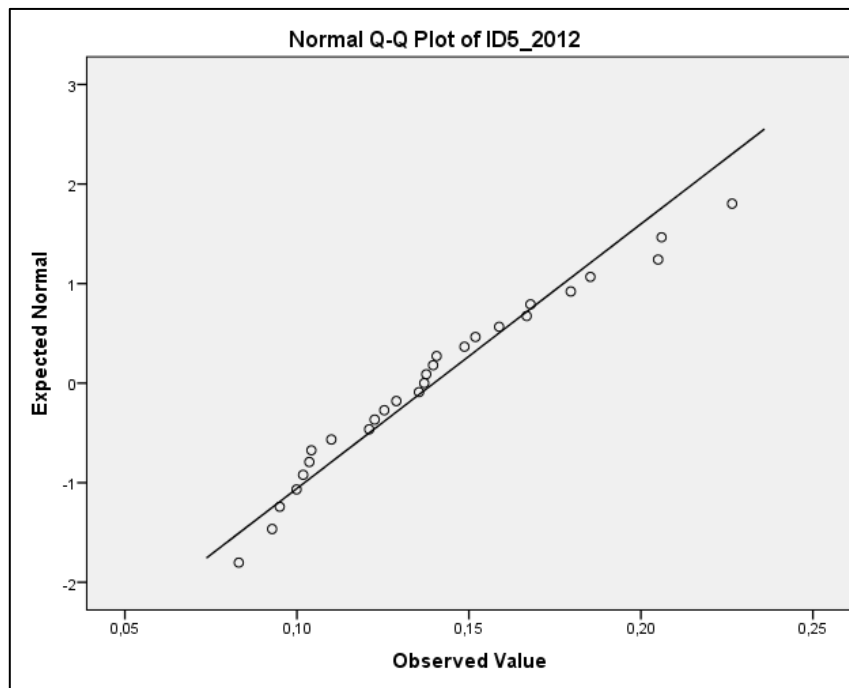
Διάγραμμα 70: Νέο ιστόγραμμα έντασης αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμης σε τιμές 2010, με κλιματικές διορθώσεις το 2012.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

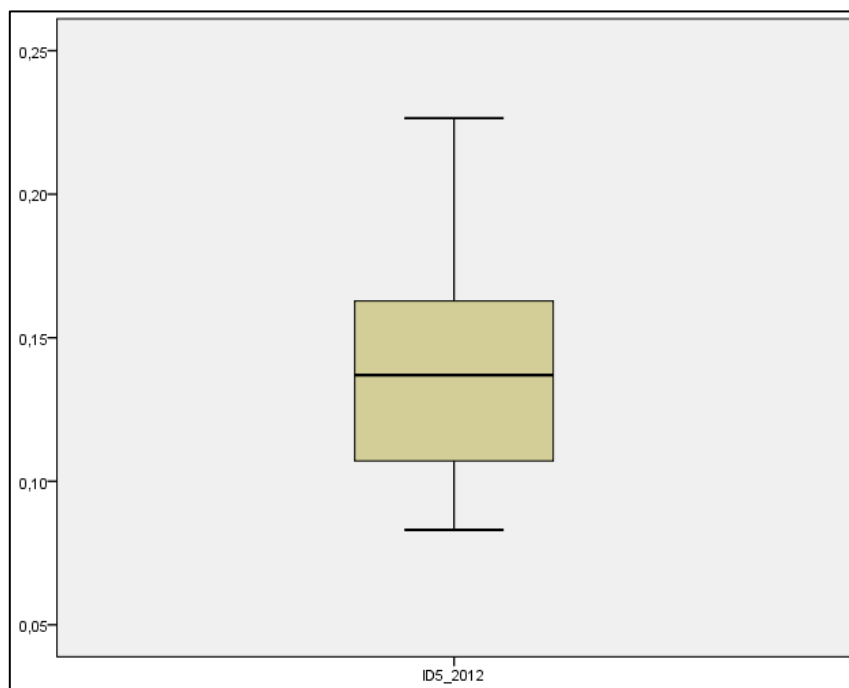
Τα δύο διαγράμματα (71 και 72) δίνουν συμπληρωματική πληροφορία ως προς την κανονικότητα της μεταβλητής ID5 για το έτος 2012. Το Q-Q Plot αναδεικνύει σε ποιο βαθμό υπάρχουν τιμές που διαφέρουν σημαντικά από τις αναμενόμενες κανονικές τιμές, δηλαδή όσο λιγότερο κανονικές είναι οι τιμές τόσο πιο πολύ ξεφεύγουν από τη γραμμή. Η τελική επιβεβαίωση έρχεται από το θηκόγραμμα το οποίο παρουσιάζει ασυμμετρία εντός του εύρους των τιμών της μεταβλητής ενώ και η διάμεσος διαφέρει ελάχιστα από τη μέση τιμή.

Διάγραμμα 71: Νέο Q-Q Plot έντασης αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμης σε τιμές 2010, με κλιματικές διορθώσεις το 2012.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

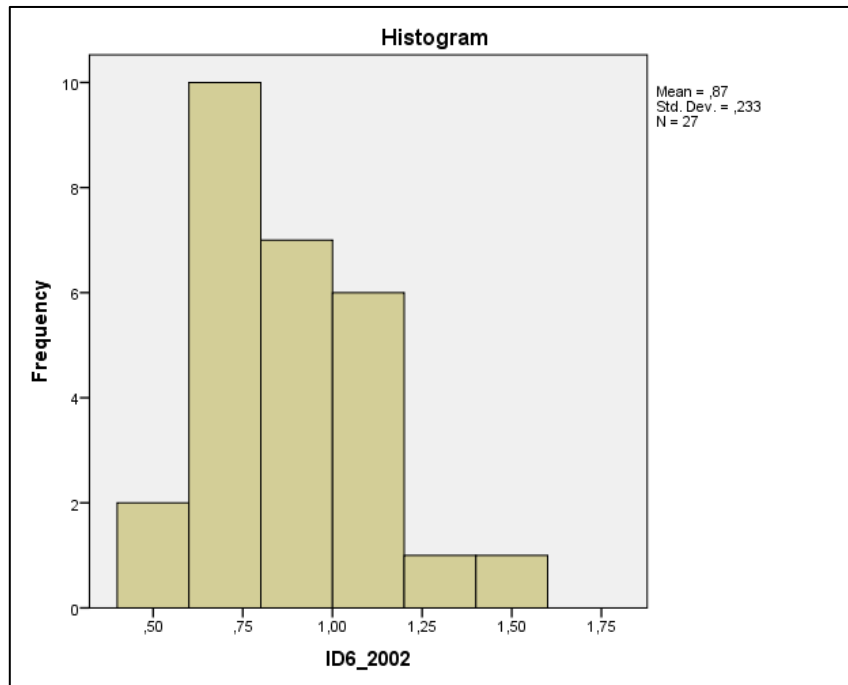
Διάγραμμα 72: Νέο θηκόγραμμα έντασης αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμης σε τιμές 2010, με κλιματικές διορθώσεις το 2012.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 73) για τη μεταβλητή ID6 για το έτος 2002 περιγράφει ακριβώς τα αποτελέσματα του Test of Normality, δηλαδή ότι η κατανομή είναι κανονική. Επιπλέον δικαιολογεί και το πρόσημο της τιμής της λοξότητας καθώς οι περισσότερες από τις τιμές βρίσκονται αριστερά της μέση τιμής.

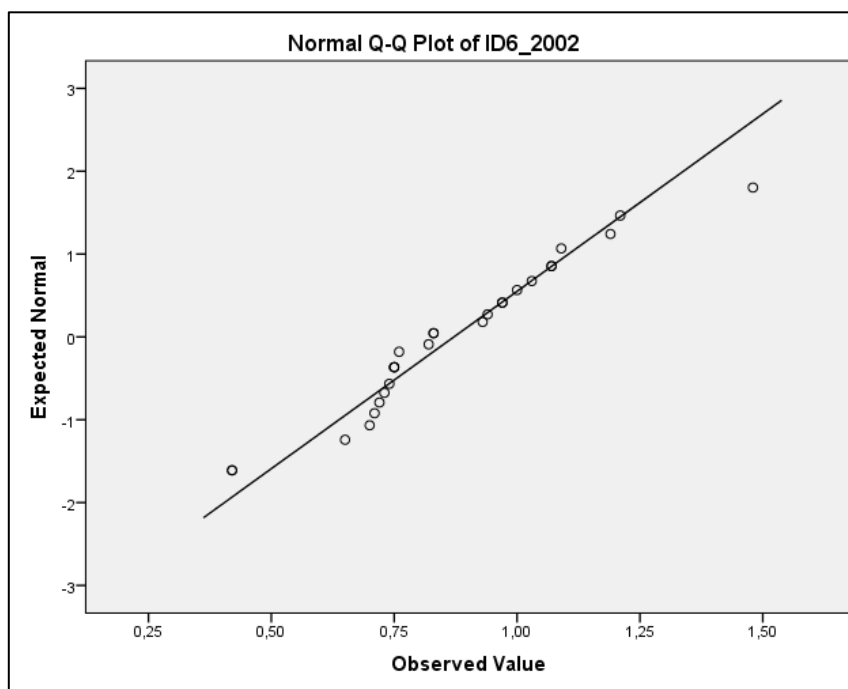
Διάγραμμα 73: Νέο ιστόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου 2002.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

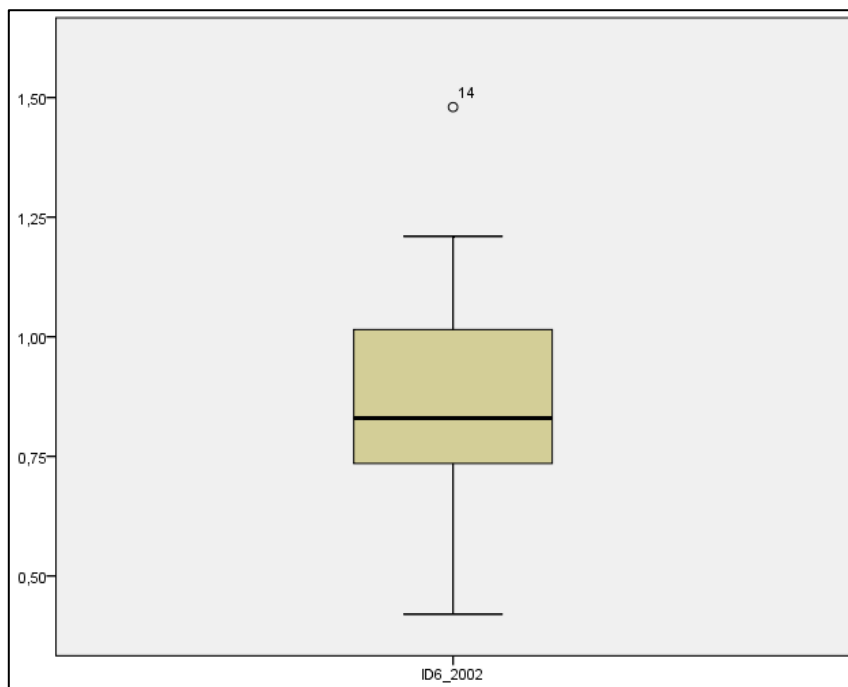
Τα δύο διαγράμματα (74 και 75) δίνουν συμπληρωματική πληροφορία ως προς την κανονικότητα της μεταβλητής ID6 για το έτος 2002. Το Q-Q Plot αναδεικνύει σε ποιο βαθμό υπάρχουν τιμές που διαφέρουν σημαντικά από τις αναμενόμενες κανονικές τιμές, δηλαδή όσο λιγότερο κανονικές είναι οι τιμές τόσο πιο πολύ ξεφεύγουν από τη γραμμή. Η τελική επιβεβαίωση έρχεται από το θηκόγραμμα το οποίο παρουσιάζει ασυμμετρία εντός του εύρους των τιμών της μεταβλητής ενώ και η διάμεσος διαφέρει από τη μέση τιμή. Επιπλέον υπάρχει μία ακραία τιμή η οποία βρίσκεται έξω από τα όρια του εσωτερικού άνω φράχτη.

Διάγραμμα 74: Νέο Q-Q Plot ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου 2002.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Διάγραμμα 75: Νέο θηκόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου 2002.

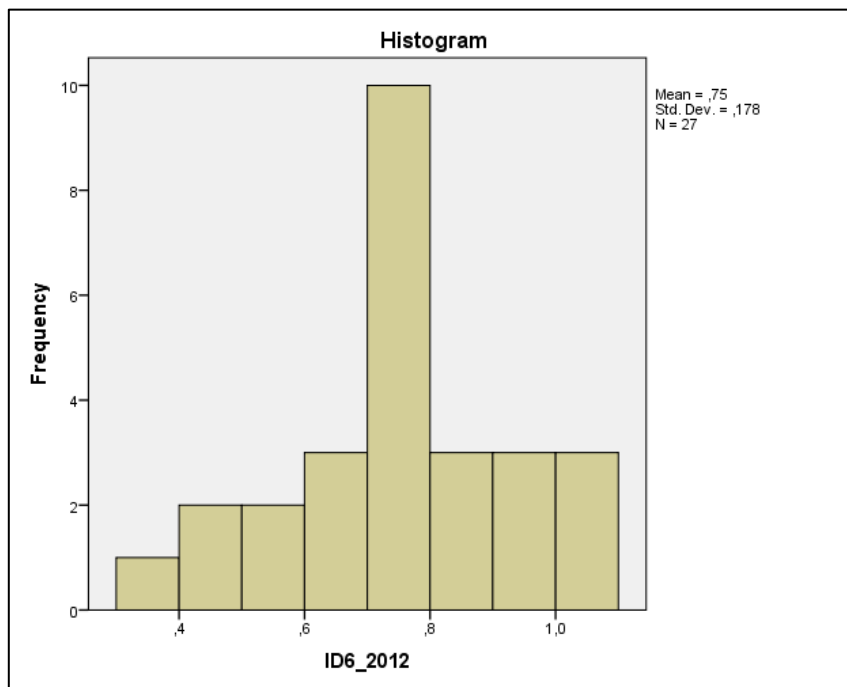


Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 76) για τη μεταβλητή ID6 για το έτος 2002 περιγράφει ακριβώς τα αποτελέσματα του Test of Normality, δηλαδή ότι η κατανομή είναι κανονική.

Επιπλέον δικαιολογεί και το πρόσημο της τιμής της λοξότητας καθώς οι περισσότερες από τις τιμές βρίσκονται δεξιά της μέση τιμής.

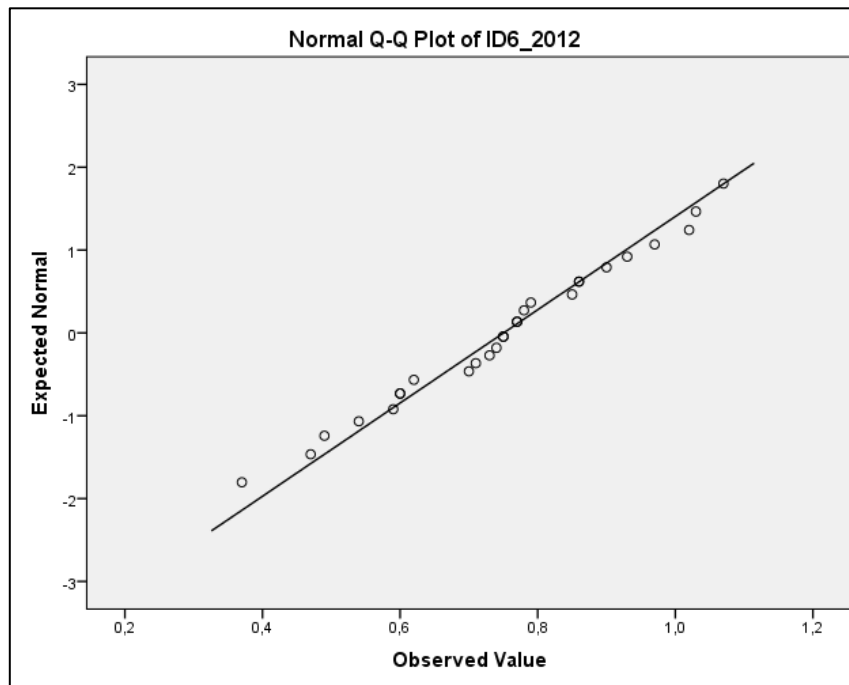
Διάγραμμα 76: Νέο ιστόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου 2012.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

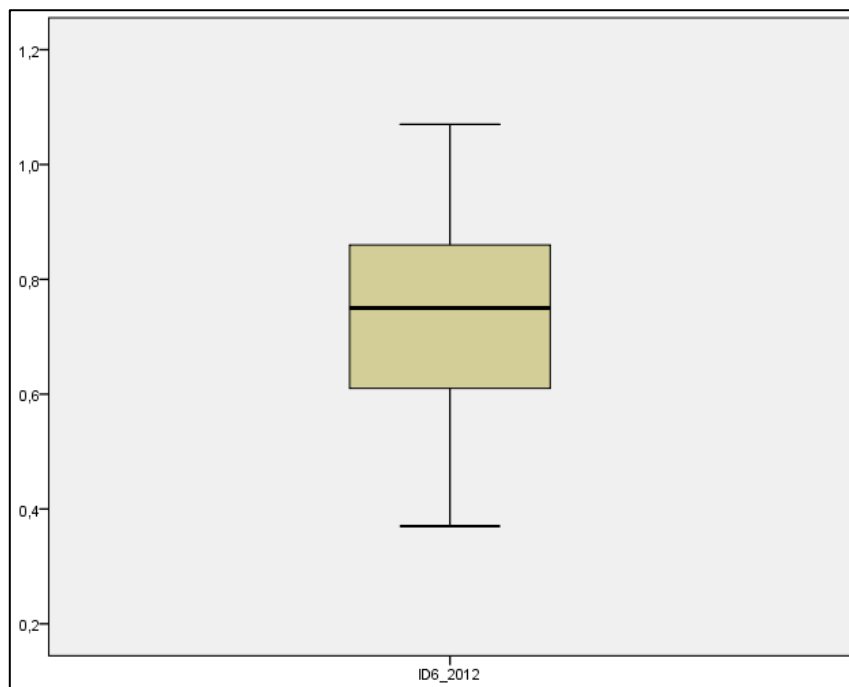
Τα δύο διαγράμματα (77 και 78) δίνουν συμπληρωματική πληροφορία ως προς την κανονικότητα της μεταβλητής ID6 για το έτος 2012. Το Q-Q Plot αναδεικνύει σε ποιο βαθμό υπάρχουν τιμές που διαφέρουν σημαντικά από τις αναμενόμενες κανονικές τιμές, δηλαδή όσο λιγότερο κανονικές είναι οι τιμές τόσο πιο πολύ ξεφεύγουν από τη γραμμή. Η τελική επιβεβαίωση έρχεται από το θηκόγραμμα το οποίο παρουσιάζει ελαφριά ασυμμετρία εντός του εύρους των τιμών της μεταβλητής ενώ και η διάμεσος διαφέρει τη μέση τιμή.

Διάγραμμα 77: Νέο Q-Q Plot ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου 2012.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Διάγραμμα 78: Νέο θηκόγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου 2012.



Πηγή: Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

6.4 Έλεγχος στατιστικής διαφοράς μεταξύ των μέσων τιμών των μεταβλητών στις δύο περιόδους

Σύμφωνα με τον παρακάτω έλεγχο του Πίνακα 5 γίνεται αντιληπτό πως σε όλες τις μεταβλητές διαφέρουν οι μέσες τιμές μεταξύ των δύο χρόνων εκτός της μεταβλητής ID3. Το συμπέρασμα αυτό εξάγεται από το γεγονός ότι η $p\text{-value} < 0.05$ για τις μεταβλητές με αποτέλεσμα οι μεταβλητές ID1, ID2, ID4, ID5 και ID6 με αποτέλεσμα να ισχύει η υπόθεση H_1 , δηλαδή τα ποσοστά μεταβολής των άνω μεταβλητών είναι όντως διαφορετικά από το 0. Οπότε μπορεί να βγει το συμπέρασμα πως η αύξηση του ποσοστού μεταβολής της ID1 και η μείωση του ποσοστού μεταβολής στις ID2, ID4, ID5 και ID6 είναι στατιστικά σημαντικές. Για την μεταβλητή ID3 ισχύει η υπόθεση H_0 οπότε η ποσοστιαία αύξηση δεν είναι στατιστικά σημαντική. Ουσιαστικά ο έλεγχος δίνει απάντηση στο κατά πόσο οι διαφορές στις μέσες τιμές των διαφορών των μεταβλητών είναι στατιστικά σημαντικές και όχι απλά αριθμητικά όπως δηλώνεται μέσα από την απλή ποσοστιαία μεταβλητή.

Πίνακας 6: Έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας μέσων τιμών των δεικτών μεταξύ του 2002 και του 2012.

One-Sample Test						
	Test Value = 0					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
ΔID1	8,320	26	,000	105,111	7,914	13,108
ΔID2	-2,246	26	,033	-52,786	-10,110	-,447
ΔID3	2,042	20	,055	50,946	-,109	10,299
ΔID4	-3,120	24	,005	-114,902	-19,090	-3,890
ΔID5	-9,233	26	,000	-188,915	-23,097	-14,686
ΔID6	-5,270	26	,000	-124,911	-17,363	-7,619

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

6.5 Έλεγχος συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών

Με τον έλεγχο συσχέτισης, εξετάζουμε την ύπαρξη σχέσης μεταξύ δύο ποσοτικών μεταβλητών. Σε καμία περίπτωση όμως αυτό σημαίνει ότι εξετάζουμε την ύπαρξη αιτιώδους σχέσης. Αυτό το τελευταίο θέμα προσεγγίζεται μέσω της ανάλυσης της παλινδρόμησης. Ο έλεγχος συσχέτισης είναι όμως ένα πρώτο αναγκαίο βήμα για την έπειτα ανάλυση παλινδρόμησης. Ο πιο συνηθισμένος έλεγχος είναι ο έλεγχος του Pearson, όμως αυτός ο έλεγχος εξετάζει μόνο την ύπαρξη ή μη γραμμικής σχέσης μεταξύ δύο ποσοτικών μεταβλητών. Ο δεύτερος χρήσιμος έλεγχος είναι ο έλεγχος του Spearman (rho), βάσει του οποίου εξετάζουμε την ύπαρξη μη γραμμικής συσχέτισης. Ο έλεγχος αυτός βασίζεται στην

κατάταξη (Rank)² των τιμών των δύο μεταβλητών και όχι στις ίδιες τις τιμές που παίρνουν οι 2 μεταβλητές. Για το λόγο αυτό, ο έλεγχος του Spearman συχνά αναφέρεται ως Spearman rank correlation. Τέλος, ο τρίτος χρήσιμος έλεγχος είναι ο έλεγχος του Kendall (tau), βάσει του οποίου εξετάζουμε όπως και στην περίπτωση του Spearman την ύπαρξη μη γραμμικής συσχέτισης. Συνήθως η τιμή της στατιστικής του Kendall είναι μικρότερη από την τιμή του Spearman. Ο έλεγχος του Kendall είναι πιο ευαίσθητος στην ενδεχόμενη ύπαρξη σφαλμάτων και προτιμάται όταν ο αριθμός παρατηρήσεων είναι περιορισμένος.

Πίνακας 7: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID1 και ID2 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations			ΔID1	ΔID2
ΔID1	Pearson Correlation		1	,258
	Sig. (2-tailed)			,193
	N		27	27
ΔID2	Pearson Correlation		,258	1
	Sig. (2-tailed)		,193	
	N		27	27

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Πίνακας 8: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID1 και ID2 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations			ΔID1	ΔID2
Kendall's tau_b	ΔID1	Correlation Coefficient	1,000	,396**
		Sig. (2-tailed)	.	,004
		N	27	27
	ΔID2	Correlation Coefficient	,396**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,004	.
		N	27	27
Spearman's rho	ΔID1	Correlation Coefficient	1,000	,513**
		Sig. (2-tailed)	.	,006
		N	27	27
	ΔID2	Correlation Coefficient	,513**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,006	.
		N	27	27

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

² Rank = κατάταξη : οι n τιμές κάθε μεταβλητής κατατάσσονται με αύξουσα σειρά και τροποποιούνται σε αριθμούς όπου 1 = ελάχιστη τιμή και n = μέγιστη τιμή

Από τον Πίνακα 6 προκύπτει ο συντελεστής Pearson = 0.258 για τις μεταβλητές ID1 και ID2, που είναι διάφορος του 0 όμως η p-value = 0.193 > 0.05, με αποτέλεσμα να ισχύει η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές είναι ανεξάρτητες, οπότε δεν υπάρχει γραμμική συσχέτιση. Ο συντελεστής Kendall = 0.396, που είναι διαφορετικό του 0, επιπρόσθετα η p-value = 0.004 < 0.01 < 0.05, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_1 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές παρουσιάζουν συσχέτιση η οποία είναι μη γραμμική. Ο συντελεστής Spearman = 0.513 που είναι διάφορος του 0, ακόμα η p-value = 0.006 < 0.01 < 0.05, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_1 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές παρουσιάζουν μη γραμμική συσχέτιση βάσει του Πίνακα 7.

Πίνακας 9: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID1 και ID3 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations			ΔID1	ΔID3
ΔID1	Pearson Correlation		1	,483*
	Sig. (2-tailed)			,027
	N		27	21
ΔID3	Pearson Correlation		,483*	1
	Sig. (2-tailed)		,027	
	N		21	21

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Πίνακας 10: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID1 και ID3 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations			ΔID1	ΔID3
Kendall's tau_b	ΔID1	Correlation Coefficient	1,000	,419**
		Sig. (2-tailed)	.	,008
		N	27	21
	ΔID3	Correlation Coefficient	,419**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,008	.
		N	21	21
Spearman's rho	ΔID1	Correlation Coefficient	1,000	,557**
		Sig. (2-tailed)	.	,009
		N	27	21
	ΔID3	Correlation Coefficient	,557**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,009	.
		N	21	21

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Βάσει του πίνακα 8 ο συντελεστής Pearson = 0.483 για τις μεταβλητές ID1 και ID3, που είναι διάφορος του 0 επιπρόσθετα η $p\text{-value} = 0.027 < 0.05$, με αποτέλεσμα να ισχύει η υπόθεση H_1 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές παρουσιάζουν γραμμική συσχέτιση. Ο συντελεστής Kendall = 0.419, που είναι διαφορετικό του 0, επιπρόσθετα η $p\text{-value} = 0.008 < 0.01 < 0.05$, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_1 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές παρουσιάζουν συσχέτιση η οποία είναι μη γραμμική. Ο συντελεστής Spearman = 0.557, που είναι διαφορετικό του 0, ακόμα η $p\text{-value} = 0.009 < 0.01 < 0.05$, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_1 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές παρουσιάζουν μη γραμμική συσχέτιση όπως γίνεται αντιληπτό από τον Πίνακα 9.

Πίνακας 11: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID1 και ID4 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations				
		ΔID1	ΔID4	
ΔID1	Pearson Correlation	1	-,295	
	Sig. (2-tailed)		,152	
	N	27	25	
ΔID4	Pearson Correlation	-,295	1	
	Sig. (2-tailed)	,152		
	N	25	25	

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Πίνακας 12: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID1 και ID4 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations					
			ΔID1	ΔID4	
Kendall's tau_b	ΔID1	Correlation Coefficient	1,000	-,260	
		Sig. (2-tailed)	.	,069	
		N	27	25	
	ΔID4	Correlation Coefficient	-,260	1,000	
		Sig. (2-tailed)	,069	.	
		N	25	25	
Spearman's rho	ΔID1	Correlation Coefficient	1,000	-,378	
		Sig. (2-tailed)	.	,062	
		N	27	25	
	ΔID4	Correlation Coefficient	-,378	1,000	
		Sig. (2-tailed)	,062	.	
		N	25	25	

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Από τον Πίνακα 10 ο συντελεστής Pearson = -0.295 για τις μεταβλητές ID1 και ID4, που είναι διάφορος του 0 επιπρόσθετα η p-value = 0.152 > 0.05, με αποτέλεσμα να ισχύει η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν γραμμική συσχέτιση. Ο συντελεστής Kendall = -0.260, που είναι διαφορετικό του 0, επιπρόσθετα η p-value = 0.069 > 0.05, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν συσχέτιση η οποία είναι μη γραμμική. Ο συντελεστής Spearman = -0.378, που είναι διαφορετικό του 0, ακόμα η p-value = 0.062 > 0.05, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν μη γραμμική συσχέτιση σύμφωνα με τον Πίνακα 11.

Πίνακας 13: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID1 και ID5 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations				
		ΔID1	ΔID5	
ΔID1	Pearson Correlation	1	-,130	
	Sig. (2-tailed)		,519	
	N	27	27	
ΔID5	Pearson Correlation	-,130	1	
	Sig. (2-tailed)	,519		
	N	27	27	

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Πίνακας 14: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID1 και ID5 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations					
			ΔID1	ΔID5	
Kendall's tau_b	ΔID1	Correlation Coefficient	1,000	-,077	
		Sig. (2-tailed)	.	,574	
		N	27	27	
	ΔID5	Correlation Coefficient	-,077	1,000	
		Sig. (2-tailed)	,574	.	
		N	27	27	
Spearman's rho	ΔID1	Correlation Coefficient	1,000	-,129	
		Sig. (2-tailed)	.	,522	
		N	27	27	
	ΔID5	Correlation Coefficient	-,129	1,000	
		Sig. (2-tailed)	,522	.	
		N	27	27	

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Από τον Πίνακα 12 ο συντελεστής Pearson = -0.130 για τις μεταβλητές ID1 και ID5, που είναι διάφορος του 0 επιπρόσθετα η $p\text{-value} = 0.519 > 0.05$, με αποτέλεσμα να ισχύει η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν γραμμική συσχέτιση. Ο συντελεστής Kendall = -0.77, που είναι διαφορετικό του 0, επιπρόσθετα η $p\text{-value} = 0.574 > 0.05$, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν συσχέτιση η οποία είναι μη γραμμική. Ο συντελεστής Spearman = -0.129, που είναι διαφορετικό του 0, ακόμα η $p\text{-value} = 0.522 > 0.05$, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν μη γραμμική συσχέτιση όπως φαίνεται από τον Πίνακα 13.

Πίνακας 15: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID1 και ID6 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations		ΔID1	ΔID6
ΔID1	Pearson Correlation	1	-,279
	Sig. (2-tailed)		,159
	N	27	27
ΔID6	Pearson Correlation	-,279	1
	Sig. (2-tailed)	,159	
	N	27	27

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Πίνακας 16: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID1 και ID6 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations			ΔID1	ΔID6
Kendall's tau_b	ΔID1	Correlation Coefficient	1,000	-,197
		Sig. (2-tailed)	.	,150
		N	27	27
	ΔID6	Correlation Coefficient	-,197	1,000
		Sig. (2-tailed)	,150	.
		N	27	27
Spearman's rho	ΔID1	Correlation Coefficient	1,000	-,269
		Sig. (2-tailed)	.	,175
		N	27	27
	ΔID6	Correlation Coefficient	-,269	1,000
		Sig. (2-tailed)	,175	.
		N	27	27

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Ο Πίνακας 14 δείχνει ότι ο συντελεστής Pearson = -0.279 για τις μεταβλητές ID1 και ID6, που είναι διάφορος του 0 επιπρόσθετα η p-value = 0.159 > 0.05, με αποτέλεσμα να ισχύει η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν γραμμική συσχέτιση. Ο συντελεστής Kendall = -0.197, που είναι διαφορετικό του 0, επιπρόσθετα η p-value = 0.150 > 0.05, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν συσχέτιση η οποία είναι μη γραμμική. Ο συντελεστής Spearman = -0.269, που είναι διαφορετικό του 0, ακόμα η p-value = 0.175 > 0.05, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν μη γραμμική συσχέτιση όπως υποδηλώνεται από τον Πίνακα 15.

Πίνακας 17: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID2 και ID3 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations			
		ΔID2	ΔID3
ΔID2	Pearson Correlation	1	,995**
	Sig. (2-tailed)		,000
	N	27	21
ΔID3	Pearson Correlation	,995**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	21	21

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Πίνακας 18: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID2 και ID3 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations				
			ΔID2	ΔID3
Kendall's tau_b	ΔID2	Correlation Coefficient	1,000	,943**
		Sig. (2-tailed)	.	,000
		N	27	21
	ΔID3	Correlation Coefficient	,943**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,000	.
		N	21	21
Spearman's rho	ΔID2	Correlation Coefficient	1,000	,979**
		Sig. (2-tailed)	.	,000
		N	27	21
	ΔID3	Correlation Coefficient	,979**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,000	.
		N	21	21

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Βάσει του Πίνακα 16 ο συντελεστής Pearson = 0.995 για τις μεταβλητές ID2 και ID3, που είναι διάφορος του 0 επιπρόσθετα η $p\text{-value} = 0 < 0.01 < 0.05$, με αποτέλεσμα να ισχύει η υπόθεση H_1 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές παρουσιάζουν γραμμική συσχέτιση. Ο συντελεστής Kendall = 0.943, που είναι διαφορετικό του 0, επιπρόσθετα η $p\text{-value} = 0 < 0.01 < 0.05$, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_1 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές παρουσιάζουν συσχέτιση η οποία είναι μη γραμμική. Ο συντελεστής Spearman = 0,979, που είναι διαφορετικό του 0, ακόμα η $p\text{-value} = 0 < 0.01 < 0.05$, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_1 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές παρουσιάζουν μη γραμμική συσχέτιση όπως εμφανίζεται στον Πίνακα 17.

Πίνακας 19: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID2 και ID4 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations				
			ΔID2	ΔID4
ΔID2	Pearson Correlation		1	,146
	Sig. (2-tailed)			,485
	N		27	25
ΔID4	Pearson Correlation		,146	1
	Sig. (2-tailed)		,485	
	N		25	25

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Πίνακας 20: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID2 και ID4 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations					
				ΔID2	ΔID4
Kendall's tau_b	ΔID2	Correlation Coefficient		1,000	-,027
		Sig. (2-tailed)		.	,852
		N		27	25
	ΔID4	Correlation Coefficient		-,027	1,000
		Sig. (2-tailed)		,852	.
		N		25	25
Spearman's rho	ΔID2	Correlation Coefficient		1,000	-,013
		Sig. (2-tailed)		.	,951
		N		27	25
	ΔID4	Correlation Coefficient		-,013	1,000
		Sig. (2-tailed)		,951	.
		N		25	25

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Σύμφωνα με τον Πίνακα 18 ο συντελεστής Pearson = 0.146 για τις μεταβλητές ID2 και ID4, που είναι διάφορος του 0 επιπρόσθετα η p-value = 0.485 > 0.05, με αποτέλεσμα να ισχύει η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν γραμμική συσχέτιση. Ο συντελεστής Kendall = -0.027, που είναι διαφορετικό του 0, επιπρόσθετα η p-value = 0.852 > 0.05, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν συσχέτιση η οποία είναι μη γραμμική. Ο συντελεστής Spearman = -0.013, που είναι διαφορετικό του 0, ακόμα η p-value = 0.951 > 0.05, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν μη γραμμική συσχέτιση σύμφωνα με τον Πίνακα 19.

Πίνακας 21: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID2 και ID5 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations				
		ΔID2	ΔID5	
ΔID2	Pearson Correlation	1	,263	
	Sig. (2-tailed)		,185	
	N	27	27	
ΔID5	Pearson Correlation	,263	1	
	Sig. (2-tailed)	,185		
	N	27	27	

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Πίνακας 22: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID2 και ID5 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations					
			ΔID2	ΔID5	
Kendall's tau_b	ΔID2	Correlation Coefficient	1,000	-,088	
		Sig. (2-tailed)	.	,518	
		N	27	27	
	ΔID5	Correlation Coefficient	-,088	1,000	
		Sig. (2-tailed)	,518	.	
		N	27	27	
Spearman's rho	ΔID2	Correlation Coefficient	1,000	-,128	
		Sig. (2-tailed)	.	,526	
		N	27	27	
	ΔID5	Correlation Coefficient	-,128	1,000	
		Sig. (2-tailed)	,526	.	
		N	27	27	

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Σύμφωνα με τον Πίνακα 20 ο συντελεστής Pearson = 0.263 για τις μεταβλητές ID2 και ID5, που είναι διάφορος του 0 επιπρόσθετα η p-value = 0.518 > 0.05, με αποτέλεσμα να

ισχύει η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν γραμμική συσχέτιση. Ο συντελεστής Kendall = -0.088, που είναι διαφορετικό του 0, επιπρόσθετα η p-value = 0.518 > 0.05, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν συσχέτιση η οποία είναι μη γραμμική. Ο συντελεστής Spearman = - 0,128, που είναι διαφορετικό του 0, ακόμα η p-value = 0.526 > 0.05, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν μη γραμμική συσχέτιση (Πίνακας 21).

Πίνακας 23: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID2 και ID6 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations		ΔID2	ΔID6
ΔID2	Pearson Correlation	1	,218
	Sig. (2-tailed)		,275
	N	27	27
ΔID6	Pearson Correlation	,218	1
	Sig. (2-tailed)	,275	
	N	27	27

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Πίνακας 24: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID2 και ID6 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations			ΔID2	ΔID6
Kendall's tau_b	ΔID2	Correlation Coefficient	1,000	,214
		Sig. (2-tailed)	.	,118
		N	27	27
	ΔID6	Correlation Coefficient	,214	1,000
		Sig. (2-tailed)	,118	.
		N	27	27
Spearman's rho	ΔID2	Correlation Coefficient	1,000	,322
		Sig. (2-tailed)	.	,102
		N	27	27
	ΔID6	Correlation Coefficient	,322	1,000
		Sig. (2-tailed)	,102	.
		N	27	27

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Από τον Πίνακα 22 ο συντελεστής Pearson = 0.218 για τις μεταβλητές ID2 και ID6, που είναι διάφορος του 0 επιπρόσθετα η p-value = 0.275 > 0.05, με αποτέλεσμα να ισχύει η

υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν γραμμική συσχέτιση. Ο συντελεστής Kendall = 0.214, που είναι διαφορετικό του 0, επιπρόσθετα η p -value = 0.118 > 0.05, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν συσχέτιση η οποία είναι μη γραμμική. Ο συντελεστής Spearman = -0.322, που είναι διαφορετικό του 0, ακόμα η p -value = 0.102 > 0.05, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν μη γραμμική συσχέτιση (Πίνακας 23).

Πίνακας 25: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID3 και ID4 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations			ΔID3	ΔID4
ΔID3	Pearson Correlation		1	-,204
	Sig. (2-tailed)			,403
	N		21	19
ΔID4	Pearson Correlation		-,204	1
	Sig. (2-tailed)		,403	
	N		19	25

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Πίνακας 26: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID3 και ID4 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations			ΔID3	ΔID4
Kendall's tau_b	ΔID3	Correlation Coefficient	1,000	-,076
		Sig. (2-tailed)	.	,649
		N	21	19
	ΔID4	Correlation Coefficient	-,076	1,000
		Sig. (2-tailed)	,649	.
		N	19	25
Spearman's rho	ΔID3	Correlation Coefficient	1,000	-,091
		Sig. (2-tailed)	.	,710
		N	21	19
	ΔID4	Correlation Coefficient	-,091	1,000
		Sig. (2-tailed)	,710	.
		N	19	25

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Ο συντελεστής Pearson = -0.204 (Πίνακας 24) για τις μεταβλητές ID3 και ID4, που είναι διάφορος του 0 επιπρόσθετα η p -value = 0.403 > 0.05, με αποτέλεσμα να ισχύει η υπόθεση

H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν γραμμική συσχέτιση. Ο συντελεστής Kendall = -0.076, που είναι διαφορετικό του 0, επιπρόσθετα η p-value = 0.649 > 0.05, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν συσχέτιση η οποία είναι μη γραμμική. Ο συντελεστής Spearman = -0.091, που είναι διαφορετικό του 0, ακόμα η p-value = 0.710 > 0.05, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν μη γραμμική συσχέτιση (Πίνακας 25).

Πίνακας 27: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID3 και ID5 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations				
			ΔID3	ΔID5
ΔID3	Pearson Correlation		1	-,071
	Sig. (2-tailed)			,760
	N		21	21
ΔID5	Pearson Correlation		-,071	1
	Sig. (2-tailed)		,760	
	N		21	27

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Πίνακας 28: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID3 και ID5 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations				
			ΔID3	ΔID5
Kendall's tau_b	ΔID3	Correlation Coefficient	1,000	-,162
		Sig. (2-tailed)	.	,305
		N	21	21
	ΔID5	Correlation Coefficient	-,162	1,000
		Sig. (2-tailed)	,305	.
		N	21	27
Spearman's rho	ΔID3	Correlation Coefficient	1,000	-,226
		Sig. (2-tailed)	.	,325
		N	21	21
	ΔID5	Correlation Coefficient	-,226	1,000
		Sig. (2-tailed)	,325	.
		N	21	27

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Βάσει του Πίνακα 26 ο συντελεστής Pearson = -0.071 για τις μεταβλητές ID3 και ID5, που είναι διάφορος του 0 επιπρόσθετα η p-value = 0.760 > 0.05, με αποτέλεσμα να ισχύει η

υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν γραμμική συσχέτιση. Ο συντελεστής Kendall = -0.162, που είναι διαφορετικό του 0, επιπρόσθετα η p-value = 0.305 > 0.05, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν συσχέτιση η οποία είναι μη γραμμική. Ο συντελεστής Spearman = -0.226, που είναι διαφορετικό του 0, ακόμα η p-value = 0.325 > 0.05, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν μη γραμμική συσχέτιση σύμφωνα με τον Πίνακα 27.

Πίνακας 29: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID3 και ID6 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations				
			ΔID3	ΔID6
ΔID3	Pearson Correlation		1	,011
	Sig. (2-tailed)			,961
	N		21	21
ΔID6	Pearson Correlation		,011	1
	Sig. (2-tailed)		,961	
	N		21	27

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Πίνακας 30: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID3 και ID6 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations					
				ΔID3	ΔID6
Kendall's tau_b	ΔID3	Correlation Coefficient		1,000	,095
		Sig. (2-tailed)		.	,546
		N		21	21
	ΔID6	Correlation Coefficient		,095	1,000
		Sig. (2-tailed)		,546	.
		N		21	27
Spearman's rho	ΔID3	Correlation Coefficient		1,000	,166
		Sig. (2-tailed)		.	,471
		N		21	21
	ΔID6	Correlation Coefficient		,166	1,000
		Sig. (2-tailed)		,471	.
		N		21	27

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Σύμφωνα με τον Πίνακα 28 ο συντελεστής Pearson = 0.011 για τις μεταβλητές ID3 και ID6, που είναι διάφορος του 0 επιπρόσθετα η p-value = 0.961 > 0.05, με αποτέλεσμα να ισχύει η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν γραμμική συσχέτιση. Ο

συντελεστής Kendall = 0.095, που είναι διαφορετικό του 0, επιπρόσθετα η p-value = 0.546 > 0.05, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν συσχέτιση η οποία είναι μη γραμμική. Ο συντελεστής Spearman = 0.166, που είναι διαφορετικό του 0, ακόμα η p-value = 0.471 > 0.05, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν μη γραμμική συσχέτιση βάσει του Πίνακα 29.

Πίνακας 31: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID4 και ID5 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations				
		ΔID4	ΔID5	
ΔID4	Pearson Correlation	1	,489*	
	Sig. (2-tailed)		,013	
	N	25	25	
ΔID5	Pearson Correlation	,489*	1	
	Sig. (2-tailed)	,013		
	N	25	27	

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Πίνακας 32: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID4 και ID5 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations					
			ΔID4	ΔID5	
Kendall's tau_b	ΔID4	Correlation Coefficient	1,000	,253	
		Sig. (2-tailed)	.	,076	
		N	25	25	
	ΔID5	Correlation Coefficient	,253	1,000	
		Sig. (2-tailed)	,076	.	
		N	25	27	
Spearman's rho	ΔID4	Correlation Coefficient	1,000	,385	
		Sig. (2-tailed)	.	,057	
		N	25	25	
	ΔID5	Correlation Coefficient	,385	1,000	
		Sig. (2-tailed)	,057	.	
		N	25	27	

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Σύμφωνα με τον Πίνακα 30 ο συντελεστής Pearson = 0.489 για τις μεταβλητές ID4 και ID5, που είναι διάφορος του 0 επιπρόσθετα η p-value = 0.013 < 0.05, με αποτέλεσμα να

ισχύει η υπόθεση H_1 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές παρουσιάζουν γραμμική συσχέτιση. Ο συντελεστής Kendall = 0.253, που είναι διαφορετικό του 0, επιπρόσθετα η $p\text{-value} = 0.076 > 0.05$, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν συσχέτιση η οποία είναι μη γραμμική. Ο συντελεστής Spearman = 0.385, που είναι διαφορετικό του 0, ακόμα η $p\text{-value} = 0.057 > 0.05$, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν μη γραμμική συσχέτιση βάσει του Πίνακα 31.

Πίνακας 33: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID4 και ID6 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations				
			ΔID4	ΔID6
ΔID4	Pearson Correlation		1	,063
	Sig. (2-tailed)			,764
	N		25	25
ΔID6	Pearson Correlation		,063	1
	Sig. (2-tailed)		,764	
	N		25	27

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Πίνακας 34: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID4 και ID6 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations					
				ΔID4	ΔID6
Kendall's tau_b	ΔID4	Correlation Coefficient		1,000	,047
		Sig. (2-tailed)		.	,744
		N		25	25
	ΔID6	Correlation Coefficient		,047	1,000
		Sig. (2-tailed)		,744	.
		N		25	27
Spearman's rho	ΔID4	Correlation Coefficient		1,000	,058
		Sig. (2-tailed)		.	,781
		N		25	25
	ΔID6	Correlation Coefficient		,058	1,000
		Sig. (2-tailed)		,781	.
		N		25	27

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Σύμφωνα με τον Πίνακα 32 ο συντελεστής Pearson = 0.063 για τις μεταβλητές ID4 και ID6, που είναι διάφορος του 0 επιπρόσθετα η $p\text{-value} = 0.764 > 0.05$, με αποτέλεσμα να

ισχύει η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν γραμμική συσχέτιση. Ο συντελεστής Kendall = 0.047, που είναι διαφορετικό του 0, επιπρόσθετα η p-value = 0.744 > 0.05, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν συσχέτιση η οποία είναι μη γραμμική. Ο συντελεστής Spearman = 0.058, που είναι διαφορετικό του 0, ακόμα η p-value = 0.781 > 0.05, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν μη γραμμική συσχέτιση βάσει του Πίνακα 33.

Πίνακας 35: Έλεγχος γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID5 και ID6 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations				
			ΔID5	ΔID6
ΔID5	Pearson Correlation		1	,118
	Sig. (2-tailed)			,557
	N		27	27
ΔID6	Pearson Correlation		,118	1
	Sig. (2-tailed)		,557	
	N		27	27

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Πίνακας 36: Έλεγχος μη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δεικτών ID5 και ID6 για τα έτη 2002 και 2012.

Correlations						
					ΔID5	ΔID6
Kendall's tau_b	ΔID5	Correlation Coefficient			1,000	,060
		Sig. (2-tailed)			.	,662
		N			27	27
	ΔID6	Correlation Coefficient			,060	1,000
		Sig. (2-tailed)			,662	.
		N			27	27
Spearman's rho	ΔID5	Correlation Coefficient			1,000	,078
		Sig. (2-tailed)			.	,701
		N			27	27
	ΔID6	Correlation Coefficient			,078	1,000
		Sig. (2-tailed)			,701	.
		N			27	27

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Βάσει του Πίνακα 34 ο συντελεστής Pearson = 0.118 για τις μεταβλητές ID5 και ID6, που είναι διάφορος του 0 επιπρόσθετα η p-value = 0.557 > 0.05, με αποτέλεσμα να ισχύει η

υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν γραμμική συσχέτιση. Ο συντελεστής Kendall = 0.060, που είναι διαφορετικό του 0, επιπρόσθετα η p -value = 0.662 > 0.05, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν συσχέτιση η οποία είναι μη γραμμική. Ο συντελεστής Spearman = 0.078, που είναι διαφορετικό του 0, ακόμα η p -value = 0.701 > 0.05, με αποτέλεσμα να γίνεται αποδεκτή η υπόθεση H_0 . Δηλαδή οι δύο μεταβλητές δεν παρουσιάζουν μη γραμμική συσχέτιση σύμφωνα με τον Πίνακα 35.

6.6 Συμπεράσματα

Η άνω ανάλυση οδηγεί στο ασφαλές συμπέρασμα πως μεταξύ των χωρών της παρούσας έρευνας υπάρχουν ανισότητες που αφορούν τις υπό μελέτη χώρες. Ειδικότερα για τις μεταβλητές ID1 και ID2 εμφανίζονται παράτυπες τιμές εντός των παρατηρήσεων του πληθυσμού με αποτέλεσμα να οξύνουν τις ανισότητες μεταξύ των χωρών για την ενεργειακή αποτελεσματικότητα στον τομέα των μεταφορών και για την ενεργειακή κατανάλωση των οδικών μεταφορών. Κρίθηκε σκόπιμη η απομάκρυνση των παρατηρήσεων αυτών ώστε να εξεταστεί κατά πόσο η ανισότητες μεταξύ των χωρών θα μειώνονταν, εν τέλει παρουσιάστηκε σημαντική μείωση των ανισοτήτων χωρίς όμως να εξάγεται το συμπέρασμα ότι δεν υπάρχουν πλέον έντονες ανισότητες. Οι ανισότητες αυτές τροφοδοτούνται και από την ύπαρξη ακραίων τιμών στους πληθυσμούς. Επιπρόσθετα ο διαστρωματικός χαρακτήρας των δεδομένων επιτρέπει τη σύγκριση με το πέρας της δεκαετίας, από τη στιγμή που τα δεδομένα αφορούν τα έτη 2002 και 2012. Με αυτόν τον τρόπο επιτρέπεται και η αξιολόγηση σύγκλισης ή απόκλισης των φαινομένων που αφορούν οι δείκτες μεταξύ των δύο χρονικών περιόδων. Πράγματι υπάρχει βελτίωση της κατάστασης καθώς σε όλες τις μεταβλητές, για τις οποίες υπήρχαν σχετικά έντονες ανισότητες, υπάρχει βελτίωση των μεγεθών του συντελεστή μεταβλητότητας, του σταθμισμένου συντελεστή μεταβλητότητας, της λοξότητας καθώς και των αναλογιών τεταρτημόριων και δεκατημόριων. Τα προαναφερθέντα μέτρα αποτελούν τα σημαντικότερα όσον αφορά τις ανισότητες που παρουσιάζονται. Επιπλέον χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι παράτυπες τιμές γίνονται στατιστικοί έλεγχοι που αφορούν στην κανονικότητα της κατανομής των μεταβλητών, στη στατιστική διαφορά των μέσων τιμών των μεταβλητών αλλά και στις συσχετίσεις που αυτές παρουσιάζουν μεταξύ τους. Ο απόηχος αυτών των ελέγχων είναι πως οι μέσες τιμές των μεταβλητών διαφέρουν σε όλες τις μεταβλητές με εξαίρεση την μεταβλητή την κατά κεφαλή ενεργειακή κατανάλωση των εναέριων μεταφορών (ID3). Ακόμα οι μεταβλητές και για τα δύο έτη δεν ακολουθούν κανονική κατανομή κατά βάση, ενώ στις περισσότερες των περιπτώσεων δεν παρουσιάζουν γραμμικές μεταξύ τους συσχετίσεις (όπου αυτές υπάρχουν).

Κεφάλαιο 7:

Δόμηση υποδείγματος ανάλυσης ενεργειακής αποτελεσματικότητας των χωρών στις μεταφορές

7.1 Γενικά

Ένας από τους σκοπούς της παρούσας έρευνας είναι να απαντηθεί το εξής ερώτημα «Ποιες είναι οι παράμετροι που επηρεάζουν την ενεργειακή αποτελεσματικότητα των Ευρωπαϊκών χωρών στον τομέα των μεταφορών και ποια είναι η επιρροή που της ασκούν ;». Για να διερευνηθεί τω άνω ερώτημα είναι σημαντικό να δομηθεί το κατάλληλο μοντέλο ώστε να δοθούν όσο το δυνατό καλύτερα αποτελέσματα. Ουσιαστικά χρειάζεται να κατασκευαστεί μία εξίσωση η οποία θα έχει την καλύτερη δυνατή εφαρμογή, σε αυτό μεγάλο ρόλο διαδραματίζουν οι μεταβλητές που επιλέγονται για τη μελέτη του φαινομένου αλλά και ο τρόπος με τον οποίο αυτές συσχετίζονται.

7.2 Ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης

Η συνηθέστερη και πιο προσιτή μορφή πολλαπλής παλινδρόμησης είναι η γραμμική. Ο λόγος είναι ότι τα μοντέλα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης είναι πιο εύκολα ως προς την αξιολόγηση τους άλλωστε δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι και τα μοντέλα που δεν είναι πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης συνήθως μετατρέπονται σε τέτοια μέσα από μαθηματικά τεχνάσματα, ώστε να είναι ευκολότερη η αξιολόγησή τους. Η γενική εξίσωση ενός τέτοιου υποδείγματος όπως έχει ήδη αναφερθεί στο 4^ο κεφάλαιο της παρούσας είναι η εξής:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_kx_k + \varepsilon_k \quad (7.1)$$

Σύμφωνα με του τύπους συσχετίσεων που παρατίθενται στην ενότητα 7.3 είναι πιο ξεκάθαρη μία μορφή μη γραμμικών συσχετίσεων των μεταβλητών με την ανεξάρτητη αλλά και μεταξύ τους. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός μη γραμμικού μοντέλου με γενική μορφή:

$$y = e^{a_0} x_1^{a_1} x_2^{a_2} \dots x_k^{a_k} e^{\varepsilon_k} \quad (7.2)$$

Συνήθως τέτοιου είδους μοντέλα δεν αναλύονται σε αυτή τους τη μορφή και γίνεται μαθηματικό τέχνασμα ώστε να εξεταστούν με τη μέθοδο του κλασσικού γραμμικού μοντέλου. Ουσιαστικά γίνεται η λογαρίθμηση της άνω εξίσωσης και προκύπτει η παρακάτω σχέση:

$$\ln y = a_0 + a_1 \ln x_1 + a_2 \ln x_2 + \dots + a_k \ln x_k + \varepsilon_k \quad (7.3)$$

όπου,

y = τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής.

x_k = οι τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών.

e = σταθερός όρος με την οποία $\ln e = 1$.

a_k = συντελεστές παλινδρόμησης.

ε = τυχαία μεταβλητή, εκτιμώμενη τιμή καταλοίπων.

7.3 Εξειδίκευση μοντέλου πολλαπλής παλινδρόμησης

Το μοντέλο παλινδρόμησης προέρχεται από ανάλυση που αφορά 29 χώρες του ευρωπαϊκού χώρου για τις οποίες υπήρχαν τα αντίστοιχα δεδομένα από τις βάσεις δεδομένων της ESPON και της Odyssee. Τα δεδομένα όλα αποτελούν δείκτες που έχουν υπολογιστεί και είναι διαστρωματικά καθώς αφορούν σε δύο μη διαδοχικά έτη (2002 & 2012). Η διαφορά των δέκα ετών εμπεριέχει διαφορές στις πολιτικές που εφαρμόστηκαν στην Ευρωπαϊκή Ένωση αλλά και στον υπόλοιπο κόσμο, οι οποίες αφορούν την κατανάλωση των ενεργειακών πόρων και την εξοικονόμηση τους με την προώθηση πολιτικών που προωθούν τις εξής δράσεις:

- Προώθηση των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς.
- Χρήση υβριδικών και ηλεκτρικών αυτοκινήτων.
- Υιοθέτηση στην κουλτούρα των μετακινούμενων εντός αστικού ιστού ήπιων μέσων μεταφοράς και βελτίωση της απόδοσης με λιγότερη κατανάλωση ενέργειας στα μέσα.

Όπως γίνεται αντιληπτό με την πάροδο αυτών των δέκα χρόνων άλλαξαν αρκετά πράγματα. Με αποτέλεσμα πέρα από τις μεταβλητές-δείκτες που αναλύθηκαν στην προηγούμενη ενότητα προστίθεται μίας διακριτής μεταβλητής. Συνεπώς οι μεταβλητές του υποδείγματος θα είναι αυτές του Πίνακα 36. Πλέον αυτών των μεταβλητών που αντλούνται και από τη βιβλιογραφία και υπάρχουν από τις άνω βάσεις δεδομένων ποσοτικά δεδομένα στα μοντέλα που θα δομηθούν θα χρησιμοποιηθεί και μία πλασματική (dummy) μεταβλητή η οποία θα λαμβάνει τιμή 0 για το έτος 2002 και την τιμή 1 για το έτος 2012.

Πίνακας 37: Στοιχεία μεταβλητών για το μοντέλο.

ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ	ΠΗΓΗ	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
Y	Ποσοστό ενεργειακής αποτελεσματικότητας των μεταφορών (ID1)	Odyssey-Mure	Ποσοστό επί τοις εκατό
X1	Κατά κεφαλήν ενεργειακή κατανάλωση οδικών μεταφορών (ID2)	ESPON	GWh/κάτοικο
X2	Κατά κεφαλήν ενεργειακή κατανάλωση ενέριων μεταφορών (ID3)	ESPON	MWh/κάτοικο
X3	Κατά κεφαλήν ενεργειακή κατανάλωση σιδηροδρομικών μεταφορών (ID4)	ESPON	MWh/κάτοικο
X4	Ένταση αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμη σε τιμές του 2010 με κλιματικές διορθώσεις (ID5)	Odyssey-Mure	koe/EUR2010p
X5	Ενεργειακή κατανάλωση ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου (ID6)	Odyssey-Mure	toe/careq

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Πίνακας 38: Συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών.

		Correlations						
		Y	X1	X2	X3	X4	X5	D12
Pearson Correlation	Y	1,000	-,227	-,134	-,303	-,179	-,403	,647
	X1	-,227	1,000	-,061	,249	-,141	,189	-,047
	X2	-,134	-,061	1,000	-,124	-,510	-,072	,007
	X3	-,303	,249	-,124	1,000	,118	,182	-,060
	X4	-,179	-,141	-,510	,118	1,000	,124	-,365
	X5	-,403	,189	-,072	,182	,124	1,000	-,285
	D12	,647	-,047	,007	-,060	-,365	-,285	1,000
Sig. (1-tailed)	Y	.	,043	,158	,010	,089	,001	,000
	X1	,043	.	,324	,030	,146	,077	,363
	X2	,158	,324	.	,177	,000	,296	,480
	X3	,010	,030	,177	.	,188	,085	,326
	X4	,089	,146	,000	,188	.	,177	,002
	X5	,001	,077	,296	,085	,177	.	,015
	D12	,000	,363	,480	,326	,002	,015	.
N	Y	58	58	58	58	58	58	58
	X1	58	58	58	58	58	58	58
	X2	58	58	58	58	58	58	58
	X3	58	58	58	58	58	58	58
	X4	58	58	58	58	58	58	58
	X5	58	58	58	58	58	58	58
	D12	58	58	58	58	58	58	58

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Οι παραπάνω γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή του μοντέλου. Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα εμφανίζονται γραμμικές σχέσεις μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής (Y) και των ερμηνευτικών (X1,X2,X3,X4,X5,D12) αλλά θα πρέπει να εξεταστεί και ένα μη γραμμικό μοντέλο καθώς οι συσχετίσεις δεν είναι αντιπροσωπευτικές για όλες τις μεταβλητές και είναι πολύ πιθανό να εκλείπει η στατιστική σημαντικότητα που πρέπει να διέπει τη συσχέτιση μεταξύ της εξαρτημένης και της εκάστοτε ανεξάρτητης μεταβλητής. Σε συνέχεια των παραπάνω θα δομηθούν δύο υποδείγματα πιο συγκεκριμένα:

- Ένα κλασσικό μοντέλο πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης.
- Ένα μοντέλο μη γραμμικό, το οποίο μετά τη λογαρίθμηση του γίνεται της μορφής log-log.

Τα μοντέλα αυτά εξετάζονται και αναλύονται ξεχωριστά το καθένα στις επόμενες ενότητες. Τα βασικά χαρακτηριστικά που θα εξεταστούν είναι ο τρόπος και ο βαθμός επιρροής των ερμηνευτικών μεταβλητών στην εξαρτημένη, αφού πρώτα αντιμετωπιστούν τα πιθανά τεχνικά προβλήματα που εντοπίζονται στα οικονομετρικά μοντέλα, ώστε τα αποτελέσματα που προκύπτουν να μην είναι πλασματικά. Τα προβλήματα αυτά είναι τα κάτωθι που περιλαμβάνονται στον Πίνακα 38.

Πίνακας 39: Προβλήματα οικονομετρικών μοντέλων.

Υποθέσεις	Διαγνωστικό
A. Πολυσυγγραμμικότητα	TOL, VIF
B. Ετεροσκεδαστικότητα	Scatterplot Zpred, Zresid Έλεγχος του White
Γ. Αυτοσυσχέτιση	Durbin-Watson

Πηγή: Wooldridge, 2013, Ιδία επεξεργασία.

Στην περίπτωση της παρούσας έρευνας θα εξεταστούν τα πρώτα δύο προβλήματα καθώς η αυτοσυσχέτιση αφορά χρονολογικές σειρές δεδομένων που δεν υπάρχουν στο συγκεκριμένο υπόδειγμα.

7.4 Εφαρμογή κλασσικής πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης

Εξειδίκευση υποδείγματος κλασσικής γραμμικής παλινδρόμησης:

$$Y = a_0 + a_1X1 + a_2X2 + a_3X3 + a_4X4 + a_5X5 + D12 \quad (7.4)$$

Πίνακας 40: Χαρακτηριστικά μοντέλου.

Model Summary ^b									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	,756 ^a	,571	,521	5,9090	,571	11,318	6	51	,000

a. Predictors: (Constant), D12, X2, X1, X3, X5, X4

b. Dependent Variable: Y

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Πίνακας 41: Αποτελέσματα μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων.

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2371,044	6	395,174	11,318	,000 ^b
	Residual	1780,727	51	34,916		
	Total	4151,771	57			

a. Dependent Variable: Y

b. Predictors: (Constant), D12, X2, X1, X3, X5, X4

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Οι πληροφορίες που απορρέουν από τους Πίνακες 39 και 40 αφορούν την καλή προσαρμογή του μοντέλου προέρχονται από την τιμή του $R = 0.756$, η τιμή του R είναι μεταξύ του 0 και του 1 σε απόλυτες τιμές αλλά δεν είναι η τιμή που μπορεί να δώσει τα πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Έτσι η εκτίμηση της προσαρμογής γίνεται βάσει του συντελεστή R^2 και του προσαρμοσμένου συντελεστή R^2 . Οι τιμές που λαμβάνουν αυτοί οι συντελεστές είναι μεταξύ του 0 και του 1. Όσο πιο κοντά βρίσκεται ο δείκτης στο 1 τόσο πιο καλό είναι το μοντέλο. Εδώ το R^2 της τάξης του 57.1% που δείχνει πως το μοντέλο να έχει σχετικά καλή προσαρμογή. Επιπλέον η μικρή διαφορά του μεταξύ του διορθωμένου συντελεστή R^2 που είναι ίσος με 52.1%. Άρα γίνεται σαφές ότι το μοντέλο έχει εγκυρότητα της τάξεως του 60%, ακόμα δεν υπάρχει πρόβλημα ως προς τον αριθμό παρατηρήσεων ($n = 58$) και των αριθμό των ερμηνευτικών μεταβλητών ($k = 6$), καθώς οι βαθμοί ελευθερίας είναι 51 διότι β.ε. = $n - k - 1 = 51$.

Η εγκυρότητα του μοντέλου εξετάζεται σύμφωνα με τον έλεγχο του Fisher. Κατά τον έλεγχο αυτό υπάρχουν δύο υποθέσεις. Οι υποθέσεις αυτές είναι οι εξής:

- H_0 : Όλοι οι συντελεστές της παλινδρόμησης είναι ίσοι με 0 αν $p\text{-value (sig.)} > 0.05$
- H_1 : τουλάχιστον ένας από τους συντελεστές της παλινδρόμησης είναι διάφορος του 0 αν $p\text{-value (sig.)} \leq 0.05$

Σύμφωνα με τον έλεγχο του Fisher (Πίνακας 38) η $p\text{-value (sig.)} = 0.000 < 0.05$ και μάλιστα μικρότερο του 0.01. Συμπερασματικά το R^2 είναι διαφορετικό του 0 οπότε το μοντέλο είναι έγκυρο. Ενώ βάσει του κάτω πίνακα μπορεί να εντοπιστεί μία πρώτη ένδειξη για την ύπαρξη πολυσυγγραμμικότητας από τις συσχετίσεις μεταξύ των ερμηνευτικών μεταβλητών. Όπως εμφανίζεται στον πίνακα οι απλοί συντελεστές γραμμικής συσχέτισης των δεικτών παρουσιάζουν στην πλειοψηφία τους $p\text{-value}$ μικρότερη το 0.05 με λίγες εξαιρέσεις με αποτέλεσμα να υπάρχει συστηματική συσχέτιση μεταξύ των ερμηνευτικών μεταβλητών, έτσι μπορεί να θεωρηθεί πως υπάρχει ένδειξη πολυσυγγραμμικότητας χωρίς όμως να αποτελεί και απόδειξη αυτής.

Πίνακας 42: Χαρακτηριστικά μεταβλητών μοντέλου.

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95,0% Confidence Interval for B		Correlations			Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound	Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
(Constant)	15,805	5,575		2,835	,007	4,614	26,996					
X1	-,126	,096	-,131	-1,317	,194	-,319	,066	-,227	-,181	-,121	,854	1,171
X2	-2,279	1,185	-,214	-1,923	,060	-4,659	,100	-,134	-,260	-,176	,676	1,478
1 X3	21,433	9,314	-,223	-2,301	,026	-40,131	-2,735	-,303	-,307	-,211	,899	1,113
X4	-8,986	20,145	-,054	-,446	,657	-49,429	31,457	-,179	-,062	-,041	,566	1,767
X5	-7,679	4,008	-,188	-1,916	,061	-15,724	,367	-,403	-,259	-,176	,870	1,150
D12	9,400	1,785	,555	5,266	,000	5,816	12,983	,647	,593	,483	,756	1,323

a. Dependent Variable: Y

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Από Πίνακα 41 εξάγονται πολύ σημαντικά για το υπόδειγμα καθώς καθορίζεται ποιοι από τους συντελεστές είναι στατιστικά σημαντικοί. Στατιστικά σημαντικοί φαίνεται πως είναι η X3 η D12 και η σταθερή μεταβλητή διότι σύμφωνα με την κατανομή t-student είναι στατιστικά σημαντικοί καθώς απορρίπτεται η απόφαση H_0 δηλαδή οι 3 εκτιμητές είναι διαφορετικοί από το μηδέν, με αποτέλεσμα οι δύο αυτές ερμηνευτικές μεταβλητές να έχουν επιρροή στην εξαρτημένη. Όμως το μοντέλο δεν μπορεί να θεωρηθεί ακόμα αξιόπιστο διότι δεν έχει ελεγχθεί η πολυσυγγραμμικότητα μεταξύ των ερμηνευτικών μεταβλητών. Το πρόβλημα αυτό είναι υπαρκτό παρόλο που τα ποσοστά ανεξαρτησίας είναι άνω του 50% για όλες τις μεταβλητές. Από τον Πίνακα 42 ο Condition Index όμως ισούται με 18.948, οπότε θα πρέπει να αφαιρεθεί μία από τις μεταβλητές. Η αναιρούμενη μεταβλητή είναι η X4 καθώς σύμφωνα με το συντελεστή του Pearson παρουσιάζει υψηλή γραμμική συσχέτιση με τις άλλες ερμηνευτικές μεταβλητές, επιπλέον είναι η μεταβλητή που παρουσιάζει την μικρότερη στατιστική σημαντικότητα.

Πίνακας 43: Πολυσυγγραμμικότητα βάσει του Condition Index.

Collinearity Diagnostics^a

Model	Dimension	Eigenvalue	Condition Index	Variance Proportions						
				(Constant)	X1	X2	X3	X4	X5	D12
1	1	5,105	1,000	,00	,01	,01	,01	,00	,00	,01
	2	,625	2,858	,00	,20	,20	,06	,00	,00	,14
	3	,500	3,196	,00	,01	,29	,00	,00	,00	,42
	4	,433	3,435	,00	,60	,03	,03	,02	,01	,08
	5	,272	4,335	,00	,06	,04	,89	,02	,01	,01
	6	,052	9,904	,00	,09	,11	,00	,36	,65	,00
	7	,014	18,948	,99	,04	,32	,00	,59	,33	,34

a. Dependent Variable: Y

Μετά την αφαίρεση της μεταβλητής X4 τα αποτελέσματα είναι τα εξής:

Πίνακας 44: Χαρακτηριστικά μοντέλου μετά την αφαίρεση της προβληματικής μεταβλητής.

Model Summary ^b									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.755 ^a	.569	.528	5,8633	.569	13,753	5	52	.000

a. Predictors: (Constant), D12, X2, X1, X3, X5

b. Dependent Variable: Y

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Όπως γίνεται αντιληπτό από τον Πίνακα 43 με την αφαίρεση της μεταβλητής δεν έχει επέλθει μεγάλη διαφορά στο μοντέλο πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης, καθώς τα βασικά μεγέθη όπως ο συντελεστής R^2 είναι της τάξεως 56.9% και ο διορθωμένος συντελεστής R^2 είναι 52.8% με αποτέλεσμα το μοντέλο να έχει σχετικά καλή εφαρμογή. Σε συνέχεια της αξιολόγησης από την αφαίρεση της μεταβλητής X4 λύνεται το πρόβλημα της πολυσυγγραμμικότητας, διότι ο δείκτης ανεξαρτησίας Tolerance είναι πάνω του 50% για όλες τις μεταβλητές αλλά και ο συντελεστής VIF είναι μικρότερος του 2 (Πίνακας 44). Ακόμα ο δείκτης ανεξαρτησίας προσεγγίζει σχεδόν σε όλες τις μεταβλητές το 90% και κατ' επέκταση ο δείκτης VIF βρίσκεται κοντά στο 1. Επιπρόσθετα ο Condition Index είναι κάτω του 15 (Πίνακας 45) με αποτέλεσμα να μην υφίσταται πλέον το πρόβλημα της πολυσυγγραμμικότητας. Επιπρόσθετα οι μεταβλητές που είναι στατιστικά σημαντικές στο υπόδειγμα είναι η σταθερή, η X2, η X3 και η D12.

Πίνακας 45: Χαρακτηριστικά μεταβλητών μοντέλου μετά την αφαίρεση της προβληματικής μεταβλητής.

Coefficients ^a												
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95,0% Confidence Interval for B		Correlations			Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound	Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
1 (Constant)	13.962	3.713		3.760	.000	6.511	21.413					
X1	-.115	.092	-.119	-1.253	.216	-.299	.069	-.227	-.171	-.114	.916	1.092
X2	-1.985	.976	-.187	-2.033	.047	-3.944	-.026	-.134	-.271	-.185	.981	1.019
X3	-21.874	9.189	-.227	-2.380	.021	-	-3.434	-.303	-.313	-.217	.909	1.100
X5	-7.697	3.976	-.189	-1.936	.058	-	.282	-.403	-.259	-.176	.870	1.149
D12	9.735	1.607	.575	6.059	.000	6.511	12.959	.647	.643	.551	.918	1.089

a. Dependent Variable: Y

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Πίνακας 46: Πολυσυγγραμμικότητα βάσει του Condition Index μετά την αφαίρεση της προβληματικής μεταβλητής.

Collinearity Diagnostics ^a									
Model	Dimension	Eigenvalue	Condition Index	Variance Proportions					
				(Constant)	X1	X2	X3	X5	D12
1	1	4,283	1,000	,00	,02	,02	,01	,00	,01
	2	,618	2,632	,00	,29	,24	,07	,00	,15
	3	,499	2,929	,00	,00	,41	,00	,00	,53
	4	,362	3,441	,00	,67	,05	,35	,01	,06
	5	,212	4,493	,04	,02	,24	,57	,08	,08
	6	,025	13,022	,96	,00	,04	,00	,91	,17

a. Dependent Variable: Y

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

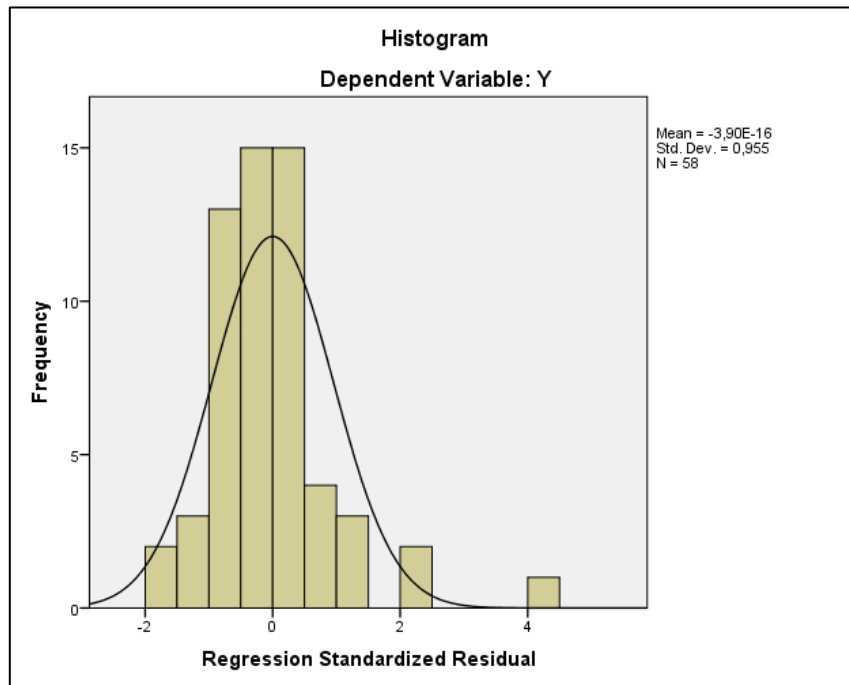
Η ετεροσκεδαστικότητα αποτελεί ένα από τα πιο σοβαρά προβλήματα της γραμμικής παλινδρόμησης και εξετάζεται μετά τον έλεγχο ανεξαρτησίας των ερμηνευτικών μεταβλητών και την επίλυση του προβλήματος πολυσυγγραμμικότητας. Η βασική υπόθεση της γραμμικής παλινδρόμησης, για να μην υπάρχουν “πλαστά” αποτελέσματα, είναι η σταθερότητα της διακύμανσης του διαταρακτικού όρου εκ, όποιες και αν είναι οι τιμές των ερμηνευτικών μεταβλητών. Χρησιμοποιείται και ο όρος ομοσκεδαστικότητα, όταν είναι σταθερή η διακύμανση του διαταρακτικού όρου. Ο όρος ετεροσκεδαστικότητα αναφέρεται στην άνιση εξάπλωση των τιμών του διαταρακτικού όρου.

Η ετεροσκεδαστικότητα αποτελεί οικονομετρικό πρόβλημα που εμφανίζεται συχνά στα διαστρωματικά μοντέλα και οδηγεί σε ανακριβείς εκτιμητές ορισμένων τουλάχιστον συντελεστών, παρά το γεγονός ότι οι συντελεστές εξακολουθούν να είναι γραμμικοί και αμερόληπτοι. Τα άνω έχουν ως αποτέλεσμα οι συντελεστές να μην έχουν την ελάχιστη διακύμανση και κατά συνέπεια να μην είναι οι προσδοκώμενοι αποτελεσματική, δηλαδή να μην είναι B.L.U.E. Συνήθως η ανίχνευση του προβλήματος της ετεροσκεδαστικότητας γίνεται με οπτική διάγνωση των τριών διαγραμμάτων που αναλύονται στη συνέχεια:

- Ιστόγραμμα με την κατανομή των καταλοίπων: ζητούμενο είναι η κατανομή να ακολουθεί κανονική κατανομή (σε βαθμό που αυτό είναι εφικτό). Η μη ομαλή κατανομή των καταλοίπων μπορεί να προβάλλει πρόβλημα κακής εξειδίκευσης του μοντέλου παλινδρόμησης.
- Διάγραμμα πιθανής κανονικότητας των καταλοίπων (Normal Probability Plot of residuals): Όσο η κατανομή των καταλοίπων ακολουθεί την ευθεία γραμμή τόσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός κανονικότητας της κατανομής.
- Διάγραμμα διασποράς (Scatter Plot): Το διάγραμμα διασποράς γίνεται μεταξύ των τυποποιημένων καταλοίπων ZRESID (άξονας Y) και των τυποποιημένων προβλεπόμενων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής ZPRED (άξονας X).

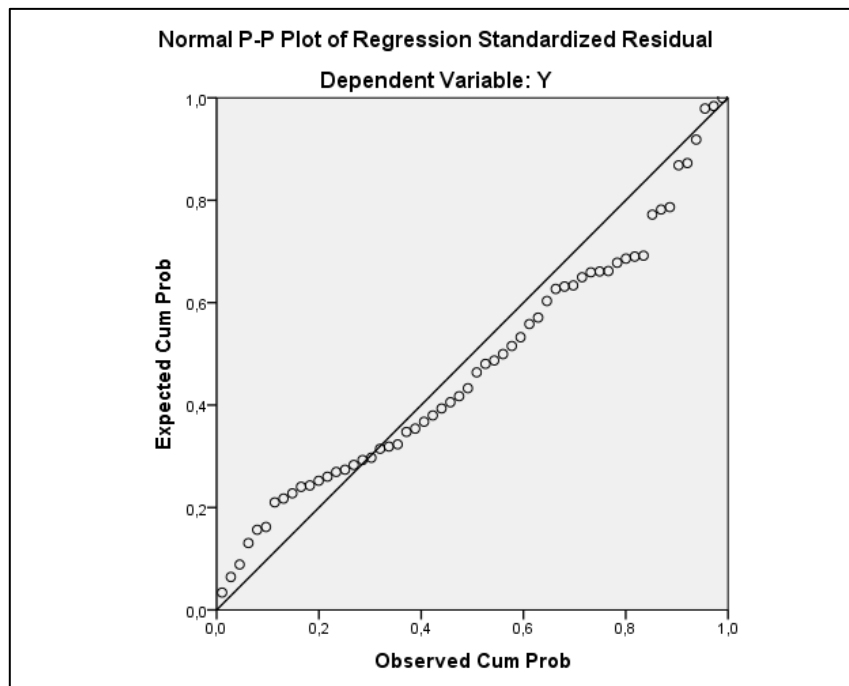
Τα αποτελέσματα είναι στα κάτω διαγράμματα:

Διάγραμμα 79: Ιστόγραμμα κατανομής καταλοίπων εξαρτημένης μεταβλητής.



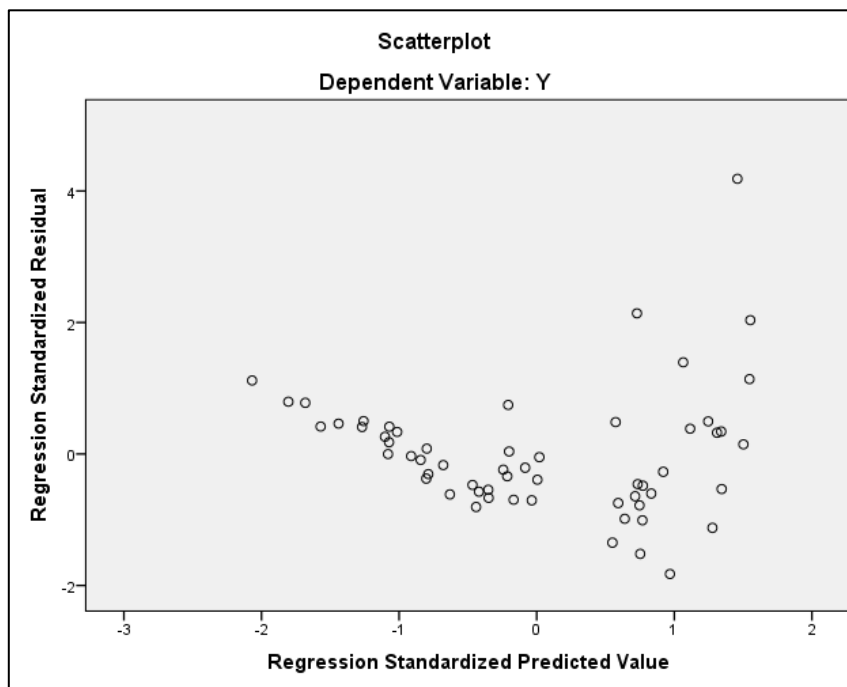
Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Διάγραμμα 80: P-P Plot κατανομής καταλοίπων εξαρτημένης μεταβλητής.



Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Διάγραμμα 81: Διάγραμμα διασποράς καταλοίπων εξαρτημένης μεταβλητής.



Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Όπως φαίνεται στα διαγράμματα 79-81 υπάρχει πρόβλημα ετεροσκεδαστικότητας στο ιστόγραμμα καθώς η κατανομή των καταλοίπων δεν φαίνεται να είναι ιδιαίτερα ικανοποιητική ως προς την κανονικότητα της. Κατά αντιστοιχία το διάγραμμα πιθανής κανονικότητας των καταλοίπων δείχνει ότι τα κατάλοιπα που υπάρχουν δεν ακολουθούν την διεύθυνση της γραμμής των πιθανών καταλοίπων γεγονός που δημιουργεί πρόβλημα. Επιπλέον το διάγραμμα διασποράς δεν παρουσιάζει συγκέντρωση σε σαφή όρια εντός του διαγράμματος.

Πίνακας 47: Αποτελέσματα από τη διόρθωση του ελέγχου του White.

WESTIM					
	B	SE	WHITE_SE	WT_VAL	SIG_WT
CONSTANT	13.962	3.713	3.491	4.000	0.000
X1	-0.115	0.092	0.064	-1.791	0.078
X2	-1.985	0.976	0.894	-2.220	0.030
X3	-21.874	9.189	7.403	-2.955	0.005
X5	-7.697	3.976	3.499	-2.200	0.032
D12	9.735	1.607	1.420	6.857	0.000

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Στον άνω Πίνακα 46 είναι τα αποτελέσματα που προέκυψαν με τον έλεγχο του White. Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό στο μοντέλο υπήρχε πρόβλημα σοβαρό πρόβλημα ετεροσκε-

δαστικότητας, το οποίο όμως εξαλείφεται με τη διόρθωση του White. Η παραπάνω διαπίστωση οφείλεται στο γεγονός ότι στο υπόδειγμα πριν την εφαρμογή του ελέγχου του White είχε τέσσερις μεταβλητές οι οποίες ήταν στατιστικά σημαντικές τη σταθερή, τη X2, τη X3 και τη D12. Η μεταβλητή X2 αφορά την κατά κεφαλή ενεργειακή κατανάλωση των εναέριων μέσων, η μεταβλητή X3 αφορά την κατά κεφαλή ενεργειακή κατανάλωση των σιδηροδρομικών μέσων και η D12 είναι η πλασματική μεταβλητή η οποία αφορά το έτος αναφοράς. Πλέον με τη διόρθωση του White ο αριθμός των μεταβλητών αυξάνεται σε πέντε, τις τέσσερις προαναφερθείσες και τη μεταβλητή X2, η οποία αφορά την ενεργειακή κατανάλωση ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου. Πλέον είμαι σε θέση να πω πως οι συντελεστές του μοντέλου γραμμικής πολλαπλής παλινδρόμησης είναι B.L.U.E., καθώς μετά την αντιμετώπιση των προβλημάτων της πολυσυγγραμμικότητας και της ετεροσκεδαστικότητας που προέκυψαν καθιστούν αξιόπιστο το συγκεκριμένο μοντέλο, χωρίς να γίνεται εξαγωγή πλασματικών συμπερασμάτων.

Τα συνολικά αποτελέσματα του υποδείγματος παρατίθενται στον Πίνακα 47. Στο συγκεκριμένο πίνακα εστιάζω στα πρόσημα που έχουν οι μεταβλητές, η επιρροή που ασκούν στην εξαρτημένη μεταβλητή Y αλλά και το ποιες ερμηνευτικές μεταβλητές είναι εκείνες οι οποίες εν τέλει ασκούν επιρροή στην εξαρτημένη. Με γνώμονα τα παραπάνω ισχύουν τα παρακάτω:

Πίνακας 48: Αποτελέσματα επιρροής των ερμηνευτικών μεταβλητών στην εξαρτημένη.

ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΠΡΟΣΗΜΟ	ΑΠΟΛΥΤΗ ΤΙΜΗ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΣΤΑΘΕΡΗ	ΘΕΤΙΚΟ	13.962	ΝΑΙ
X1	ΑΡΝΗΤΙΚΟ	0.115	ΟΧΙ
X2	ΑΡΝΗΤΙΚΟ	1.985	ΝΑΙ
X3	ΑΡΝΗΤΙΚΟ	21.874	ΝΑΙ
X5	ΑΡΝΗΤΙΚΟ	7.697	ΝΑΙ
D12	ΘΕΤΙΚΟ	9.735	ΝΑΙ

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Ο άνω πίνακας δίνει πολύ σημαντικά συμπεράσματα αναφορικά με τη συμπεριφορά που έχουν οι ερμηνευτικές μεταβλητές. Η πρώτη διαπίστωση είναι πως από τις μεταβλητές που έχουν απομείνει μετά την επίλυση των προβλημάτων, η μεταβλητή που δεν έχει κάποια αξία για το μοντέλο και είναι σαν μηδενική, διότι ο συντελεστής της, ο οποίος δεν είναι στατιστικά σημαντικός, είναι η κατά κεφαλή ενεργειακή κατανάλωση των οδικών μέσων. Γεγονός που προκαλεί έκπληξη αν αναλογιστεί κανείς την εκτενή χρήση του μέσου και κατ' επέκταση την υψηλή κατανάλωση ενέργειας. Τα υπόλοιπα ευρήματα δείχνουν πως οι υπόλοιπες μεταβλητές είναι διάφορες του μηδενός και ασκούν επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή. Όπως ήταν αναμενόμενο οι κατά κεφαλή ενεργειακή κατανάλωση των εναέριων μέσων, των σιδηροδρομικών μέσων και της ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο αυτοκινήτων έχουν αρνητικό πρόσημο για την ενεργειακή αποτελεσματικότητα της στον τομέα των μεταφορών. Τα αποτελέσματα αυτά ήταν αναμενόμενα διότι όπως υποδηλώνει και η λέξη κατανάλωση, σημαίνει πως λαμβάνουν ενέργεια για να λειτουργήσουν. Επιπλέον η

ενεργειακή αποτελεσματικότητα βάσει της βιβλιογραφίας είναι ταυτόσημη με την ενεργειακή αποταμίευση, με αποτέλεσμα η κατανάλωση να έρχεται σε προφανή αντίθεση με την εξοικονόμηση τόσο εννοιολογικά όσο και πρακτικά. Στον αντίποδα η σταθερή μεταβλητή έχει θετικό αντίκτυπο στο υπόδειγμα, παράλληλα η πλασματική μεταβλητή D12 που αφορά τις χρονικές περιόδους 2002 και 2012 έδειξε πως είναι θετική για το φαινόμενο. Το γεγονός αυτό είναι απόλυτα λογικό αν αναλογιστεί κανείς πως με την πάροδο των ετών υπήρξε μεγαλύτερη ευαισθητοποίηση για την ενεργειακή κατανάλωση γενικά και ειδικά στον τομέα των μεταφορών. Η ευαισθητοποίηση έχει επέλθει τόσο σε ατομικό επίπεδο όσο και σε συλλογικό.

Αναφορικά με τους συντελεστές προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- X2: η μεταβολή κατά 1% της μεταβλητής ($\Delta X_2=1\%$), θα προκαλέσει μεταβολή της τάξεως του 1.895% στην εξαρτημένη μεταβλητή Y. Πιο συγκεκριμένα επιφέρει μείωση, με αποτέλεσμα η ποσοστιαία αυτή αύξηση να μειώνει με ρυθμό 1.895% την ενεργειακή αποτελεσματικότητα στον κλάδο των μεταφορών.
- X3: η μεταβολή κατά 1% της μεταβλητής ($\Delta X_3=1\%$), θα προκαλέσει μεταβολή της τάξεως του 2.874% στην εξαρτημένη μεταβλητή Y. Πιο συγκεκριμένα επιφέρει μείωση, με αποτέλεσμα η ποσοστιαία αυτή αύξηση να μειώνει με ρυθμό 21.874% την ενεργειακή αποτελεσματικότητα στον κλάδο των μεταφορών.
- X5: η μεταβολή κατά 1% της μεταβλητής ($\Delta X_5=1\%$), θα προκαλέσει μεταβολή της τάξεως του 7.697% στην εξαρτημένη μεταβλητή Y. Πιο συγκεκριμένα επιφέρει μείωση, με αποτέλεσμα η ποσοστιαία αυτή αύξηση να μειώνει με ρυθμό 7,697% την ενεργειακή αποτελεσματικότητα στον κλάδο των μεταφορών.
- D12: η επιρροή της πλασματικής μεταβλητής που καθορίζει τη χρονική περίοδο όταν από το έτος 2002 μεταπηδά στο έτος 2012 για μία χώρα τότε αυξάνει κατά 9.735% την ενεργειακή της αποτελεσματικότητα στον τομέα των μεταφορών.

Όπως γίνεται αντιληπτό τη μεγαλύτερη επιρροή στο μοντέλο την ασκεί η μεταβλητή της κατά κεφαλή ενεργειακής κατανάλωσης στις σιδηροδρομικές μεταφορές, καθώς διαθέτει τον μεγαλύτερο συντελεστή συγκριτικά με τις υπόλοιπες. Ακολουθεί η σταθερή μεταβλητή, ενώ σημαντικά μικρότερη είναι η επιρροή της μεταβλητής που αφορά τον προσδιορισμό της χρονικής περιόδου αλλά και αυτή της ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο οχήματος. Τέλος η μικρότερη επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή ασκείται από την κατά κεφαλή ενεργειακή κατανάλωση στα εναέρια μέσα.

7.4 Εφαρμογή πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης log-log

$$\ln Y = a_0 + a_1 \ln X_1 + a_2 \ln X_2 + a_3 \ln X_3 + a_4 \ln X_4 + a_5 \ln X_5 + a_6 D12 + \varepsilon \quad (7.5)$$

Όπως είναι προφανές η εξαρτημένη μεταβλητή είναι η αποτελεσματικότητα των χωρών στην κατανάλωση ενέργειας του τομέα των μεταφορών Y, ενώ οι υπόλοιπες μεταβλητές είναι οι

ερμηνευτικές, οι οποίες ασκούν επιρροή στην εξαρτημένη *ceteris paribus*. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να τονιστεί πως η ύπαρξη μηδενικών τιμών στις μεταβλητές Y, X2 και X3 η λογαρίθμηση έγινε σύμφωνα με τον κανόνα $\ln(x + 1)$, για να συμπεριληφθούν όλες οι τιμές των μεταβλητών καθώς οι μηδενικές δεν ορίζονται, καθώς $f(x) = \ln(x)$, για $x > 0$. Με το μοντέλο αυτό θα επιδιώξω να δω το βαθμό επιρροής των ερμηνευτικών μεταβλητών στην εξαρτημένη. Στόχος είναι να βρεθούν οι καλύτεροι αμερόληπτοι εκτιμητές. Τα τρία προβλήματα της παλινδρόμησης είναι τα εξής:

Πίνακας 49: Χαρακτηριστικά μοντέλου.

Model Summary ^b									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	,875 ^a	,766	,738	,4807	,766	27,822	6	51	,000

a. Predictors: (Constant), D12, lnX2, lnX3, lnX5, lnX1, lnX4

b. Dependent Variable: lnY

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Πίνακας 50: Αποτελέσματα μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων.

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	38,581	6	6,430	27,822	,000 ^b
	Residual	11,787	51	,231		
	Total	50,368	57			

a. Dependent Variable: lnY

b. Predictors: (Constant), D12, lnX2, lnX3, lnX5, lnX1, lnX4

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Οι πληροφορίες που απορρέουν από τους Πίνακες 48 και 49 αφορούν την καλή προσαρμογή του μοντέλου προέρχονται από την τιμή του $R = 0.875$, η τιμή του R είναι μεταξύ του 0 και του 1 σε απόλυτες τιμές αλλά δεν είναι η τιμή που μπορεί να δώσει τα πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Έτσι η εκτίμηση της προσαρμογής γίνεται βάσει του συντελεστή R^2 και του προσαρμοσμένου συντελεστή R^2 . Οι τιμές που λαμβάνουν αυτοί οι συντελεστές είναι μεταξύ του 0 και του 1. Όσο πιο κοντά βρίσκεται ο δείκτης στο 1 τόσο πιο καλό είναι το μοντέλο. Εδώ το R^2 της τάξης του 76.6% που δείχνει πως το μοντέλο να έχει καλή προσαρμογή. Επιπλέον η μικρή διαφορά του μεταξύ του διορθωμένου συντελεστή R^2 που είναι ίσος με 73.8%. Άρα γίνεται σαφές ότι το μοντέλο έχει εγκυρότητα της τάξεως του 60%, ακόμα δεν υπάρχει πρόβλημα ως προς τον αριθμό παρατηρήσεων ($n = 58$) και των αριθμό των ερμηνευτικών μεταβλητών ($k = 6$), καθώς οι βαθμοί ελευθερίας είναι 51 διότι $\beta.e. = n - k - 1 = 51$.

Η εγκυρότητα του μοντέλου εξετάζεται σύμφωνα με τον έλεγχο του Fisher. Κατά τον έλεγχο αυτό υπάρχουν δύο υποθέσεις. Οι υποθέσεις αυτές είναι οι εξής:

- H_0 : Όλοι οι συντελεστές της παλινδρόμησης είναι ίσοι με 0 αν $p\text{-value (sig.)} > 0.05$.
- H_1 : τουλάχιστον ένας από τους συντελεστές της παλινδρόμησης είναι διάφορος του 0 αν $p\text{-value (sig.)} \leq 0.05$.

Σύμφωνα με τον έλεγχο του Fisher (Πίνακας 48) η $p\text{-value (sig.)} = 0.000 < 0.05$ και μάλιστα μικρότερο του 0.01. Συμπερασματικά το R^2 είναι διαφορετικό του 0 οπότε το μοντέλο είναι έγκυρο. Ενώ βάσει του κάτω πίνακα μπορεί να εντοπιστεί μία πρώτη ένδειξη για την ύπαρξη πολυσυγγραμμικότητας από τις συσχετίσεις μεταξύ των ερμηνευτικών μεταβλητών. Όπως εμφανίζεται στον πίνακα οι απλοί συντελεστές γραμμικής συσχέτισης των δεικτών παρουσιάζουν στην πλειοψηφία τους $p\text{-value}$ μικρότερη το 0.05 με λίγες εξαιρέσεις με αποτέλεσμα να υπάρχει συστηματική συσχέτιση μεταξύ των ερμηνευτικών μεταβλητών, έτσι μπορεί να θεωρηθεί πως υπάρχει ένδειξη πολυσυγγραμμικότητας χωρίς όμως να αποτελεί και απόδειξη αυτής.

Από τον Πίνακα 50 εξάγονται πολύ σημαντικά για το υπόδειγμα καθώς καθορίζεται ποιοι από τους συντελεστές είναι στατιστικά σημαντικοί. Στατιστικά σημαντικοί φαίνεται πως είναι η $\ln X_1$, η D_{12} και η σταθερή μεταβλητή διότι σύμφωνα με την κατανομή $t\text{-student}$ είναι στατιστικά σημαντικοί καθώς απορρίπτεται η απόφαση H_0 δηλαδή οι δύο εκτιμητές είναι διαφορετικοί από το μηδέν, με αποτέλεσμα οι δύο αυτές ερμηνευτικές μεταβλητές να έχουν επιρροή στην εξαρτημένη. Όμως το μοντέλο δεν μπορεί να θεωρηθεί ακόμα αξιόπιστο διότι δεν έχει ελεγχθεί η πολυσυγγραμμικότητα μεταξύ των ερμηνευτικών μεταβλητών. Το πρόβλημα αυτό είναι υπαρκτό διότι σύμφωνα με το ποσοστό ανεξαρτησίας για τη μεταβλητή $\ln X_4$, δηλαδή της έντασης αγοραστικής δύναμης της ενέργειας ισοδύναμης σε τιμές του 2010 με κλιματικές διορθώσεις είναι $48.1\% < 50\%$. Δηλαδή η μεταβλητή αυτή δεν είναι ανεξάρτητη ερμηνευτική μεταβλητή καθώς ερμηνεύεται κατά 51.9% από τις υπόλοιπες. Το ίδιο συμπέρασμα προκύπτει και από το συντελεστή VIF ο οποίος λαμβάνει τιμή άνω του 2 για τη συγκεκριμένη μεταβλητή. Η επίλυση του προβλήματος γίνεται με αφαίρεση της προβληματικής μεταβλητής.

Πίνακας 51: Χαρακτηριστικά μεταβλητών μοντέλου.

Coefficients ^a												
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95,0% Confidence Interval for B		Correlations			Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound	Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
1 (Constant)	2.079	.507		4.098	.000	1.060	3.098					
lnX1	-.386	.143	-.222	-2.708	.009	-.673	-.100	-.376	-.355	-.183	.685	1.461
lnX2	-.298	.199	-.129	-1.497	.141	-.697	.102	-.140	-.205	-.101	.615	1.627
lnX3	-1.855	.928	-.151	-2.000	.051	-3.717	.007	-.283	-.270	-.135	.810	1.235
lnX4	.029	.300	.009	.096	.924	-.574	.632	-.184	.013	.007	.481	2.080
lnX5	-.337	.269	-.097	-1.251	.217	-.878	.204	-.405	-.173	-.085	.762	1.312
D12	1.386	.145	.743	9.555	.000	1.094	1.677	.786	.801	.647	.758	1.319

a. Dependent Variable: lnY

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Μετά την αφαίρεση της lnX4 προκύπτουν τα κάτωθι.

Πίνακας 52: Χαρακτηριστικά μοντέλου μετά την αφαίρεση της προβληματικής μεταβλητής.

Model Summary ^b									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.875 ^a	.766	.743	.4761	.766	34,033	5	52	.000

a. Predictors: (Constant), D12, lnX2, lnX3, lnX5, lnX1

b. Dependent Variable: lnY

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Το μοντέλο είναι έγκυρο καθώς από τον έλεγχο του Fisher (Πίνακας 51) προκύπτει πως η p-value (sig.) < 0.05 Μάλιστα και του 0.01. ενώ ο διορθωμένος συντελεστής R^2 έχει βελτιωθεί σε πολύ μικρό βαθμό, σε κάθε περίπτωση είναι καλός καθώς είναι πάνω του 70%.

Πίνακας 53: Αποτελέσματα μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων μετά την αφαίρεση της προβληματικής μεταβλητής.

ANOVA ^a					
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.
1	Regression	38,579	5	7,716	.000 ^b
	Residual	11,789	52	.227	
	Total	50,368	57		

a. Dependent Variable: lnY

b. Predictors: (Constant), D12, lnX2, lnX3, lnX5, lnX1

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Οι μεταβλητές που είναι στατιστικά σημαντικές είναι η σταθερή, η $\ln X1$, η $\ln X3$ και η $D12$ βάσει του Πίνακα 53.

Πίνακας 54: Χαρακτηριστικά μεταβλητών μοντέλου μετά την αφαίρεση της προβληματικής μεταβλητής.

Coefficients ^a												
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95.0% Confidence Interval for B		Correlations			Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound	Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
1 (Constant)	2.039	.283		7.213	.000	1.471	2.606					
$\ln X1$	-.390	.136	-.224	-2.877	.006	-.663	-.118	-.376	-.371	-.193	.743	1.345
$\ln X2$	-.309	.159	-.134	-1.946	.057	-.628	.010	-.140	-.261	-.131	.946	1.057
$\ln X3$	-1.834	.894	-.149	-2.051	.045	-3.629	-.040	-.283	-.274	-.138	.854	1.171
$\ln X5$	-.334	.265	-.096	-1.259	.214	-.867	.198	-.405	-.172	-.084	.770	1.299
$D12$	1.380	.130	.740	10.636	.000	1.119	1.640	.786	.828	.714	.929	1.076

a. Dependent Variable: $\ln Y$

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Από τον Πίνακα 53 εξάγονται πολύ σημαντικά για το υπόδειγμα καθώς καθορίζεται ποιοι από τους συντελεστές είναι στατιστικά σημαντικοί. Στατιστικά σημαντικοί φαίνεται πως είναι η σταθερή μεταβλητή, η $\ln X1$, $\ln X3$ και η $D12$ διότι σύμφωνα με την κατανομή t-student είναι στατιστικά σημαντικοί καθώς απορρίπτεται η απόφαση H_0 δηλαδή οι δύο εκτιμητές είναι διαφορετικοί από το μηδέν, με αποτέλεσμα οι δύο αυτές ερμηνευτικές μεταβλητές να έχουν επιρροή στην εξαρτημένη. Το υπόδειγμα σε σχέση με τα προηγούμενα αποτελέσματα δεν εμφανίζει πρόβλημα πολυσυγγραμμικότητας καθώς καμία από τις μεταβλητές δεν ερμηνεύεται σε ποσοστό 50% από τις υπόλοιπες σύμφωνα με το δείκτη του ποσοστού ανεξαρτησίας. Επιπλέον ο δείκτης VIF για κάθε μεταβλητή είναι μικρότερος του 2 με αποτέλεσμα να μπορεί να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα αναφορικά με την πολυσυνηραμικότητα και την απουσία της ως πρόβλημα από το μοντέλο. Αξίζει να αναφερθεί πως δεν χρειάζεται να εξεταστεί ο condition Index διότι το μοντέλο είναι log-log.

Η ετεροσκεδαστικότητα αποτελεί ένα από τα πιο σοβαρά προβλήματα της γραμμικής παλινδρόμησης και εξετάζεται μετά τον έλεγχο ανεξαρτησίας των ερμηνευτικών μεταβλητών και την επίλυση του προβλήματος πολυσυγγραμμικότητας. Η βασική υπόθεση της γραμμικής παλινδρόμησης, για να μην υπάρχουν “πλαστά” αποτελέσματα, είναι η σταθερότητα της διακύμανσης του διαταρακτικού όρου ϵ_k , όποιες και αν είναι οι τιμές των ερμηνευτικών μεταβλητών. Χρησιμοποιείται και ο όρος ομοσκεδαστικότητα, όταν είναι σταθερή η διακύμανση του διαταρακτικού όρου. Ο όρος ετεροσκεδαστικότητα αναφέρεται στην άνιση εξάπλωση των τιμών του διαταρακτικού όρου.

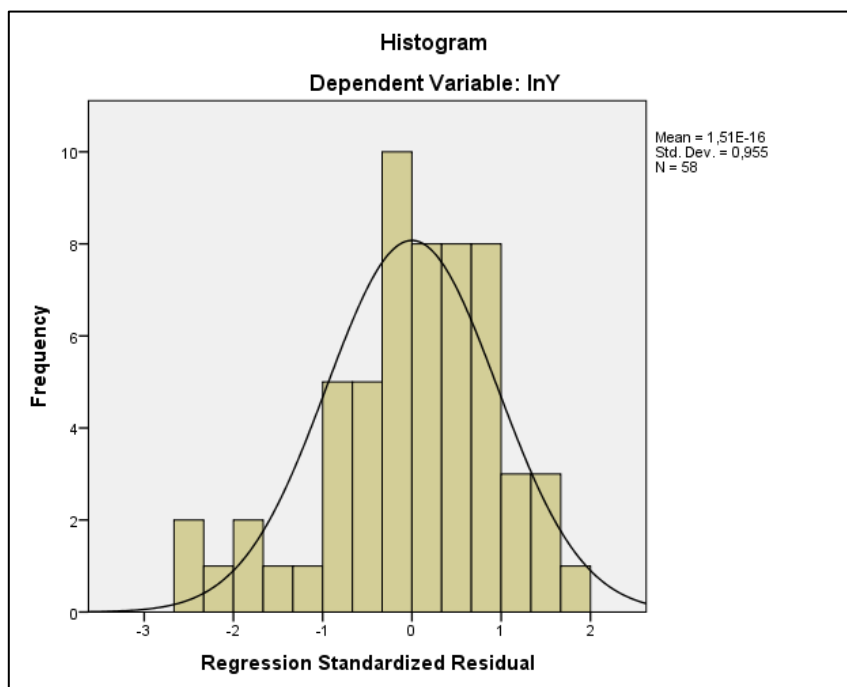
Η ετεροσκεδαστικότητα αποτελεί οικονομετρικό πρόβλημα που εμφανίζεται συχνά στα διαστρωματικά μοντέλα και οδηγεί σε ανακριβείς εκτιμητές ορισμένων τουλάχιστον συντελεστών, παρά το γεγονός ότι οι συντελεστές εξακολουθούν να είναι γραμμικοί και

αμερόληπτοι. Τα άνω έχουν ως αποτέλεσμα οι συντελεστές να μην έχουν την ελάχιστη διακύμανση και κατά συνέπεια να μην είναι οι προσδοκώμενοι αποτελεσματική, δηλαδή να μην είναι B.L.U.E. Συνήθως η ανίχνευση του προβλήματος της ετεροσκεδαστικότητας γίνεται με οπτική διάγνωση των τριών διαγραμμάτων που αναλύονται στη συνέχεια:

- Ιστόγραμμα με την κατανομή των καταλοίπων: ζητούμενο είναι η κατανομή να ακολουθεί κανονική κατανομή (σε βαθμό που αυτό είναι εφικτό). Η μη ομαλή κατανομή των καταλοίπων μπορεί να προβάλλει πρόβλημα κακής εξειδίκευσης του μοντέλου παλινδρόμησης.
- Διάγραμμα πιθανής κανονικότητας των καταλοίπων (Normal Probability Plot of residuals): Όσο η κατανομή των καταλοίπων ακολουθεί την ευθεία γραμμή τόσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός κανονικότητας της κατανομής.
- Διάγραμμα διασποράς (Scatter Plot): Το διάγραμμα διασποράς γίνεται μεταξύ των τυποποιημένων καταλοίπων ZRESID (άξονας Y) και των τυποποιημένων προβλεπόμενων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής ZPRED (άξονας X).

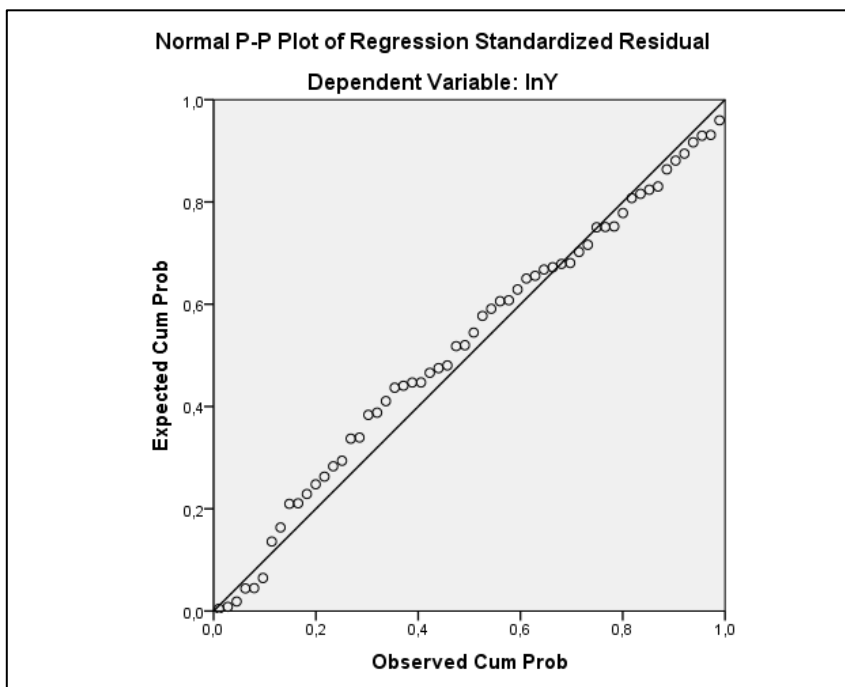
Τα αποτελέσματα είναι στα κάτω διαγράμματα:

Διάγραμμα 82: Ιστόγραμμα κατανομής καταλοίπων εξαρτημένης μεταβλητής.



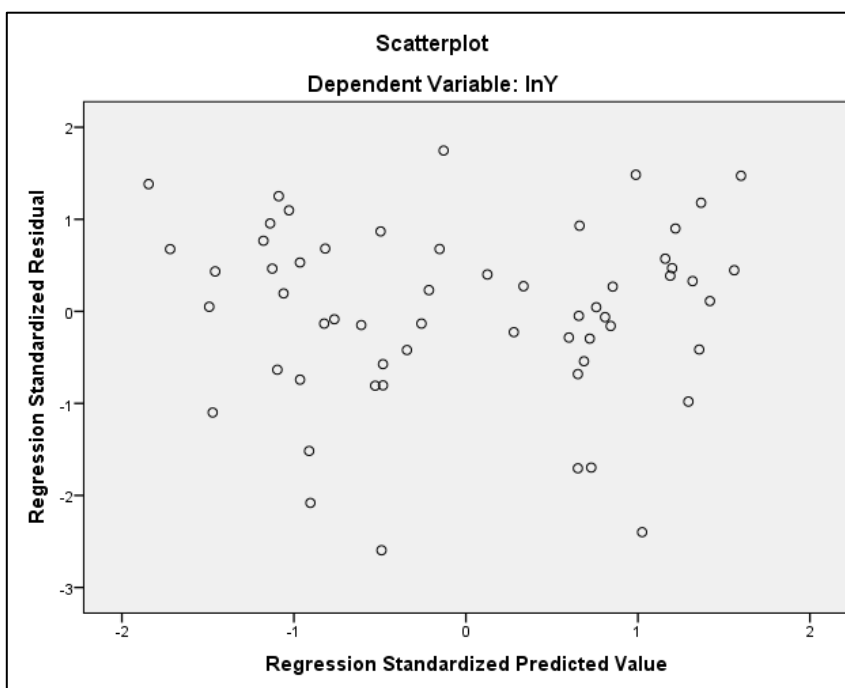
Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Διάγραμμα 83: P-P Plot κατανομής καταλοίπων εξαρτημένης μεταβλητής.



Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Διάγραμμα 84: Διάγραμμα διασποράς καταλοίπων εξαρτημένης μεταβλητής.



Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Όπως φαίνεται στα Διαγράμματα 82-84 υπάρχει πρόβλημα ετεροσκεδαστικότητας στο ιστόγραμμα καθώς η κατανομή των καταλοίπων δεν φαίνεται να είναι ιδιαίτερα ικανοποιητική ως προς την κανονικότητα της. Κατά αντιστοιχία το διάγραμμα πιθανής

κανονικότητας των καταλοίπων δείχνει ότι τα κατάλοιπα που υπάρχουν δεν ακολουθούν την διεύθυνση της γραμμής των πιθανών καταλοίπων γεγονός που δημιουργεί πρόβλημα. Επιπλέον το διάγραμμα διασποράς δεν παρουσιάζει συγκέντρωση σε σαφή όρια εντός του διαγράμματος.

Πίνακας 55: Αποτελέσματα από τη διόρθωση του ελέγχου του White.

WESTIM					
	B	SE	WHITE_SE	WT_VAL	SIG_WT
CONSTANT	2.039	0.283	0.286	7.138	0.000
lnX1	-0,390	0.136	0.148	-2.644	0.011
lnX2	-0.309	0.159	0.151	-2.046	0.045
lnX3	-1.834	0.894	0.585	-3.135	0.003
lnX5	-0.334	0.265	0.205	-1.630	0.109
D12	1.380	0.130	0.126	10.983	0.000

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Στον Πίνακα 54 είναι τα αποτελέσματα που προέκυψαν με τον έλεγχο του White. Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό στο μοντέλο υπήρχε σοβαρό πρόβλημα ετεροσκεδαστικότητας, το οποίο όμως εξαλείφεται με τη διόρθωση του White. Η παραπάνω διαπίστωση οφείλεται στο γεγονός ότι το υπόδειγμα πριν την εφαρμογή του ελέγχου του White είχε τέσσερις μεταβλητές οι οποίες ήταν στατιστικά σημαντικές τη σταθερή, την lnX1, η οποία αντιπροσωπεύει την κατά κεφαλή ενεργειακή κατανάλωση των οδικών μεταφορών, την lnX3, η οποία αντιπροσωπεύει την κατά κεφαλή ενεργειακή κατανάλωση των σιδηροδρομικών μεταφορών και τη μεταβλητή D12, η οποία αφορά το έτος αναφοράς. Πλέον με τη διόρθωση ο αριθμός των μεταβλητών αυξάνεται σε τέσσερις τις τρεις προαναφερθείσες και τη μεταβλητή lnX2, η οποία αφορά το μέγεθος της κατά κεφαλή ενεργειακής κατανάλωσης στα εναέρια μέσα. Πλέον είμαι σε θέση να πω πως οι συντελεστές του μοντέλου γραμμικής πολλαπλής παλινδρόμησης είναι B.L.U.E., καθώς μετά την αντιμετώπιση των προβλημάτων της πολυσυγγραμμικότητας και της ετεροσκεδαστικότητας που προέκυψαν καθιστούν αξιόπιστο το συγκεκριμένο μοντέλο, χωρίς να γίνεται εξαγωγή πλασματικών συμπερασμάτων.

Τα συνολικά αποτελέσματα του υποδείγματος παρατίθενται στον Πίνακα 55. Στο συγκεκριμένο πίνακα εστιάζω στα πρόσημα που έχουν οι μεταβλητές, η επιρροή που ασκούν στην εξαρτημένη μεταβλητή Y αλλά και το ποιες ερμηνευτικές μεταβλητές είναι εκείνες οι οποίες εν τέλει ασκούν επιρροή στην εξαρτημένη. Με γνώμονα τα παραπάνω ισχύουν τα παρακάτω:

Πίνακας 56: Αποτελέσματα επιρροής των ερμηνευτικών μεταβλητών στην εξαρτημένη.

ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΠΡΟΣΗΜΟ	ΑΠΟΛΥΤΗ ΤΙΜΗ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΣΤΑΘΕΡΗ	ΘΕΤΙΚΟ	2.039	NAI
lnX1	ΑΡΝΗΤΙΚΟ	0.390	NAI
lnX2	ΑΡΝΗΤΙΚΟ	0.309	NAI
lnX3	ΑΡΝΗΤΙΚΟ	1.834	NAI
lnX5	ΑΡΝΗΤΙΚΟ	0.334	OXI
D12	ΘΕΤΙΚΟ	1.380	NAI

Πηγή: ESPON, Odyssee-Mure, Ιδία Επεξεργασία

Αναφορικά με τους συντελεστές προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- lnX1: η μεταβολή κατά 1% της μεταβλητής ($\Delta \ln X1=1\%$), θα προκαλέσει μεταβολή της τάξεως του 0.390% στην εξαρτημένη μεταβλητή Y. Πιο συγκεκριμένα επιφέρει μείωση, με αποτέλεσμα η ποσοστιαία αυτή αύξηση να μειώνει με ρυθμό 0.390% την ενεργειακή αποτελεσματικότητα στον κλάδο των μεταφορών.
- lnX2: η μεταβολή κατά 1% της μεταβλητής ($\Delta \ln X2=1\%$), θα προκαλέσει μεταβολή της τάξεως του 0.309% στην εξαρτημένη μεταβλητή Y. Πιο συγκεκριμένα επιφέρει μείωση, με αποτέλεσμα η ποσοστιαία αυτή αύξηση να μειώνει με ρυθμό 0.309% την ενεργειακή αποτελεσματικότητα στον κλάδο των μεταφορών.
- lnX3: η μεταβολή κατά 1% της μεταβλητής ($\Delta \ln X3=1\%$), θα προκαλέσει μεταβολή της τάξεως του 1.834% στην εξαρτημένη μεταβλητή Y. Πιο συγκεκριμένα επιφέρει μείωση, με αποτέλεσμα η ποσοστιαία αυτή αύξηση να μειώνει με ρυθμό 1.834% την ενεργειακή αποτελεσματικότητα στον κλάδο των μεταφορών.
- D12: η επιρροή της πλασματικής μεταβλητής που καθορίζει τη χρονική περίοδο όταν από το έτος 2002 μεταπηδά στο έτος 2012 για μία χώρα τότε αυξάνει κατά 1.380% την ενεργειακή της αποτελεσματικότητα στον τομέα των μεταφορών.

Όπως γίνεται αντιληπτό τη μεγαλύτερη επιρροή στο μοντέλο την ασκεί η σταθερή. Ακολουθούν η μεταβλητή της κατά κεφαλή ενεργειακής κατανάλωσης στις σιδηροδρομικές μεταφορές και η μεταβλητή που φορά τον προσδιορισμό της χρονικής περιόδου. Μικρότερη επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή ασκείται από τις μεταβλητές που αφορούν την κατά κεφαλή ενεργειακή κατανάλωση στις οδικές μεταφορές και στις εναέριες.

7.6 Συμπεράσματα

Τα δύο μοντέλα παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Πρώτα απ' όλα παρουσιάζουν διαφορά ως προς την αξιοπιστία τους. Το μοντέλο που είναι τύπου log-log είναι πιο αξιόπιστο από αυτό της κλασσικής πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης. Αυτό προκύπτει από τους συντελεστές R^2 και τον διορθωμένο συντελεστή R^2 . Η διαφορά είναι άνω των δέκα μονάδων οπότε η διαφορά αυτή είναι εμφανής. Διαφορές εντοπίζονται και στις μεταβλητές οι οποίες είναι στατιστικά σημαντικές στα δύο μοντέλα. Έπειτα από την επίλυση των προβλημάτων της πολυσυγγραμμικότητας και της ετεροσκεδαστικότητας για τον μοντέλο log-log είναι στατιστικά σημαντικές οι μεταβλητές της κατά κεφαλή

ενεργειακής κατανάλωσης για τα οδικά, τα εναέρια και τα σιδηροδρομικά μέσα, εν αντιθέσει με το κλασικό μοντέλο πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης για το οποίο στατιστικά σημαντικές είναι οι μεταβλητές που αφορούν την ενεργειακή κατανάλωση των εναέριων και των σιδηροδρομικών μέσων αλλά και της ενεργειακής κατανάλωσης ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου. Παράλληλα και για τα δύο μοντέλα είναι σημαντική η σταθερή μεταβλητή και η μεταβλητή που αφορά των προσδιορισμό της χρονικής περιόδου. Επιπλέον οι συντελεστές στα δύο μοντέλα για τις στατιστικά σημαντικές μεταβλητές διαφέρουν τόσο ως προς το μέγεθός τους όσο και ως προς την επιρροή που ασκούν στην εξαρτημένη μεταβλητή. Τα πρόσημα των κοινών συντελεστών για τα δύο μοντέλα είναι ίδια, ενώ η κατανάλωση στις οδικές μεταφορές που παρουσιάζει διαφορά για τα δύο μοντέλα, στον τρόπο που αυτή εκφράζεται ακολουθεί και αυτή παρόμοιο πρόσημο. Το γεγονός αυτό είναι απόλυτα λογικό διότι τα μεγέθη αυτά αφορούν σε κατανάλωση που έρχεται σε αντίθεση με την έννοια της εξοικονόμησης ενέργειας.

Κεφάλαιο 8:

Συμπεράσματα

Ο τομέας των μεταφορών αποτελεί ένα αρκετά σύνθετο και γοητευτικό αντικείμενο. Η πολυκλαδικότητα που τον διέπει αλλά και οι εμπλεκόμενοι φορείς που ασχολούνται με αυτόν τον τομέα δείχνει την ισχύ που αυτός έχει καταρχάς σε επίπεδο συνδεσιμότητας, προσβασιμότητας και προσπελασιμότητας. Επιπλέον έχουν πολύ σημαντικό αντίκτυπο στην οικονομία αλλά και στο περιβάλλον. Η παρούσα έρευνα εστίασε στο κομμάτι της ενεργειακής κατανάλωσης και ανέδειξε τις ανισότητες που υπάρχουν μεταξύ των ευρωπαϊκών περιφερειών για τις οδικές, τις σιδηροδρομικές και τις εναέριες μεταφορές. Μία αρχική προσέγγιση ήταν να αναδειχθούν οι περιφέρειες που αποτελούν βασικούς και μη βασικούς καταναλωτές για τον κάθε κλάδο των μεταφορών μέσα από τον δείκτη χωρικής εξειδίκευσης LQ. Επιπλέον αναδείχθηκαν και οι ανισότητες στις περιφέρειες με τους δείκτες Theil και Gini, τα ευρήματα τους ανέδειξαν σε ποιες χώρες οι ανισότητες μεταξύ των περιφερειών είναι πιο έντονες. Το δεύτερο κομμάτι της έρευνας εστίασε στις ανισότητες μεταξύ των χωρών για την ανάδειξη των οποίων έγινε χρήση των μεθόδων της περιγραφικής στατιστικής. Επιπρόσθετα αναδείχθηκαν και οι τάσεις σύγκλισης ή απόκλισης των εξεταζόμενων μεταβλητών μεταξύ των δύο ετών αναφοράς, 2002 και 2012. Οι χρονολογίες αυτές προέκυψαν από τη διαθεσιμότητα των δεδομένων αλλά και από τις χρονολογίες που συντάχθηκαν οι πολιτικές για την κατανάλωση των καυσίμων στον κλάδο των μεταφορών, επειδή μεταξύ του 2002 και του 2012 έγινε εφαρμογή Ευρωπαϊκής οδηγίας η οποία αξιολογήθηκε και προέκυψε η ανάγκη για θέσπιση νέων κατευθύνσεων εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Πέραν των σημαντικών συμπερασμάτων από τις μεθόδους χωρικής και στατιστικής ανάλυσης για την κατάσταση στις περιφέρειες και τις χώρες τους Ευρωπαϊκού χώρου, η προστιθέμενη αξία της παρούσας εργασίας είναι η δημιουργία ενός μοντέλου με σύνθετους δείκτες που υπολογίστηκαν από την ESPON και περιλαμβάνουν το ΑΕΠ, τις τιμές του ηλεκτρικού ρεύματος, τις τιμές των καυσίμων, τον πληθυσμό και άλλες μεταβλητές, ακόμα στο μοντέλο περιλήφθηκαν και δεδομένα από την βάση δεδομένων Odyssee-Mure, που αφορούν την ενεργειακή αποτελεσματικότητα στον τομέα των μεταφορών αλλά και η κατανάλωση ανά ισοδύναμο αυτοκινήτου. Πιο συγκεκριμένα διαμορφώθηκαν δύο μοντέλα τα οποία εξετάζουν πως οι προαναφερθείσες μεταβλητές επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα στην ενεργειακή κατανάλωση των μεταφορών. Τα μοντέλα διαφέρουν ως προς την καλή εφαρμογή τους αλλά και τα δύο βρίσκονται άνω του 50%. Ιδιαίτερα το μοντέλο log-log έχει καλή εφαρμογή άνω του 70% και προκύπτουν σημαντικά συμπεράσματα. Στην κάθε περίπτωση σημαντικότερη επιρροή, εξαιρουμένης της σταθερής μεταβλητής, διαδραματίζει η κατά κεφαλή ενεργειακή κατανάλωση των σιδηροδρομικών μεταφορών με

τις υπόλοιπες να ακολουθούν. Ωστόσο έγινε χρήση και μίας πλασματικής μεταβλητής η οποία ορίζει τον προσδιορισμό της χρονικής περιόδου, καθώς στο μοντέλο έχουν χρησιμοποιηθεί δεδομένα για το έτος 2002 και το έτος 2012. Η επιρροή αυτής της μεταβλητής είναι σημαντική καθώς έχει αλλάξει τόσο η μεμονωμένη συμπεριφορά των ατόμων αλλά και οι στρατηγικές σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο.

Κεφάλαιο 9:

Προτάσεις περαιτέρω έρευνας

Κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής ήθελα να εξετάσω το φαινόμενο σε επίπεδο περιφερειών όμως διαπίστωσα πως τα δεδομένα της ενεργειακής αποτελεσματικότητας υπήρχαν μονάχα σε επίπεδο χωρών. Όταν υπάρξουν τα απαραίτητα δεδομένα και για τις περιφέρειες θα ήταν καλό το φαινόμενο να μελετηθεί και σε αυτό το επίπεδο και πόσο μάλλον για κάθε έτος ξεχωριστά. Άλλες έρευνες θα μπορούσαν να εστιάσουν σε κάθε μέσο ξεχωριστά και αυτή ήταν μία παραδοχή κατά την εκπόνηση της παρούσας όμως δεν υπήρχαν αξιόπιστα ή/και καθόλου δεδομένα αναφορικά με το μήκος του οδικού δικτύου και του σιδηροδρομικού για να μπορέσει να δομηθεί ένα καλό μοντέλο. Παράλληλα εξαιτίας αυτών των ελλείψεων δεν μπόρεσε να διαμορφωθεί κάποιο μοντέλο βαρύτητας (gravity model) το οποίο είναι το πιο συνηθισμένο σε έρευνες συγκοινωνιακών φαινομένων. Ακόμα ενδιαφέρουσα θα ήταν η ανάλυση ενός δικτύου με το βάρος να είναι η εκάστοτε μεταβλητή που αφορά την κατανάλωση σε κάθε μέσο. Τέλος ενδιαφέρουσα θα ήταν η δημιουργία δεικτών που θα μετρούσαν την ενεργειακή αποτελεσματικότητα με τη χρήση της ανάλυσης παραγόντων προκειμένου να διαμορφωθούν οι κατάλληλοι δείκτες. Αυτές είναι μερικές προτάσεις που εκτιμώ πως θα μπορούσαν να συμβάλλουν συμπληρωματικά ή/και επιπρόσθετα της παρούσας.

Τέτοιου είδους έρευνες είναι σε θέση να αποτελέσουν και τμήμα ανάλυσης για τη χάραξη πολιτικών. Οι πολιτικές αυτές θα πρέπει να εστιάσουν στην εκτεταμένη χρήση των μέσων μαζικής μεταφοράς και ελάττωση της αλόγιστης των ΙΧ. Επιπρόσθετα η μετάβαση στην ηλεκτροκίνηση και η χρήση των ευφυών συστημάτων μεταφορών μπορούν να συμβάλλουν θετικά στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης στον τομέα των μεταφορών. Παράλληλα θα πρέπει ο σχεδιασμός όλων των επιπέδων να δώσει λύσεις οι οποίες θα μπορούν έχουν ρεαλιστική εφαρμογή. Για παράδειγμα στην Ελλάδα υπάρχουν πολλές περιοχές, ιδίως στην επαρχία, που δεν μπορούν να περάσουν στο ίδιο στάδιο τεχνολογικής εξέλιξης με τα αστικά κέντρα διότι δεν έχουν καλό δίκτυο πρόσβασης τόσο σε επίπεδο δικτύου όσο και σε επίπεδο υποδομής. Συνεπώς θα ήταν καλό όλοι οι αρμόδιοι φορείς σε συνδυασμό με την ορθή έρευνα να εστιάσουν στην ορθολογική χάραξη πολιτικών αλλά και την σωστή χάραξη σχεδίων και μελετών ώστε να υλοποιηθούν οι στόχοι με σωστό τρόπο και να μη προκύψουν βραχυπρόθεσμα θετικά αποτελέσματα που δεν θα έχουν διάρκεια.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση

Aczel , A. & Sounderpandian, J., 2017. *Complete Business Statistics*. 7η Έκδοση επιμ. Νέα Υόρκη: McGraw-Hill.

Al-Bahrani, L. T., Horan, B., Seyedmahmoudian, M. & Stojcevski, A., 2020. Dynamic economic emission dispatch with load demand management for the load demand of electric vehicles during crest shaving and valley filling in smart cities environment. *Energy*, 195, 116946.

Andreoni, V. & Galmarini, S., 2012. European CO2 emission trends: A decomposition analysis for water and aviation transport sectors.. *Energy*, pp. 595-602.

Anon., 2019. *International Energy Agency*. Available at: https://iea.blob.core.windows.net/assets/abf78b7f-29dc-4cb9-bb9c-1a875486d09a/Worldco2_Documentation.pdf [Πρόσβαση 11 Φεβρουαρίου 2023].

Black, W. R., 2003. *Transportation: A Geographical Analysis*. 1η Έκδοση επιμ. Νέα Υόρκη: The Guilford Press.

Bogart, D., 2009. Inter-Modal Network Externalities and Transport Development: Evidence from Roads, Canals, and Ports During the English Industrial Revolution. *Networks and Spatial Economics*, pp. 309-338.

Brownston, D., Golob, T., 2009. The impact of residential density on vehicle usage and energy consumption. *Journal of Urban Economics, Elsevier*, pp. 91-98.

Clements, K., 2001. "Henri Theil, 1924-2000". *International Journal of Forecasting*, 17, pp. 141-142.

Corlu, C. G. και συν., 2020. Optimizing Energy Consumption in Transportation: Literature Review, Insights, and Research Opportunities. *Energies*, 1115.

Deb, S., Tammi, K., Kalita, K. & Mahanta, P., 2018. Impact of Electric Vehicle Charging Station Load on Distribution Network. *Energies*, 11(1), 178.

Dodson, J., Sipe, N., 2008. *SHOCKING THE SUBURBS oil vulnerability in the Australian city*. UNSW Press.

Duqunne, M.-N., Tsiapa, M. & Tsiakos, V., 2019. Contribution of the Common Agricultural Policy to agricultural productivity of EU regions during 2004-2012 period. *Review of Agricultural, Food and Environmental Studies*, 100, pp. 47-68.

ESPON, Available at: <https://www.espon.eu/> [Πρόσβαση 11 Δεκεμβρίου 2022].

European Parliament, Available at: <https://www.europarl.europa.eu/portal/en> [Πρόσβαση 17 Ιανουαρίου 2023].

Eurostat, Available at: <https://ec.europa.eu/eurostat> [Πρόσβαση 13 Ιανουαρίου 2023].

Ferwanda, R., Bayings, M., Van der Kam, M. & Bekkers, R., 2018. Advancing E-Roaming in Europe: Towards a Single “Language” for the European Charging Infrastructure. *World Electric Vehicle Journal*, 50.

Foster, J., 1983. An Axiomatic Characterization of the Theil Measure of Income Inequality. *Journal of Economic Theory*, 31, pp. 105-121.

Ioakimidis, C., Thomas, D., Rycerski, P. & Genikomsakis, K., 2018. Peak shaving and valley filling of power consumption profile in non-residential buildings using an electric vehicle parking lot. *Energy*, 148, pp. 148-158.

Knowles, R. D., 2006. Transport shaping space: differential collapse in time-space. *Journal of Transport Geography*, pp. 407-425.

Kohlhase, J. & Glaeser, E., 2004. Cities, Regions and the Decline in Transport Costs. *Papers in Regional Science*, pp. 197-228.

Kwon, T.-H., 2005. Decomposition of factors determining the trend of CO2 emissions from car travel in Great Britain (1970–2000). *Ecological Economics*, pp. 261-275.

Lin, Y. και συν., 2019. Multistage large-scale charging station planning for electric buses considering transportation network and power grid.. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 107, pp. 423-443.

Ma, Q., Jia, P. & Kuang, H., 2022. Spatial imbalance and factors influencing carbon emission efficiency in China's transport industry. *Frontiers in Earth Science*, 10, 986467.

Martin, M. & Rey, J., 2000. On the role of Shannon's entropy as a measure of heterogeneity. *Geoderma*, 98, pp. 1-3.

Mraihi, R., Abdallah, K. b. & Abid, M., 2013. Road transport-related energy. *Energy policy* 62, pp. 247-253.

Newman, P. & Kenworthy, J., 2011. Evaluating the Transport Sector's Contribution to Greenhouse Gas Emissions and Energy Consumption., C. S. UNEP Riso Centre on Energy, επιμ. *Technologies for Climate Change Mitigation - Transport Sector*. s.l.:Curtlin Research Publications, pp. 7-23.

Noland, B., Karathodorou, N., Graham, D., 2010. Estimating the effect of urban density on fuel demand. *Energy Economics*, pp 86-92.

Odyssee-Mure, 2015. Available at: <https://www.odyssee-mure.eu/> [Πρόσβαση 9 Δεκεμβρίου 2022].

Panzer, D. & Postiglione, P., 2020. Measuring the Spatial Dimension of Regional Inequality: An Approach Based on the Gini Correlation Measure. *Social Indicators Research*, 148, pp. 379-394.

Rogrigue, J.-P., 2020. *The Geography of Transport Systems*. 5η Έκδοση επιμ. New York: Routledge Taylor & Francis Group.

Sarkar, R. & Ward, J., 2016. DOE SMART Mobility: Systems and Modeling for Accelerated Research in Transportation. *Road Vehicle Automation* 3, pp. 39-52.

Schemmer, C. και συν., 2018. *Territories and low-carbon economy (ESPON Locate)*, s.l.: ESPON.

Schipper, L., Cordeiro, M. & Ng, W.-s., 2007. *Measuring the CO2 consequences of urban transport projects in developing countries: The blind leading the blind?*, PANEL 8. TRANSPORT AND MOBILITY. s.l., ECEEE 2007 SUMMER STUDY • SAVING ENERGY – JUST DO IT!.

Sengul, B. & Mostofi, H., 2021. Impacts of E-Micromobility on the Sustainability of Urban Transportation-A Systematic Review. *Applied Sciences*, p. 5851.

Stock, J. & Watson, M., 2017. *Introduction to Econometrics*. 3η Έκδοση επιμ. s.l.: Pearson India.

Susilo, Y., Stead, D., 2008. Targeting TDM policies based on individual transport emissions.

Sun, L. και συν., 2020. Reducing energy consumption and pollution in the urban transportation sector: A review of policies and regulations in Beijing. *Journal of Cleaner Production*, p. 125339.

Trappey, A. και συν., 2012. Location Quotient EIO-LCA Method for. *Concurrent Engineering Approaches for Sustainable Product Development in a Multi-Disciplinary Environment*, pp. 367-377.

The World Bank, Available at:

https://www.worldbank.org/en/home?cid=ECR_GA_worldbank_EN_EXTP_search&s_kw_cid=AL118468!3!610032451099!b!!g!!what%20does%20the%20worl

Wooldridge, J., 2013. *Εισαγωγή στην Οικονομετρία Μία Σύγχρονη Προσέγγιση*. 4η Αμερικάνικη Έκδοση επιμ. Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση.

Xue, L. και συν., 2014. Ground-level ozone in four Chinese cities: precursors, regional transport and heterogeneous processes, *ACP*, pp. 13175-13188.

Xu, G., Zhao, T. & Wang, R., 2022. Research on Carbon Emission Efficiency Measurement and Regional Difference Evaluation of China's Regional Transportation Industry. *Energies*, 15, 6502.

Ελληνόγλωσση

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ & ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Μεταφορές). Available at: <https://ypen.gov.gr/energeia/energeiaki-exoikonomisi/metafores/#> [Πρόσβαση 2 Μαρτίου 2023].

Γαβανάς, Ν., 2016. *Αστικά Δίκτυα Μεταφορών και Διαχείριση Κινητικότητας*. σ.λ.: Εκδόσεις Κάλλιπος.

2014. *Υπηρεσία Εκδόσεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης*. Available at: <https://op.europa.eu/el/publication-detail/-/publication/14d7e768-1b50-11ec-b4fe-01aa75ed71a1> [Πρόσβαση 18 Μαρτίου 2023].

Κονσόλας, Ν., 1997. *Σύγχρονη περιφερειακή οικονομική πολιτική*. Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση.

Κούνια, Σ., Κολύβα-Μαχαιρά, Φ., Μπαγιάτη, Κ. & Μπόρα-Σέντα, Ε., 2011. *Εισαγωγή στην Στατιστική*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Χριστοδουλίδη.

Μητράκος, Θ., 2005. Εκτιμήσεις ανισότητας και φτώχειας: Στατιστικές τεχνικές και προβλήματα. *Πρακτικά 18ου Πανελληνίου Συνεδρίου Στατιστικής*, pp. 267-274.

Παπαδασκαλόπουλος, Α. & Χριστοφάκης, Μ., 2016. *Περιφερειακός Προγραμματισμός και αναπτυξιακός σχεδιασμός*. Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση.

Πετράκος, Γ. & Ψυχάρης, Γ., 2016. *Περιφερειακή ανάπτυξη στην Ελλάδα*. 2η Έκδοση επιμ. Αθήνα: Κριτική.

Πολύζος, Σ., 2011. *Περιφερειακή Ανάπτυξη*. 1η Έκδοση επιμ. Αθήνα: Κριτική.

Πολύζος, Σ., 2015. *Αστική Ανάπτυξη*. 1η Έκδοση επιμ. Αθήνα: Κριτική.

Πολύζος, Σ., 2019. *Περιφερειακή Ανάπτυξη*. 2η Έκδοση επιμ. Αθήνα: Κριτική.

Σκούρας, Δ., 2016. *Αστική και Περιφερειακή Οικονομική*. Αθήνα: Κριτική.

Τσιώτας, Δ. & Πολύζος, Σ., 2012. Ανάλυση των περιφερειακών ανισοτήτων στα επίπεδα ανεργίας στην Ελλάδα με χρήση του δείκτη Theil. *Αειχώρος*, 17, Μάιος, pp. 64-81.

Φραντζεσκάκης, Ι. Μ. & Γιαννόπουλος, Γ. Α., 2005. *Σχεδιασμός των μεταφορών και κυκλοφοριακή τεχνική*. 3η Έκδοση επιμ. Θεσσαλονίκη: Επίκεντρο.

Κωνσταντίνιδης Κωνσταντίνος Βύρων

Φραντζεσκάκης, Ι., Πιτσιάβα-Λατινοπούλου, Μ. & Τσαμπόυλας, Δ., 2002. *Διαχείριση Κυκλοφορίας*. Αθήνα: Παπασωτηρίου.

Χαλκιάς, Ι., 2001. *Στατιστικοί-Μέθοδοι Ανάλυσης για επιχειρηματικές Αποφάσεις*. Αθήνα: Εκδόσεις Rosili.

Κωνσταντίνιδης Κωνσταντίνος Βύρων

Παράρτημα

Πίνακας Α: Υπολογισμός συντελεστών βάρους βάσει του πληθυσμού και παράθεση σύνθετων δεικτών

Country	Pop_2002	Pop_2012	wPop_2002	wPop_2012	ID1		ID2		ID3		ID4		ID5		ID6	
European Area	488484522	509114345	1.00	1.00	2.19	13.14	8.50	7.68	0.79	0.80	0.12	0.11	0.18	0.14	0.87	0.75
Belgium	10247619	11070726	0.02	0.02	2.10	7.10	8.80	8.16	0.76	0.77	0.15	0.14	0.20	0.16	1.00	0.86
Bulgaria	8072325	7549892	0.02	0.01	5.90	24.30	3.07	3.28	0.12	0.14	0.06	0.04	0.31	0.21	0.65	0.59
Czechia	10200101	10594203	0.02	0.02	1.70	3.20	5.83	5.62	0.00	0.00	0.22	0.15	0.24	0.18	0.82	0.75
Denmark	5265998	5691255	0.01	0.01	0.70	3.30	7.81	7.23	1.35	1.38	0.07	0.07	0.11	0.09	1.07	0.97
Germany	82734959	80458970	0.17	0.16	3.10	14.20	6.58	6.77	0.73	0.83	0.16	0.15	0.17	0.12	0.93	0.86
Estonia	1448125	1378609	0.00	0.00	1.50	18.00	5.68	5.97	0.00	0.00	0.07	0.06	0.27	0.23	0.83	0.73
Ireland	2584600	4500500	0.01	0.01	1.10	6.00	15.32	8.80	2.24	1.43	0.01	0.01	0.11	0.08	1.19	1.02
Greece	10943250	11460950	0.02	0.02	4.70	29.60	4.95	4.73	0.72	0.76	0.02	0.02	0.13	0.13	0.70	0.47
Spain	40598273	47292744	0.08	0.09	2.50	9.70	6.63	5.70	1.33	1.26	0.13	0.09	0.13	0.11	1.07	0.79
France	60816091	65188771	0.12	0.13	1.60	7.90	7.48	6.99	0.73	0.76	0.20	0.19	0.16	0.14	0.72	0.62
Croatia	4385201	4291775	0.01	0.01	2.50	9.30	4.53	4.64	0.00	0.00	0.06	0.06	0.14	0.14	0.73	0.78
Italy	56877732	59541081	0.12	0.12	0.30	9.50	6.12	5.85	0.68	0.72	0.17	0.18	0.11	0.10	0.75	0.60
Cyprus	862010	862011	0.00	0.00	2.30	6.70	9.06	9.07	1.94	2.15	0.00	0.00	0.13	0.10	0.75	0.75
Latvia	2243900	2068407	0.00	0.00	1.90	24.90	3.98	4.32	0.65	0.78	0.06	0.06	0.19	0.14	1.48	1.03
Lithuania	1712087	3065800	0.00	0.01	3.00	18.60	8.08	4.51	0.00	0.00	0.05	0.03	0.25	0.14	1.21	0.90
Luxemburg	437500	516000	0.00	0.00	1.40	4.30	56.88	48.27	0.00	0.00	0.16	0.25	0.14	0.12	0.92	0.83
Hungary	9648216	9341689	0.02	0.02	0.10	17.10	4.01	4.14	0.27	0.31	0.11	0.11	0.18	0.15	0.75	0.71
Malta	417546	417546	0.00	0.00	1.60	22.70	4.54	4.55	2.64	2.92	0.00	0.00	0.11	0.10	0.42	0.37
Netherlands	16232836	16721807	0.03	0.03	0.80	3.60	7.24	7.03	1.01	1.09	0.10	0.10	0.15	0.14	0.83	0.77
Austria	8066971	8419976	0.02	0.02	0.90	6.60	9.66	9.26	0.86	0.91	0.43	0.36	0.13	0.12	0.97	0.85
Poland	37996300	37826438	0.08	0.07	3.30	18.20	4.11	4.13	0.26	0.27	0.11	0.07	0.21	0.15	0.42	0.49
Portugal	10420943	10272053	0.02	0.02	2.20	18.30	5.50	5.58	0.79	0.88	0.04	0.04	0.12	0.10	0.71	0.54
Romania	21788114	20311255	0.04	0.04	10.70	41.60	2.50	2.68	0.10	0.12	0.08	0.06	0.19	0.13	0.69	0.62
Slovenia	2030299	2087880	0.00	0.00	0.00	9.80	10.38	10.10	0.00	0.00	0.09	0.08	0.20	0.17	0.94	1.07
Slovakia	5347287	5381101	0.01	0.01	1.90	13.20	4.19	4.16	0.00	0.00	0.14	0.10	0.30	0.17	0.76	0.60
Finland	5223725	5402476	0.01	0.01	1.80	8.50	8.17	7.91	0.86	0.92	0.12	0.14	0.24	0.21	1.03	0.74
Sweden	8920329	9513809	0.02	0.02	0.70	7.50	7.94	7.44	0.84	0.87	0.32	0.28	0.22	0.19	1.09	0.93
Norway	3587164	4127981	0.01	0.01	0.00	5.40	10.48	9.11	3.08	2.96	0.16	0.17	0.14	0.13	0.74	0.70
United Kingdom	59375018	63758640	0.12	0.13	3.20	12.00	7.10	6.62	0.96	0.99	0.14	0.07	0.13	0.10	0.97	0.77

